

121



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

"SISTEMA DE ADMINISTRACION DE  
LOS RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA  
INDUSTRIA QUIMICA"

28807<sup>l</sup>

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A:  
HECTOR MARTINEZ MARTINEZ

MÉXICO, D.F.



2001

EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**Jurado asignado:**

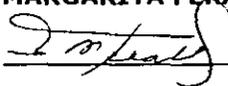
<b>Presidente</b>	<b>ING. EDUARDO ROJO Y DE REGIL</b>
<b>Vocal</b>	<b>ING. RODOLFO TORRES BARRERA</b>
<b>Secretario</b>	<b>ING. MARGARITA FERAT TOSCANO</b>
<b>1er. suplente</b>	<b>QUIM. IRMA CRUZ GAVILAN GARCIA</b>
<b>2do. suplente</b>	<b>MTA. LANDY IRENE RAMIREZ BURGOS</b>

**Sitio donde se desarrolló el tema**

**GIRSA Corporativo, S.A. DE C.V.**

**Asesor del tema**

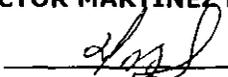
**ING. MARGARITA FERAT TOSCANO**



---

**Sustentante**

**HECTOR MARTINEZ MARTINEZ**



---

# **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres:*

*Agradexo infinitamente sus esfuerzos y sacrificios, que aunado a cientos de virtudes más, me han ayudado para alcanzar las metas que me he fijado y en especial esta por el tiempo que tuvo que pasar para lograrla.*

*A mis hermanos:*

*Su apoyo, comprensión, amistad y compañerismo fueron un aliado para alcanzar una de las metas más importantes en mi vida, este logro es parte de ellos.*

*A Margarita Forat Toscano:*

*Un especial agradecimiento, por dedicar parte de su tiempo, compartir sus conocimientos y depositar su confianza en mí, para desarrollar el presente trabajo*

*Al Depto. Corp. de Control Ambiental  
Seguridad e Higiene de GPRSA.*

*M. A. Valenzuela, M. A. Martínez,  
J. A. Castañeda, E. Sánchez, B. Mora,  
A. Basilio, J. Leal y J. C. Vargas,  
gracias por permitirme convivir y aprender de  
la familia CASH.*

*A mis profesores*

*Gracias, a todos aquellos hombres y mujeres  
que de manera incondicional han contribuido  
en mi desarrollo académico.*

*A todos aquellos, que con sus críticas y  
consejos, han permitido mantener una  
mejora continua en mi vida y hacer de lo  
ordinario algo extraordinario*

# **INDICE**

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>i</b>
<b>CAPITULO 1: PANORAMA GLOBAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO Y EN EL MUNDO</b>	<b>1</b>
I. La Generación de residuos peligrosos en el mundo	1
II. Acuerdos Internacionales	2
III. Generación de residuos peligrosos	2
IV. Infraestructura instalada, en México, para el manejo de los residuos peligrosos	4
<b>CAPITULO 2: LEGISLACIÓN MEXICANA EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA</b>	<b>5</b>
I. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca	6
I.1. Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	6
I.2. Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos	8
I.3. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)	10
II. Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	10
II.1. Reglamento par el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos	10
III. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios	14
IV. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Residuos Peligrosos	14
<b>CAPITULO 3: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA</b>	<b>15</b>
I. Sistema de administración	15
II. Ciclo Planear - Hacer - Verificar - Actuar	15
III. Filosofía de Deming	17
Los catorce puntos de Deming	19
Las siete enfermedades mortales de Deming	20
IV. Principios de un sistema de administración aplicando la filosofía Deming	20
V. Sistema de administración de los residuos peligrosos para la industria química	22
VI. Esquema de manejo de los residuos peligrosos en la industria química	24

<b>CAPITULO 4:</b>	<b><i>ETAPA DE PLANEACIÓN: Caracterización y Evaluación del Riesgo</i></b>	<b>25</b>
I.	Caracterización de los residuos peligrosos	26
II.	Evaluación de riesgos	26
	A) <i>Análisis de riesgos</i>	30
	B) <i>Evaluación de consecuencias</i>	31
	C) <i>Manejo del riesgo</i>	32
<b>CAPITULO 5:</b>	<b><i>ETAPA DE EJECUCIÓN: Manejo de los Residuos Peligrosos</i></b>	<b>34</b>
I.	Minimización y recuperación	35
	I.1. Minimización	35
	I.1.1. Cambio de producto	36
	I.1.2. Control en el origen	37
	I.2. Recuperación	40
	I.2.1. Reuso	40
	I.2.2. Reciclaje	40
II.	Almacenamiento	42
III.	Transporte	43
IV.	Tratamiento	44
	A) <i>Tratamiento físico</i>	45
	B) <i>Tratamiento químico</i>	46
	C) <i>Tratamiento biológico</i>	47
	D) <i>Tratamiento térmico</i>	47
	E) <i>Solidificación / estabilización</i>	48
V.	Disposición final	50
VI.	Recuperación de suelos en caso de contaminación	51
<b>CAPITULO 6:</b>	<b><i>ETAPA DE VERIFICACIÓN: Auditorías y Evaluación</i></b>	<b>54</b>
I.	Principios de auditoría	54
II.	Proceso de auditoría	55
III.	Implantación de un sistema de administración de residuos peligrosos	55
IV.	Funciones, responsabilidades y actividades	56
<b>CAPITULO 7:</b>	<b><i>ETAPA DE ACTUACIÓN: Mejora Continua</i></b>	<b>58</b>
I.	Elementos para la mejora continua	59
II.	Metodología para el mejoramiento continuo del sistema	60
III.	Herramientas y técnicas de soporte para la mejora continua del sistema	61
<b>CAPITULO 8:</b>	<b><i>PLANES DE EMERGENCIA Y PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN</i></b>	<b>63</b>

I. Planes de emergencia	63	
II. Programas de capacitación	65	
<b>CAPITULO 9: COSTOS</b>	<b>66</b>	
I. Costos asociados	66	
II. Costos en México	68	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>70</b>	
<b>ANEXO I</b>	<b>NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO II</b>	<b>TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO III</b>	<b>INFORMACIÓN Y REGISTROS QUE DEBE TENER LA PLANTA COMO HERRAMIENTAS PARA LA ADECUADA ADMINISTRACIÓN</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>83</b>	

# **INTRODUCCION**

# INTRODUCCION

---

El objetivo de la presente tesis es presentar un Sistema de Administración para el manejo de los residuos peligrosos en un proceso de manufactura de la industria química en donde el manejo y disposición de los residuos peligrosos lleva implícito riesgos y costos.

Durante los últimos años se ha incrementado la responsabilidad de los gobiernos y de la industria para minimizar los materiales contaminantes emitidos al ambiente. De ahí, que las empresas hayan empezado a adquirir compromisos con la sociedad y el medio ambiente para minimizar sus emisiones de compuestos contaminantes a la atmósfera, al suelo y al agua proveniente de las actividades que realizan.

El caso de los residuos peligrosos adquiere gran importancia dado sus efectos negativos a la salud humana y al medio ambiente. Para eliminar o disminuir dichos efectos organismos internacionales y los gobiernos de algunos países han venido trabajando para establecer un marco regulatorio mediante acuerdos, leyes, regulaciones y normas que les permitan controlar las actividades asociadas a los residuos peligrosos desde su generación hasta su disposición final.

Si bien el marco regulatorio a nivel mundial tiene como objetivo el control de las actividades riesgosas, también es cierto que los gobiernos han empezado a promover la minimización de la generación de los residuos peligrosos bajo un enfoque de desarrollo sustentable.

Adicionalmente la industria ha empezado a implantar en forma voluntaria Sistemas Administrativos Ambientales que promueven las buenas prácticas ambientales ligadas a la administración del negocio.

El Sistema de Administración para el Manejo de los Residuos Peligrosos que se plantea en el presente trabajo, toma como base los elementos de la administración ambiental los cuales se basan en el ciclo y los principios (puntos) que Deming estableció y aplicó para el Control Total de la Calidad. Después de explicar el significado de cada una de las etapas de este ciclo, se plantea un esquema específico para el manejo de los residuos peligrosos.

Deming aplicó el ciclo Planear (Plan) - Hacer (Do) - Verificar (Check) - Actuar (Act), PHVA (PDCA, por sus siglas en inglés) al proceso de planificación de productos basado

en la satisfacción del cliente, diseñado para mejorar continuamente los productos y servicios anticipándose a las necesidades cambiantes del mercado.

El ciclo de PHVA muestra que para iniciar un Sistema de Administración se requiere la detección de una necesidad, que puede ser un producto o servicio. En la industria química se ha detectado la necesidad de administrar los residuos peligrosos a fin de:

- Cumplir con la normatividad
- Propiciar la eficiencia de los procesos de manufactura
- Cuidar del medio ambiente y de la salud de los trabajadores
- Disminuir los riesgos asociados a los residuos peligrosos
- Disminuir los costos de manejo y disposición de los residuos peligrosos

Mediante la implantación de un sistema como el que aquí se presenta se pretende no sólo asegurar el cumplimiento de la legislación ambiental existente, sino adicionalmente minimizar los riesgos y mejora en los costos de operación. Un aspecto muy importante de estos sistemas es que permiten el desarrollo de plataformas que contribuyen a sistematizar las acciones.

El sistema aquí presentado se refiere a la administración de los residuos peligrosos, aún cuando el esquema de administración puede ser aplicado para cualquier etapa del proceso de manufactura.

El ciclo Deming consta de cuatro etapas: "planear-ejecutar-verificar-actuar", Tomando este esquema para implantar un Sistema de Administración de Residuos Peligrosos se requiere que la empresa defina primeramente sus políticas y objetivos, así se inicia la implantación de la etapa de Planeación. Los objetivos y las metas deberán estar vinculados con la política, la misión y la visión de la empresa. Para el cumplimiento de los objetivos se requiere definir el esquema organizacional lo cual también es parte de la planeación. En el esquema que se propone en este trabajo, la planeación incluye dos etapas: la caracterización y evaluación de los riesgos teniendo como un insumo importante el marco legal existente.

La segunda etapa, (hacer del ciclo Deming), Consiste en implementar lo planeado, experimentar o probar los planes desarrollados en la etapa anterior. Incluye las actividades para el manejo de los residuos peligrosos, estas son: minimización en el origen y recuperación; almacenamiento temporal, transporte, tratamiento, disposición final y recuperación de suelos en caso de contaminación.

La minimización de los residuos peligrosos es una práctica ambiental muy recomendable en el manejo de los residuos peligrosos, --aún cuando esta opción muchas veces no es posible--.

La tercera etapa, (verificar en el ciclo Deming), considera auditorías y evaluaciones a fin de evaluar el grado de implantación del sistema.. Con las auditorías se corrobora el funcionamiento efectivo de los elementos que integran el Sistema.

La última etapa, mejora continua (actuar en el ciclo Deming), considera la mejora en el desempeño del sistema, así como la efectividad de las herramientas de ayuda que se hayan desarrollado para la mejora del sistema.

La mejora continua viene de la necesidad de proporcionar mayor valor y satisfacción a los clientes, optimizar recursos y ahorrar gastos innecesarios. Las aportaciones de cada individuo involucrado en el sistema deberán orientarse a tener operaciones cada vez más eficientes en el manejo de residuos peligrosos como el disminuir la generación y el consumo de recursos.

En este trabajo también se incluyen los planes de emergencia, a manera de estar preparados en el caso de que las acciones preventivas fallen.

Finalmente, el trabajo concluye con información sobre costos para el transporte y disposición final de los residuos peligrosos. Con esta información se pretende enfatizar en la adopción de sistemas administrativo en pro de buscar formas alternas para optimizar el manejo de residuos.

# **CAPITULO 1**

***PANORAMA GLOBAL DEL  
MANEJO DE LOS RESIDUOS  
PELIGROSOS EN MEXICO Y EN  
EL MUNDO***

# CAPITULO 1

## PANORAMA GLOBAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO Y EN EL MUNDO

### I. LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL MUNDO

La generación de residuos peligrosos está relacionado con el nivel de desarrollo de los países, su actividad industrial y las tecnologías existentes para su minimización o manejo.

En aquellos países que carecen de una política ambiental adecuada, no se tiene cuantificado la cantidad de residuos peligrosos que generan. En otros casos, como los países miembros de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE) no solamente los cuantifican, sino también han unificado un criterio en cuanto a la clasificación de los residuos peligrosos y han generado trabajos conjuntos para minimizar la generación de los mismos. México desde 1994 pertenece a la OCDE y por tanto ha participado en los trabajos anteriores.

La generación de residuos peligrosos es una problemática a nivel mundial. No se limita solamente a los países con baja infraestructura sino también para aquellos que inclusive manejan en sus procesos industriales, tecnología de punta. La siguiente tabla muestra lo anterior donde países industrializados como Estados Unidos y Alemania son grandes generadores de residuos peligrosos.

Tabla 1.1.- Estimación de residuos peligrosos generados en algunos países.

PAÍS	GENERACIÓN (MILLONES TON/AÑO)
Alemania	6
Estados Unidos	180
Reino Unido	2.94
Canadá	6.080
Francia	3.958
México	5.7*

FUENTE: OCDE (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), "Environmental Indicador", París, 1994, p. 97.

\* INE (Instituto Nacional de Ecología), "Promoción de la Minimización y Manejo Integral de los Residuos Peligrosos", México, 1999, p. 10.

La generación de residuos peligrosos, en la mayoría de estos países, ha crecido paralelamente con el crecimiento de los sectores industriales, a pesar de su situación económica y desarrollo tecnológico.

## II. ACUERDOS INTERNACIONALES

La transferencia de los residuos peligrosos es otro aspecto que incide en la tasa de generación. Antes de la década de los noventa no existía ningún control o regulación que estableciera las bases para la importación-exportación de los mismos.

Sin embargo, actualmente existen acuerdos internacionales que regulan los residuos peligrosos. Entre ellos se tienen: Convenio de Basilea (modificaciones de 1989), auspiciado por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, del cual México forma parte. Este acuerdo tiene como objetivo la regulación del transporte internacional y disposición de residuos peligrosos en el ámbito mundial<sup>1</sup>.

A partir de 1998 todos los países miembros de la OCDE han prohibido la exportación de residuos a países no miembros no importando que el fin sea el reciclaje<sup>2</sup>.

A fin de abatir el problema e impedir que los residuos peligrosos afecten al medio ambiente y la salud humana, las sociedades y gobiernos actuales han venido trabajando para reducir la generación de residuos peligrosos y sus riesgos asociados, con un enfoque de desarrollo sustentable.

Adicionalmente México cuenta con acuerdos y programas en los que se trabaja conjuntamente con Estados Unidos para regular los movimientos transfronterizos entre los dos países. Entre estos acuerdos y programas se tienen al Acuerdo de la Paz, en el anexo III de este acuerdo se establecen los procedimientos para la transportación transfronteriza de sustancias peligrosas entre México y Estados Unidos. Dentro de los programas se incluyen: el "Programa Frontera XXI" de 1994 el cual da un nuevo impulso al Acuerdo de la Paz.

## III. GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

Se estima que en México se generan 5.7<sup>3</sup> millones de toneladas anuales en las que no se incluyen los jales de la actividad minera (de los cuales se generan de 300,000 a 500,000 toneladas diarias). Ante esta situación la Secretaría del Medio Ambiente

---

<sup>1</sup> KUMMER, KATHARINA, "The international Regulation of Transportation Traffic in Hazardous Waste: The 1989 Basel Convention, International and Comparative Law Quarterly", 1992, p. 531.

<sup>2</sup> UNEP, "Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su eliminación", 1999, p. 15.

<sup>3</sup> INE-SEMARNAP, "Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000", 1996, p. 10.

Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) trabaja en el diseño de estrategias orientadas a un manejo integral de los residuos peligrosos.

Los estados con mayor desarrollo y actividades industriales son los que presentan mayor generación de residuos, destacándose entre ellos: Distrito Federal con 21%, estado de México con 17%, Nuevo León 10% y Jalisco con 7%. Estas 4 entidades en conjunto generan más del 50% del total. Los estados de Veracruz, Puebla y Coahuila también son grandes generadores de residuos peligrosos.

Cifras recientes<sup>4</sup> indican que la industria manufacturera contribuye con el 77% de los residuos peligrosos generados anualmente en el país. Dentro del sector manufacturero, la industria química contribuye aproximadamente con el 48% de los residuos generados, lo que representan 744,479.51 toneladas al año. En el sector químico los residuos que se producen en mayor volumen son: los sólidos, aceites gastados y los líquidos residuales de proceso. En la tabla siguiente se muestran los residuos peligrosos generados en la industria manufacturera.

**Tabla 1.2.- Estimación del tipo de residuos peligrosos generados en la industrial manufacturera en 1996.**

RESIDUO	(TON/AÑO)
Disolventes	177,103.59
Aceites gastados	279,857.90
Líquidos residuales de proceso	223,512.76
Sustancias corrosivas	146,386.40
Lodos	171,274.66
Sólidos	433,205.89
Breas	893.97
Escorias	165,145.15
Medicamentos	647.33
Biológico-Infeciosos	943.42

FUENTE: INE, "Promoción de la minimización y manejo integral de los residuos peligrosos", 1999, p. 11.

<sup>4</sup> INE, "Promoción de la minimización y manejo integral de los residuos peligrosos", 1999, p. 11.

#### IV. INFRAESTRUCTURA INSTALADA, EN MÉXICO, PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

La legislación mexicana establece que las empresas manufactureras manifiesten sus residuos peligrosos y su tasa de generación. Sin embargo, estadísticas oficiales<sup>5</sup> indican que solamente 10,741 empresas, que representa solamente el 10% de las empresas generadoras, manifiestan la generación de residuos peligrosos. Esto representa apenas 2 millones de toneladas al año de residuos peligrosos manifestados.

El Instituto Nacional de Ecología (INE) cuenta con un listado de empresas autorizadas para la prestación de servicios relacionados con el manejo de residuos peligrosos. Toda esta infraestructura<sup>6</sup> consiste de: 216 empresas para la recolección y transporte, 67 al almacenamiento, 100 al reciclaje, 43 al tratamiento, 21 a la incineración y solamente 1 centro de disposición final en Mina, Nuevo León.

No obstante, la infraestructura existente no es suficiente para manejar los 5.7 millones de toneladas estimados que se generan al año. Se estima que más de la mitad de los residuos peligrosos generados son manejados inadecuadamente, por lo que aún se requiere en México de un mayor desarrollo en este campo.

Paralelamente, el gobierno mexicano fomenta dentro del sector privado el desarrollo de trabajos para un manejo integral de los residuos peligrosos. En estos trabajos se han identificado tecnologías de minimización y manejo de estos residuos que han podido ser adecuadas a las necesidades de distintos giros industriales.

---

<sup>5</sup> Pagina en Internet del INE, Junio 1999, (<http://www.ine.gob.mx>)

<sup>6</sup> Idem.

# **CAPITULO 2**

***LEGISLACIÓN MEXICANA EN  
MATERIA DE RESIDUOS  
PELIGROSOS EN LA  
INDUSTRIA QUÍMICA***

# CAPITULO 2

---

## LEGISLACIÓN MEXICANA EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

En los tiempos actuales la legislación lleva un fuerte enfoque preventivo. En la generación de residuos peligrosos se ha demostrado que es más económico invertir en medidas de reducción que en tratamiento.

Hoy en día, la legislación ambiental mexicana tiende a evolucionar al ritmo de la creciente diversidad y complejidad vinculada a la situación social, política, económica y tecnológica a la que se enfrenta el país.

Hay que señalar que la globalización y los tratados internacionales han influido en los últimos años para que el gobierno establezca nuevas políticas ambientales.

En México la legislación en materia de residuos peligrosos es de competencia federal y está contemplada dentro de la Constitución, en las leyes federales, en los reglamentos y en las normas que de ellos derivan, así como en disposiciones estatales y municipales.

Las recientes reformas a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), contemplan medidas preventivas en la generación de residuos peligrosos con el fin de proteger al medio ambiente y los seres vivos que habitan en él, *"así como para disminuir los trámites administrativos para eficientar la gestión"*.<sup>1</sup>

Las disposiciones oficiales hoy en día en México fomentan la autorregulación que vinculado a los sistemas de calidad de las empresas, constituyen una plataforma muy reconocida en el mercado globalizado y por otra parte reafirman su compromiso con la sociedad y con el medio ambiente.

---

<sup>1</sup> QUADRI DE LA TORRE, GABRIEL, *"Reformas en la legislación ambiental: Alcances y significados"*, Gaceta Ecológica, INE-SEMARNAP, México, Otoño de 1996. p. 6.

A continuación se describen los instrumentos que regulan la generación y manejo de los residuos peligrosos en México.

## I. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA (SEMARNAP)

### I.1. LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Los conceptos en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico son legislados por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la cual fue reformada en 1996.

De acuerdo a la LGEEPA se considera como residuo peligroso *"cualquier material generado en los procesos de extracción, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó"*<sup>2</sup> además de que *"en cualquier estado físico y debido a sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representa un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente"*<sup>3</sup>.

La LGEEPA promueve la minimización, el reciclaje, la recuperación de energía y de materiales secundarios y permite el confinamiento de los residuos peligrosos en estado sólido, solo en caso de que no existan otras opciones técnicas y económicamente viables, así como prohíbe el confinamiento de los residuos peligrosos en estado líquido.

#### Disposiciones de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos

En el capítulo VI de la LGEEPA, en materia de residuos peligrosos se considera lo siguiente:

- Es de su competencia la regulación y el control de la generación, manejo y disposición final de residuos peligrosos, así como la elaboración de normas vinculadas a estos aspectos. Las recientes reformas a esta ley pretenden diferenciar a los residuos por su grado de peligro y su volumen y, delega en los organismos estatales el control de los residuos peligrosos de menor riesgo.
- En la emisión de ordenamiento regulatorios, la SEMARNAP, considera los lineamientos emitidos por otras dependencias oficiales involucradas en su manejo (ejemplo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Secretaría de Energía).
- Establece los requisitos para el etiquetado y envasado de residuos peligrosos, así como evaluación de riesgos e información sobre contingencias y accidentes que pudieran generarse.

<sup>2</sup> SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, *"Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente"*, 13 de Diciembre de 1996, pp. 3

<sup>3</sup> idem.

- Establece las obligaciones de los generadores y prestadores de servicio, a fin de obtener un manejo más eficiente.
- Establece que la responsabilidad del manejo y disposición de residuos peligrosos, corresponde a quien los genera; pero en caso de que se subcontrate a un tercero, existirá una corresponsabilidad con la empresa generadora.
- Regula las actividades siguientes: tratamiento, reuso, recicló, incineración, disposición final y el control de las emisiones en los procesos de incineración.
- Cuando cualquier actividad relacionada con el manejo de residuos peligrosos, en caso de que se provoque una contaminación del suelo, los responsables de las operaciones deben llevar a cabo las acciones necesarias para restablecer y recuperar las condiciones del mismo.
- Fomenta la adopción de prácticas de minimización de residuos peligrosos a través de la prevención y reducción de su generación.
- Regula el movimiento transfronterizo y prohíbe la entrada a nuestro país de residuos peligrosos generados en otros países.

Con lo definido en la LGEEPA se ha establecido la clasificación CRETIB que son las siglas de las características que identifican a un residuo como peligroso, y que significan:

**C: Corrosivo    E: Explosivo    I: Inflamable y;**  
**R: Reactivo    T: Tóxico    B: Biológico infeccioso**

**Corrosivo.** Cuando presenta una o más de las siguientes características:

- ◆ En estado líquido o en solución acuosa presenta un pH sobre la escala menor o igual a 2.0, o mayor o igual a 12.5.
- ◆ En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55 °C es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año.

**Reactivo.** Cuando presenta una o más de las siguientes propiedades:

- ◆ Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera) se combina o polimeriza violentamente sin detonación.
- ◆ Reacciona violentamente en contacto con el agua.
- ◆ Cuando se pone en contacto con soluciones de pH ácido, reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.
- ◆ Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2 y 12.5, pueden generar gases, vapores o humos tóxicos.

- ◆ Es capaz de producir radicales libres.

**Explosivo.** Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando:

El residuo tiene un índice de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenzeno.

Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 °C y 1.03 kg/cm<sup>2</sup> de presión.

**Tóxico.** Un residuo exhibe características de toxicidad cuando, conforme a la prueba de extracción establecida (Prueba de Extracción – PECT) en la Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL-1993<sup>4</sup>, el lixiviado de la muestra representativa contiene cualquiera de los constituyentes detallados en las Tablas 5, 6 y 7 (Anexo 5)<sup>5</sup>, en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

**Inflamable.** Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando exhibe cualquiera de las características siguientes:

- ◆ En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen, 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, bajo condiciones normales de temperatura y presión (25 °C y 1.03 kg/cm<sup>2</sup>).
- ◆ Se trata de gases comprimidos o inflamables o de agentes oxidantes que estimulan la combustión.

**Biológico infeccioso.** El residuo presenta una o más de las siguientes características:

- ◆ Contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.
- ◆ Contiene toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos.

## I.2. REGLAMENTO DE LA LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS.

El reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos establece lo siguiente:

- Para los efectos del Reglamento se entiende por manejo, el conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, envasado, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos.

<sup>4</sup> DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, "Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL/1993, Que 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", 22 de Octubre de 1993, pp. 31 (tercera sección).

<sup>5</sup> DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN "Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/1993, Que 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", 22 de Octubre de 1993, pp. 2 (tercera sección).

- ✓ En el artículo 8 se menciona que el generador de residuos peligrosos debe llevar una bitácora mensual sobre la generación de los mismos e inscribirse en el registro que para tal efecto establezca la SEMARNAP. Toda actividad relacionada con el manejo, almacenamiento y transporte de residuos peligrosos deben estar bajo los términos de las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Así mismo debe darse conocimiento, mediante un formato establecido por el INE, los movimientos que una empresa generadora de residuos peligrosos hubiera efectuado en un semestre.
- ✓ Aquellas empresas que tienen autorización para la instalación de plantas de tratamientos y lugares para confinamiento deben contar con programas de capacitación al personal.
- ✓ Establece las condiciones que debe tener el almacén de residuos peligrosos para evitar daños a comunidades y medio ambiente. Cualquier movimiento de entrada y salida de residuos peligrosos del área de almacenamiento debe quedar registrado en una bitácora, indicando además origen y destino.
- ✓ Los generadores de residuos peligrosos tienen la obligación de llevar un registro sobre la cantidad, volumen, naturaleza, fecha de disposición final, ubicación del sitio de disposición, y sistemas de disposición de los residuos peligrosos depositados.
- ✓ Cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertido de los residuos peligrosos, se deberá dar aviso inmediato a las autoridades correspondientes y emitir por escrito un reporte de las acciones realizadas para el control del incidente. SEMARNAP, dentro de los tres días siguientes al día que ocurrieron los hechos, dictaminará las acciones conducentes.
- ✓ Los reportes a la SEMARNAP consideran: las características del residuo derramado, infiltrado, descargado o vertido, las características y ubicación del lugar donde ocurrió el hecho, acciones realizadas para la atención del accidente, medidas adoptadas para la limpieza y restauración de las zonas afectadas, disposición de los residuos recolectados, así como los posibles daños a los ecosistemas.
- ✓ Este reglamento contempla también la importación y exportación de residuos peligrosos. La exportación esta sujeta a la legislación internacional o en su defecto por la legislación vigente en el país receptor.
- ✓ Los residuos peligrosos generados en los procesos de producción, transformación y elaboración bajo régimen de maquila en los que utilicen materia prima introducida al país bajo el régimen de importación temporal, deberán ser retornados al país de procedencia
- ✓ Las sanciones al violar este Reglamento van desde pagar una multa, clausura temporal, parcial e inclusive una clausura definitiva o total cuando en forma dolosa se haga una violación al mismo o las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Para dar seguimiento y conforme a lo dispuesto por el reglamento de la LGEEPA hoy en día se cuenta con una base de datos alimentada por los siguientes documentos generados en las empresas:

- ◆ Manifiesto de generación de Residuos peligrosos.
- ◆ Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos
- ◆ Reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento
- ◆ Reporte mensual de residuos confinados en sitios de disposición final
- ◆ Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento.
- ◆ Reporte de derrame de residuos peligrosos por accidente
- ◆ Manifiesto de empresas generadoras eventuales de bifenilos policlorados

### I.3. PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA)

Actualmente no existen reglamentos o normas para la restauración de sitios contaminados, no obstante en el artículo 170 y 170 BIS de la LGEEPA *"se establece que se sancionará a quienes causen contaminación con residuos peligrosos y como consecuencia afecten al medio ambiente, sus componentes y la salud pública, así como las acciones necesarias para neutralizar los posibles efectos"*<sup>6</sup>.

La PROFEPA es el órgano operativo de la SEMARNAP que está facultado para vigilar el cumplimiento de las disposiciones en materia de sitios contaminados, además de apoyar en la atención de emergencias ambientales, proporcionar información de las sustancias químicas y legislación ambiental, así como selección de equipo de protección personal e información sobre tecnologías de restauración de sitios contaminados.

En caso de una afectación al medio ambiente y al hombre, el infractor debe de presentar ante PROFEPA un procedimiento para la restauración del sitio contaminado, que incluye un estudio de evaluación de daños ambientales; la propuesta de restauración y la investigación del accidente a fin de averiguar cual fue la causa raíz del accidente y evitar que se repita en el futuro.

## II SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRASPORTES (SCT)

### II.1. REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

El reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos se publicó en el Diario Oficial de la Federación en 1988 y tiene por objeto regular el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos siendo competencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la vigilancia de la aplicación de este reglamento y expedir

<sup>6</sup> J. DAVID / PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE, *"Marco Jurídico Administrativo para la Restauración de Suelos"*, Mayo 1998, pp. 2-6

los permisos correspondientes a los transportistas de residuos peligrosos.

Este reglamento contempla lo siguiente:

- La corresponsabilidad en el manejo entre embarcador-transportista-destinatario.
- Definiciones relativas al transporte de materiales peligrosos.
- Clasificación de los residuos peligrosos de acuerdo con su peligrosidad.
- Etiquetado, datos de las etiquetas y el marcado usado para identificar los envases y embalajes empleados en el transporte terrestre de residuos peligrosos.
- Características, especificaciones, equipamiento, sistemas de identificación y condiciones de seguridad que deben reunir los vehículos y unidades que transporten residuos peligrosos. Para que las unidades cumplan con las condiciones de seguridad se deben someter a inspecciones periódicas por parte de la SCT.
- Los documentos de embarque y los documentos obligatorios que deben reunir las unidades que transporten residuos peligrosos.
- La SCT en coordinación con otras dependencias y con los transportistas instrumentarán en un mediano plazo el Sistema Nacional de Emergencia en Transportación de Materiales y Residuos Peligrosos, a fin de que, cuando exista alguna emergencia en caso de accidente o incidente las dependencias competentes pongan en marcha los operativos de protección civil existentes para la salvaguardia de la población, sus bienes y el entorno.
- Las disposiciones de tránsito en vías de jurisdicción federal y disposiciones especiales para el transporte de residuos peligrosos.
- La contratación por parte de los transportistas de un seguro por responsabilidad civil.
- Se establecen las responsabilidades, las obligaciones y las sanciones específicas de las partes involucradas en el transporte de residuos peligrosos.

La delimitación de las actividades que deben llevar a cabo las partes involucradas en el transporte de residuos peligrosos se indican en la tabla siguiente:

**Tabla 2.1.- Funciones obligatorias a realizar por los responsables del transporte de materiales y residuos peligrosos.**

ACTIVIDAD	EXPEDIDOR	TRANSPORTISTA	DESTINATARIO
Identificación y clasificación del material	●		
Empaque	●	●	
Segregación y protección de la carga		●	
Etiquetado	●	●	
Marcado	●	●	
Carteles	●	●	
Documentos de embarque	●	●	
Reporte de accidentes y derrames		●	
Limpieza del vehículo de transporte		●	

Continuación J Tabla 2.1.- Funciones obligatorias a realizar por los responsables del transporte de materiales y residuos peligrosos.

ACTIVIDAD	EXPEDIDOR	TRANSPORTISTA	DESTINATARIO
Inspección al recibir los embarques			②
Cumplimiento de requisitos específicos para la transportación, certificación de unidades, licencia de manejo especial, bitácora de viajes, etc.		②	

Fuente: Adaptado de, CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES, "Riesgos químicos", Fascículo 6, 2ª. ed., México, 1998, p. 32.

La SCT ha establecido a través del Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos una clasificación atendiendo al riesgo que presenta el material. La clasificación que establece la SCT es la misma que aplican los departamentos de transporte de Estados Unidos y Canadá así como la ONU, Esta clasificación es la siguiente:

Tabla 2.2.- Clasificación de los residuos peligrosos de acuerdo a la SCT

CLASE	DESCRIPCIÓN
Clase 1	Explosivos
Clase 2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión
Clase 3	Líquidos inflamables
Clase 4	Sólidos inflamables
Clase 5	Oxidantes y peróxidos orgánicos
Clase 6	Tóxicos agudos (venenosos) y agentes infecciosos
Clase 7	Radioactivos
Clase 8	Corrosivos
Clase 9	Varios: los que se diferencian de los riesgos anteriores.

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos", Mayo de 1993, p. 5.

**Clase 1 - Explosivos:** Esta clase comprende sustancias y objetos explosivos, y sustancias pirotécnicas.

- ◆ **Sustancias explosivas.** Son aquellas sustancias o mezclas de sustancias sólidas o líquidas que de manera espontánea o por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daños a los alrededores.
- ◆ **Sustancias pirotécnicas.** Son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de los mismos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas autosostenidas no detonantes.
- ◆ **Objetos explosivos.** Son objetos que contienen una o varias sustancias explosivas.

**Clase 2 - Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión:** Estas son sustancias que:

- ◆ a 50 °C tienen una presión de vapor mayor de 300 kPa.
- ◆ son completamente gaseosas a 20 °C a una presión normal de 101.3 kPa

**Clase 3 - Líquidos inflamables:** Estas sustancias son mezclas o líquidos que contienen sustancias sólidas, y que despiden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60.5°C en los ensayos en copa cerrada, o no superiores a 65.6 °C en copa abierta.

**Clase 4 - Sólidos inflamables:** Estas son sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, así como aquellas que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.

**Clase 5 - Oxidantes y peróxidos orgánicos:**

- ◆ Los **oxidantes** son aquellas sustancias que, sin ser necesariamente combustibles, pueden ocasionar o facilitar la combustión de otras.
- ◆ Los **peróxidos** orgánicos son sustancias orgánicas que contienen la estructura bivalente (-O-O) y pueden considerarse derivadas del peróxido de hidrógeno. Los peróxidos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelerada. Además, pueden tener una o varias de las siguientes propiedades:
  - ser susceptibles de una descomposición explosiva
  - arder rápidamente
  - ser sensibles a los impactos o a la fricción
  - reaccionar peligrosamente al entrar en contacto con otras sustancias
  - causar daños a la vista

**Clase 6 - Tóxicos agudos (venenosos) y agentes infecciosos:**

- ◆ Los **tóxicos agudos (venenosos)** son aquellas sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves, o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel. Los gases tóxicos (venenosos) pueden ser incluidos en la clase "Gases".
- ◆ Los **agentes infecciosos** son los que contienen microorganismos viables, incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos, o una combinación híbrida o mutante; que son conocidos o se cree que pueden provocar enfermedades en el hombre o los animales.

**Clase 7 - Agentes radiactivos:** A los efectos del transporte, se trata de todos los materiales cuya actividad específica es superior a 70 kBq/kg (2nCi/g).

**Clase 8 - Agentes corrosivos:** Son las sustancias líquidas o sólidas que por su acción química causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entran en contacto, o que si se produce un escape pueden causar daños e incluso destrucción de otras mercancías o de las unidades en las que son transportadas.

**Clase 9 - Varios:** Son aquellas sustancias que durante el transporte presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases y que también requieren un manejo especial para su transporte, por representar un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros.

### III REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE CONTROL SANITARIO DE ACTIVIDADES, ESTABLECIMIENTOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS

El enfoque de este reglamento involucra aspectos de salud ocupacional, regulando de esta forma todas las actividades, establecimientos y productos, que manejen, almacenen, generen, etc., sustancias tóxicas que pongan en riesgo la salud de los trabajadores. Entendiéndose para este reglamento como residuo tóxico los productos, materias primas subproductos que no se utilizan en un proceso, conservando su principio activo y que pueden constituir un riesgo a la salud.

Este reglamento considera que un residuo tóxico constituye un riesgo para la salud cuando al penetrar al organismo humano produce alteraciones físicas, químicas o biológicas que dañen su salud de manera inmediata, temporal o permanente; o incluso ocasionar la muerte.

### IV. NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

Las Normas Oficiales Mexicanas son instrumentos de regulación de carácter obligatorio que requiere una fundamentación científica-técnica y/o de aplicación, enfocadas a la definición de parámetros y límites permisibles y muchas de ellas aplican a un sector o procesos específicos.

Las normas mexicanas a través de las cuales se instrumenta hoy en día el manejo de los residuos peligrosos y que impactan en el sector químico se listan en el Anexo I.

# **CAPITULO 3**

***SISTEMA DE ADMINISTRACION  
DE LOS RESIDUOS  
PELIGROSOS PARA LA  
INDUSTRIA QUIMICA***

# CAPITULO 3

---

## SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA INDUSTRIA QUÍMICA

### I. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN

Un sistema es un conjunto de partes o elementos interactuantes, interdependientes y coordinados orientados hacia una finalidad común. Los sistemas se encuentran en diversos campos de la ciencia y de la vida; el sistema solar, el sistema respiratorio, digestivo, nervioso son algunos ejemplos presentes en la vida cotidiana.

Un Sistema de Administración está relacionado básicamente, con la toma de decisiones para planear, organizar, dirigir para conseguir sus planes y alcanzar propósitos utilizando los recursos necesarios.

Un Sistema Administrativo involucra a un todo unificado que los relaciona con su medio, establece objetivos, desarrolla planes, estrategias y operaciones, mediante el diseño de la estructura que lo conforma, la integración de recursos, establecimiento de procesos de control, así como desarrollo de mejoras que le permitan adaptarse e interactuar en el medio en el cual se encuentra.

Un elemento fundamental para los Sistemas de Administración es la retroalimentación, la cual permite identificar áreas sólidas y áreas débiles de los sistemas y corregir las desviaciones.

### II. CICLO PLANEAR - HACER - VERIFICAR - ACTUAR

Uno de los modelos más aceptados y difundidos en los últimos años para la administración de procesos que incorporan un continuo cambio mediante la mejora continua y que por tanto lo convierte en un sistema administrativo es el ciclo **Planear-Hacer-Verificar-Actuar**.

Este modelo fue propuesto por Shewhart<sup>1</sup> por lo cual se le conoce como ciclo Shewhart, pero es mejor conocido como ciclo PHVA (PDCA, por sus siglas en inglés), que significa Planear (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check), y Actuar (Act) o ciclo Deming<sup>2</sup>.

El hecho que sea mejor conocido como ciclo Deming se debe a la forma en que Deming lo popularizó en Japón. La meta original de Shewhart era aplicarlo para el control estadístico de procesos. Deming lo aplicó al proceso de planificación de productos basado en el cliente, diseñado para mejorar continuamente los productos y servicios anticipando las necesidades cambiantes del mercado.

Un cliente no tiene que ser necesariamente una persona, puede ser la siguiente maquina que recibe el material producido, puede ser el medio ambiente que recibe los efluentes. En forma general se agrupa al cliente dentro de las siguientes categorías: elementos humanos, materiales, equipo, métodos y medio ambiente.



FIG. 3.1.—Ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar

Fuente: El autor: Héctor Martínez M.

Los elementos que conforman este ciclo se describen a continuación:

A. **INSUMOS:** Todo elemento de entrada al sistema, está constituido por:

**Elemento humano:** Constituido por el capital humano que soporta al sistema, comprende desde los niveles de menor grado hasta los altos mandos gerenciales que se dedicaran a administrar el sistema.

**Materiales:** Elementos que sufrirán transformación.

**Equipo:** Los utensilios, instrumentos, accesorios y aparatos, para llevar a cabo las actividades del sistema.

**Métodos:** los pasos que hay que seguir para realizar las actividades del sistema.

**Medio Ambiente:** El conjunto de factores en los que se desarrolla el sistema. Estos factores hacen referencia a características del entorno (ejemplo: climáticas, políticas, de competencia, sociales).

<sup>1</sup> SHERKENBACH, WILLIAM W., "La Ruta de Deming a la Calidad y la Productividad; Vías y Barreras", CECSA, México, 1992, p. 55.

<sup>2</sup> GABOR, ANDREA, "Deming El hombre que descubrió la Calidad", Ed. Granica, Buenos Aires, 1990, p. 25.

B. **PLANEAR:** Consiste en seleccionar entre diversas alternativas, los objetivos, las metas hacia las cuales se dirigen las actividades del sistema. Se determinan los métodos para alcanzar las metas<sup>3</sup>.

En la planeación se debe de elegir entre las diversas posibilidades y seleccionar la que parezca mejor o más conveniente. Es importante definir dentro de esta etapa los límites de hasta donde se quiere llegar.

C. **HACER:** Consiste en implementar lo planeado, experimentar o probar los planes desarrollados en la etapa anterior. Si la implantación de lo planeado demanda cambios, es necesario empezar por el paso *Planear*<sup>4</sup>.

D. **VERIFICAR:** Consiste observar los resultados obtenidos de la etapa anterior. La mejor manera de hacerlo es aplicando métodos estadísticos<sup>5</sup>, que permiten medir y analizar los resultados, y determinar si la hipótesis planteada funciona, y predecir resultados futuros.

E. **ACTUAR:** En donde las predicciones hechas en el paso *Planear* pueden modificarse o ajustarse como resultado del aprendizaje adquirido a lo largo del ciclo. Se toman las acciones de recomendación de la etapa Verificar.

F. **PRODUCTOS:** Es todo elemento de salida del sistema, una vez que ha sufrido un proceso de transformación.

La repetición consistente de los pasos del ciclo PHVA refuerza el Sistema haciéndolo más sólido y estable, él cual puede ser medido cualitativa y cuantitativamente. Esto lleva a la sistematización que es cuando su comportamiento se vuelve predecible.

La gran ventaja de aplicar este modelo es que permite observar el sistema globalmente para mejorarlo en lugar de buscar a quien culpar o que arreglar.

### III. FILOSOFÍA DE DEMING

W. Edward Deming Nació el 14 de Octubre de 1900, en Sioux City, Iowa, Deming se fue de Powell a la edad de 17 hacia Laraman, a la Universidad de Wyoming donde estudio ingeniería. Recibió un Ph.D en Físicas Matemáticas en la Universidad de Yale en 1927 donde fue empleado como profesor. Fue en Washington, D.C donde Deming fue presentado con su guía, Walter Shewhart, un estadístico para Laboratorios Bell y sus escritos impactaron su vida y se convirtieron en la base de sus enseñanzas.

<sup>3</sup> ISHIKAWA, KAORU, *What Is Total Quality Control*, Prentice-Hall, 1985, p. 57.

<sup>4</sup> ABC ASSOCIATES INC., *Manual de Introducción a la Gerencia para la Calidad Ambiental Total* ABT ASSOCIATES INC., 1994, pp. 11-12

<sup>5</sup> WALTON, MARY, *Como Administrar con el Método Deming*; Capítulo 20, Haciéndolo con Datos, Editorial NORMA, 1992, p. 89.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Deming enseñó a los técnicos e ingenieros americanos estadísticas que pudieran mejorar la calidad de los materiales de guerra. Fue este trabajo el que atrajo la atención de los Japoneses. Después de la guerra, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros buscó a Deming. En Julio de 1950, Deming se reunió con la Unión quien lo presentó con los administradores principales de las compañías japonesas. Durante los próximos treinta años, Deming dedicaría su tiempo y esfuerzo a la enseñanza de los Japoneses y *"transformo su reputación en la producción de un motivo de risa a un motivo de admiración y elogio"*<sup>6</sup>.

Deming fue invitado a Japón cuando su industria y economía se encontraba en crisis. Ellos escucharon. Ellos cambiaron su forma de pensar, su estilo de administrar, su trato a los empleados y tomaron su tiempo. Al seguir la filosofía de Deming, los Japoneses giraron su economía y productividad por completo para convertirse en los líderes del mercado mundial. Tan impresionados por este cambio, el Emperador Horohito condecoró a Deming con la Medalla del Tesoro Sagrado de Japón en su Segundo Grado. La mención decía *"El pueblo de Japón atribuyen el renacimiento de la industria Japonesa y su éxito mundial a Ed Deming"*<sup>7</sup>.

En Estados Unidos, el presidente Reagan condecoró con la Medalla Nacional de Tecnología a Deming en 1987. También le fué otorgado el premio "Distinguida Carrera en Ciencia" de la Academia Nacional de Ciencias. Deming recibió muchos otros reconocimientos, incluso la medalla Shewhart de la Sociedad Americana de Control de Calidad en 1956 y el premio Samuel S. Wilks de la Asociación Americana de estadística en 1983.

La sección metropolitana de la Asociación Americana de Estadística estableció en 1980 el Premio Deming, que se otorga anualmente a empresas que destacan notablemente en calidad y productividad. Deming fué miembro del Instituto Internacional de Estadística y fué electo en 1983 para la Academia Nacional de Ingeniería así como en 1986 ingresó al salón de la fama de Ciencia y Tecnología en Dayton.

Deming es posiblemente mejor conocido por sus logros en Japón, donde desde 1950 se dedicó a enseñar a ingenieros y altos ejecutivos sus conceptos y metodología de gerencia de calidad. Estas enseñanzas cambiarían radicalmente la economía japonesa. En reconocimiento, la Unión Japonesa de Ciencia e Ingeniería instituyó sus premios Deming para quienes alcanzan grandes logros en calidad y confiabilidad del producto.

En su libro "Fuera de la Crisis", enuncia sus "catorce puntos de mejoramiento gerencial" y los "siete pecados mortales". No resulta fácil lograr estos cambios, especialmente en las culturas occidentales. Posiblemente esto está impidiendo el logro de impresionantes éxitos como los que se dieron en Japón.

Ampliamente solicitado luego que Deming compartió sus ahora famosos "14 puntos" y "7 pecados mortales" con algunas de las corporaciones más grandes de América, sus estándares de calidad se convirtieron en sitios comunes en los libros de administración, y el premio Deming, otorgado por primera vez en Japón, es ahora reconocido internacionalmente. Deming, Aunque murió en 1993, su trabajo aun vive.

<sup>6</sup> WALTON, MARY, *"Como Administrar con ..."* Op. Cit. p. 76.

<sup>7</sup> GABOR, ANDREA, *"Deming El hombre .."* Op. Cit. p. 9.

**LOS CATORCE PUNTOS DE DEMING<sup>8</sup>**

- 1. Crear constancia en el propósito de mejorar el producto y/o el servicio.**  
Con el objetivo de llegar a ser competitivos y permanecer en el negocio, y de proporcionar puestos de trabajo.
- 2. Adoptar una nueva filosofía.**  
Aceptar las responsabilidades y enfrentar los retos, tomar el liderazgo hacia el cambio.
- 3. No depender más de la inspección masiva.**  
Eliminar la necesidad de inspección en masa, incorporando la calidad dentro del producto en primer lugar y no inspeccionar al final del proceso.
- 4. Acabar con la práctica de hacer negocios sobre la base del precio.**  
Tener un solo proveedor para cualquier artículo, con una relación a largo plazo de lealtad y confianza. Eliminar la práctica de realizar pedidos en busca del proveedor que ofrezca el precio más bajo.
- 5. Mejorar continuamente y por siempre el sistema de producción y/o de servicio.**  
El mejoramiento no se logra de buenas a primeras. La gerencia está obligada a buscar continuamente maneras de reducir el desperdicio y de mejorar la calidad.
- 6. Instituir la capacitación en el trabajo.**  
Con mucha frecuencia los trabajadores han aprendido sus labores de otro trabajador que nunca fue entrenado apropiadamente. Se ven obligados a seguir instrucciones imposibles de entender. No pueden desempeñar su trabajo porque nadie les dice como hacerlo.
- 7. Instituir el liderazgo.**  
El trabajo de un supervisor no es decirle a la gente qué hacer o castigarla, si no orientarla. Orientar es ayudarle a la gente a hacer mejor el trabajo y conocer por medio de métodos objetivos quién requiere ayuda individual.
- 8. Desterrar el temor.**  
Muchos empleados temen hacer preguntas o asumir una posición, aun cuando no entiendan en que consiste el trabajo o que esta bien o mal.
- 9. Derribar las barreras entre los departamentos**  
Las personas de los diferentes departamentos deben trabajar en equipo, para prever los problemas de producción y durante el uso del producto que pudieran surgir, con el producto o servicio
- 10. Eliminar los eslóganes, las exhortaciones y las metas para la fuerza laboral**  
Tales exhortaciones solo crean unas relaciones adversas, ya que el grueso de las causas de la baja calidad y baja productividad pertenecen al sistema y por tanto caen más allá de las posibilidades de la mano de obra.

<sup>8</sup> DEMING, W. Edward, "Out of the Crisis" Chapter 3 Diseases and Obstacles, MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986. pp. 23-24

**11. Eliminar las cuotas numéricas**

Las cuotas solo toman en cuenta los números, no la calidad o los métodos. Por lo general constituyen una garantía de ineficiencia y de altos costos.

**12. Eliminar las barreras que privan al trabajador de su derecho a estar orgulloso de su trabajo**

La responsabilidad de los supervisores debe virar de los meros números a la calidad.

**13. Establecer un vigoroso programa de educación y de reentrenamiento**

Tanto la gerencia como la fuerza laboral tendrán que ser entrenadas en el empleo de los nuevos métodos.

**14. Tomar medidas para lograr la transformación**

Poner a todo el personal de la compañía a trabajar para conseguir la transformación

**LAS SIETE ENFERMEDADES MORTALES DE DEMING<sup>9</sup>**

1. **Falta de constancia de propósito.** Una compañía que carece de constancia en la búsqueda de su propósito no cuenta con planes a largo plazo para permanecer en el negocio.
2. **Énfasis en la utilidades a corto plazo.** Velar por aumentar los dividendos trimestrales socava la calidad y la productividad.
3. **Evaluación del desempeño, clasificación según el mérito o análisis anual del desempeño.** Los efectos de estas prácticas son devastadores se destruye el trabajo en equipo, se fomenta la rivalidad.
4. **La movilidad de la gerencia.** Los gerentes que cambian de un puesto a otro nunca entienden a las compañías para las cuales trabajan y nunca están ahí el tiempo suficiente para llevar a cabo los cambios a largo plazo que son necesarios para garantizar la calidad y la productividad.
5. **Manejar una compañía basándose únicamente en cifras visibles.** Las cifras más importantes son desconocidas e imposible de conocer.
6. **Costos médicos excesivos.**
7. **Costos excesivos de garantía fomentados por abogados que trabajan sobre una base de honorarios en caso de imprevistos.**

**IV. PRINCIPIOS DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACION APLICANDO LA FILOSOFIA DEMING**

El Sistema de Administración de los Residuos Peligrosos para la Industria Química debe considerar los siguientes principios:

<sup>9</sup> DEMING, W. Edward, "Out of the Crisis" Op. Cit. Enumeration of the Deadly Diseases, pp. 97-98.

**A. Entendimiento del entorno:** Para que una empresa del sector químico desempeñe y lleve a cabo un Sistema de Administración de sus residuos peligrosos requiere conocer los elementos siguientes:

- la legislación aplicable a las actividades del manejo de los residuos peligrosos.
- las actividades, procesos o servicios que pudieran significar responsabilidades de impacto ambiental.
- la evaluación de desempeño comparados con criterios internos, normas externas, regulaciones, códigos de prácticas.
- la identificación de prácticas o procedimientos existentes para el manejo de los residuos peligrosos.
- la información de incidentes previos de no cumplimiento.
- las oportunidades de ventajas competitivas
- el punto de vista de todas las personas involucradas en las actividades de manejo de los residuos peligrosos.
- los rangos de operación incluyendo las posibles situaciones de emergencia.
- los aspectos políticos, sociales, de competencia y en general del entorno.

Una vez considerados estos elementos se procede al desarrollo de los planes para la etapa de planeación, como se ilustra en la figura 3.3.



**FIG. 3.3.—Pirámide para la elaboración de planes.**

Fuente: Adaptado de: Koontz, Harold, et. al. "Administración", México 1985, pp. 113-122.

La formulación de estos elementos será fundamental para el buen desempeño del sistema.

- B. Crear constancia con el propósito de mejorar el sistema:** En este punto se requiere analizar tanto los problemas actuales de la empresa como los problemas a futuro. En el primero rubro se analizan los elementos del punto A. El segundo requiere se analicen las variables haciendo predicciones y en la medida de lo posible se establezcan programas creativos e innovadores para tener un panorama más global de cómo sería el entorno del sistema en un futuro.
- C. Eliminar la práctica de minimizar la generación de residuos peligrosos analizando solamente la variable costo:** Es necesario analizar todas las variables del sistema; ejemplo, ambientales, salud ocupacional.
- D. Mejorar continuamente:** Simplemente no existiría el sistema sin este principio del método administrativo de Deming y consiste en incorporar mejoras a lo largo de todo el ciclo que tengan impactos en resultados.
- E. Liderazgo:** El compromiso y el liderazgo de la alta dirección son cruciales para asegurar el éxito del Sistema durante todas las etapas del desarrollo.

El objeto de aplicar el liderazgo en el sistema obedece al hecho que es un factor determinante para la mejora. La función del liderazgo no consiste únicamente en detectar y registrar los fallos de las personas que forman parte del sistema, sino eliminar las causas de los fallos y ayudar a las personas para que tengan un mejor desempeño y estén satisfechos con las funciones que realizan.

Por otro lado, la responsabilidad del liderazgo consiste en lograr cada vez mayor coherencia en el comportamiento del sistema.

- F. Eliminar barreras entre las diversas áreas y departamentos que forman parte del sistema:** Para un mejor conocimiento de los problemas del sistema, la comunicación y el intercambio de información deben fomentarse para eliminar las barreras que obstaculicen un buen desempeño del sistema.
- G. Estimular la educación y la capacitación.** El sistema no solo requerirá de gente que realicen las funciones, necesita de personal que se capacite y se le eduque sobre las actividades que realice para que su desempeño sea seguro, eficiente y efectivo.

## V. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA INDUSTRIA QUÍMICA

En el universo es indudable que todas las cosas forman parte de uno o varios sistemas, lo importante es identificar cuales son las partes integrantes y que papel desempeñan dentro de ellos.

El ciclo de PHVA muestra que para iniciar un Sistema de Administración se requiere la detección de una necesidad, que puede ser un producto o servicio. En la industria química se ha detectado la necesidad de Administrar los Residuos Peligrosos a fin de:

- Cumplir con la normatividad
- Propiciar la eficiencia de los procesos de manufactura

- Cuidar del medio ambiente y de la salud de los trabajadores
- Disminuir los riesgos asociados a los residuos peligrosos
- Disminuir los costos de manejo y disposición de los residuos peligrosos

Para satisfacer estas necesidades se propone el siguiente modelo para Administrar los Residuos Peligrosos en la Industria Química bajo un enfoque de Sistema.

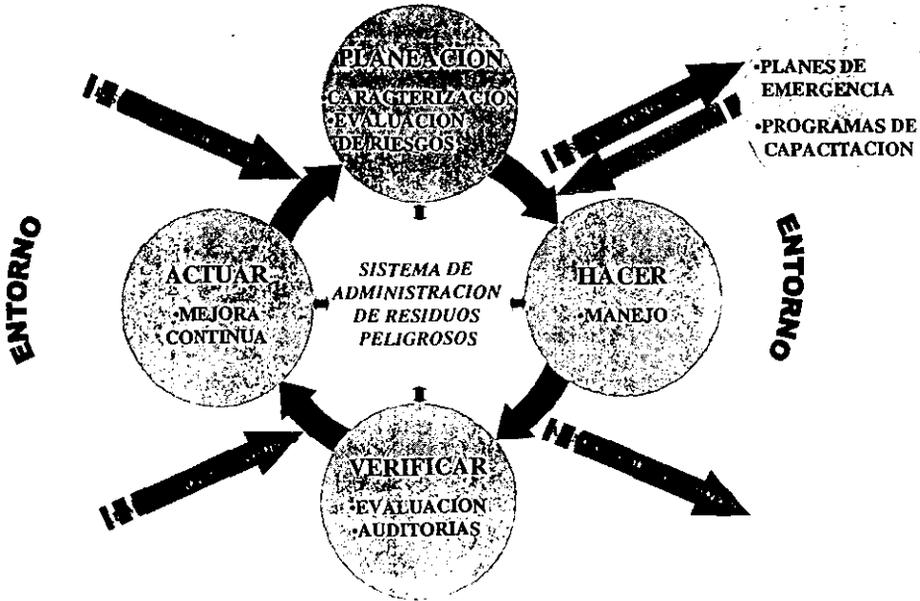


FIG. 3.2.-Modelo de Administración de los Residuos Peligrosos para la Industria Química.

Fuente: El autor: Héctor Martínez M. / Asesora: Margarita Ferat T.

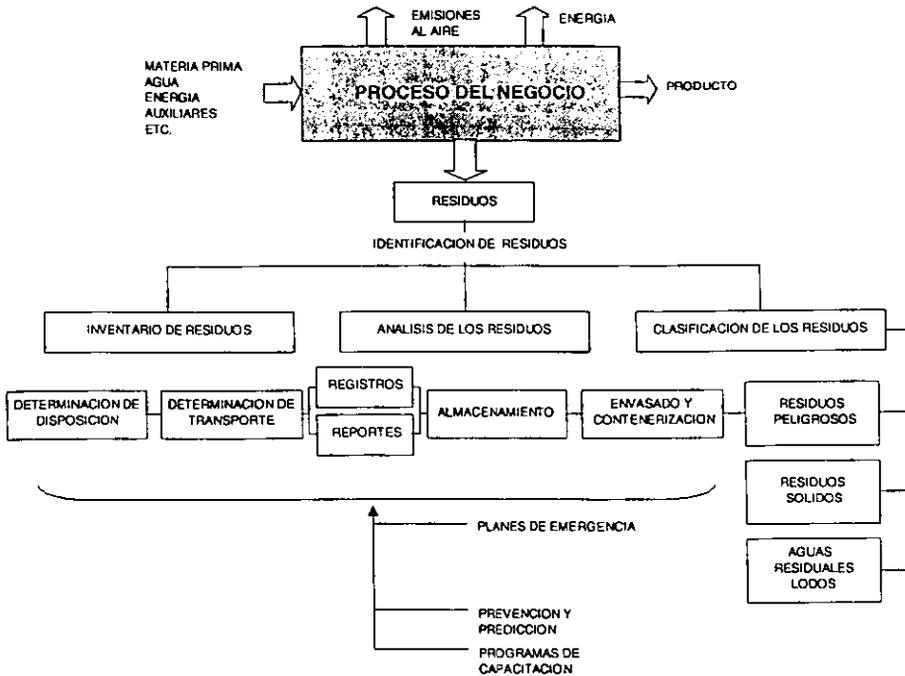
Como se puede apreciar un Sistema de Administración de los Residuos Peligrosos para la Industria Química es un sistema abierto, que interactúa constantemente con su entorno. Un sistema abierto debe ser adaptable para responder al entorno que le rodea.

Generalmente sistemas como el mostrado aquí "son parte de sistemas mayores"<sup>10</sup>, por ejemplo de un Sistema de Administración Ambiental, en el cual se incluyen esquemas de prevención y manejo en otras áreas de una planta.

<sup>10</sup> RODRÍGUEZ VALENCIA, JOAQUÍN, "Introducción a la Administración con Enfoque de Sistemas", 3era. Ed. ECAFSA, México, 1998. p. 274.

## VI. ESQUEMA DE MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA.

Actualmente la Industria Química cuenta con diversas prácticas para el manejo de los residuos peligrosos, como el que se muestra en la figura 3.4.



**FIG. 3.4.—Esquema de manejo de los Residuos Peligrosos en la Industria Química.**

Fuente: El autor: Héctor Martínez M. / Asesora: Margarita Ferat T.

Es importante señalar que las 4 etapas del modelo de la figura 3.2. se aplican en el esquema de la figura 3.4. Sin embargo un esquema metodológico así no garantiza la sistematización de resultados, por ello la necesidad de instrumentarlo a través de un Sistema de Administración con el cual se obtendrá:

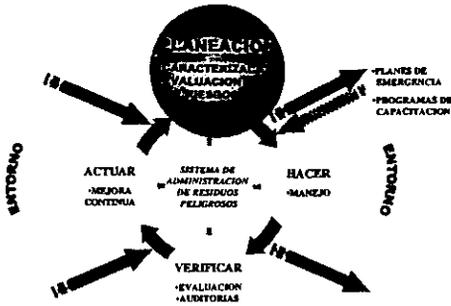
- ◆ Sistematización de resultados
- ◆ Compromiso a la mejora
- ◆ Vinculación armónica con otros sistemas de la empresa incluyendo los de calidad.

# **CAPITULO 4**

*ETAPA DE PLANEACIÓN:*

**Caracterización y Evaluación de  
Riesgos**

# CAPITULO 4



## ETAPA DE PLANEACIÓN: *Caracterización y Evaluación de Riesgos*

La planeación dentro del ciclo PHVA es la etapa en la cual se determina cual es la situación actual, esquema organizacional para hacer los trabajos, "los objetivos y metas a alcanzar"<sup>1</sup>. En la etapa de planeación se definen los objetivos y las metas vinculadas con la política, la misión y la visión de la empresa.

El sistema no debe limitarse a las necesidades de cada día, sino que las actividades deben planearse para alcanzar las metas a corto y mediano plazo, de lo contrario todas las actividades del sistema se limitarán a reaccionar a los problemas. La planeación por el método PHVA hace énfasis en la visión proactiva.

Un insumo importante para la etapa de planeación es el monitoreo del entorno, es decir documentarse, saber cuales son las oportunidades y amenazas, los elementos del entorno y tomar en cuenta los factores económicos, políticos, sociales, regulatorios, tecnológicos, competidores y clientes.

La documentación y la validación de la información de cómo estos elementos influyen a nuestro sistema permite realizar un análisis el cual determinara las acciones a seguir.

En la planeación se incluyen las dos etapas siguientes:

<sup>1</sup> COLUNGA DÁVILA, CARLOS, "Modelos Administrativos: Ventajas y Limitaciones de las Técnicas y los Modelos Administrativos más Importantes del Mundo", Editorial Panorama, México, 1995, p. 45.

- I. La caracterización
- II. Evaluación de riesgos

## I CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

La caracterización tiene por objeto conocer la naturaleza peligrosa del material así como sus propiedades físicas, químicas y termodinámicas.

Para la caracterización de los residuos peligrosos se deben considerar los siguientes aspectos:

- a) Identificación<sup>2</sup> de las sustancias químicas en los lugares de generación, recepción, almacenamiento, uso y distribución.
- b) Determinación de la naturaleza peligrosa del material, para lo cual será necesario realizar pruebas de laboratorio y campo, incluyendo toxicidad crónica y aguda, lixiviación, persistencia, bioacumulación, corrosividad, reactividad, y otros peligros de carácter físico y químico señalados en la clasificación CRETIB.
- c) Determinación de la incompatibilidad con otros materiales y/o residuos peligrosos.

## II EVALUACION DE RIESGOS

La evaluación de riesgos considera dos partes:

La primera es el entorno legal, reconocimiento del aspecto normativo, sobre el cual se habló en el Capítulo 2.

La segunda tiene que ver con la naturaleza misma del material y de las condiciones donde se encuentra.

A través de la historia se han suscitado accidentes en los que se han visto involucrados materiales químicos peligrosos, entre ellos los residuos peligrosos. La mayoría de estos accidentes se suscitaron por la falta de medidas preventivas y por realizar actividades sin prever los riesgos que se pudieran ocasionar a la salud humana y al medio ambiente, además de las pérdidas económicas que ello conlleva.

Fue el accidente de Bhopal lo que marcó a nivel mundial un cambio de ver los riesgos por parte de los industriales adoptándose una posición más preventiva y menos reactiva.

<sup>2</sup> GREGORY, MICHAEL, "Acceso público a la información sobre Medio Ambiente en la Frontera México-Estadounidense", Presentado en la Segunda Conferencia Anual Binacional del West Texas Regional Poison Center sobre Aspectos de Toxicología y Salud Ambiental, September 1996. p. 15

Al igual que en Bhopal existen referencias donde el manejo indebido de los materiales peligrosos ha tenido impactos negativos en la salud y el ambiente. Algunos de ellos se mencionan a continuación:

**Tabla 4.1. –Consecuencias de la disposición inadecuada de los residuos industriales**

Año	Lugar	Causa	Material	Consecuencias
1953	Japón	Descarga de aguas contaminadas con mercurio en la bahía de Minamata	Metilmercurio	En 798 casos de la población que ingirió pescado contaminado se desarrolló una intoxicación crónica que afectó principalmente su sistema nervioso central. 107 muertos. La empresa tuvo que pagar alrededor de 80 millones de dólares de indemnización.
1960	Japón	Descarga de Cd, Pb, Zn en un río cercano	Cd	La población que utilizaba el agua para bebida e irrigación desarrolló una intoxicación crónica por Cd.

FUENTES: • CORTINAS DE NAVA, CRISTINA/SYLVA VEGA GLEASON, Serie Monográfica No. 3, *"Residuos Peligrosos en el Mundo y México"*, Sedeso/INE, 1993, pp. 3-4.  
• MUGICA ÁLVAREZ, VIOLETA / FIGUEROA LARA, JESÚS, *"Contaminación Ambiental: causas y consecuencias"* UAM, 1996, pp. 272-273.

**Tabla 4.2.–Consecuencias del confinamiento no controlado de los residuos industriales**

Periodo	Sitio	Año de estudio	Residuos	Consecuencias
1920-1953	Love Canal, New York, E.U.	1978	Compuestos Orgánicos, Organoclorados.	Bajo peso al nacer y menor desarrollo físico en la población expuesta. La empresa responsable tuvo que pagar 20 millones de dólares en indemnización. Se invirtieron 250 millones de dólares para limpieza y rehabilitación de la zona.
1940-1977	New Bedford, Massachusetts, E.U.	1983	Bifenilos policlorados (BPC's)	Niveles sanguíneos de BPC's que son cancerígenos.
1947-1971	Triana, Alabama, E.U.	1983	Plaguicidas	Hipertensión arterial
1964-1972	Hardeman Country, Tennessee, E.U.	1978	Tetracloruro de carbono, Hexacloro, Pentadieno, Heptadieno	Lesiones hepáticas transitorias
1970-1976	Lekkerkerk, Países Bajos	1980	Solventes orgánicos, metales	Niveles sanguíneos de hidrocarburos aromáticos.

Continuación de Tabla 4.2.—Consecuencias del confinamiento no controlado de los residuos industriales

Periodo	Sitio	Año de estudio	Residuos	Consecuencias
1984--	Estado de México	1984	Materiales filtrantes con contenidos de grasas	Quemaduras graves en algunas personas.
1985	Nuevo León, Méx.	1985	Residuos con Arsénico	Contaminación de cosechas de forrajes y muerte de animales

- FUENTES:
- CORTINAS DE NAVA, CRISTINA/SYLVA VEGA GLEASON, Serie Monográfica No. 3, "Residuos Peligrosos en el Mundo y México", Sedesol/INE, 1993, pp. 3-4.
  - MUGICA ÁLVAREZ, VIOLETA / FIGUEROA LARA, JESÚS, "Contaminación Ambiental: causas y consecuencias" UAM, 1996, pp. 272-273.

Tabla 4.3.—Accidentes con sustancias químicas

Año	Lugar	Sustancia involucrada	Consecuencias
1977	Seveso, Italia	Dioxinas	193 personas con efectos adversos a la piel (cloroacné) 733 personas evacuadas 100 000 animales muertos
1984	Bophal, India	Isocianato de Metilo	2 000 Muertes 10 000 personas con efectos agudos 100 000 personas afectadas en su bienestar
1984	México, D.F.	Gas natural	Incendio y explosión 650 Muertes Miles de Heridos
1986	Basilea, Suiza	Plaguicidas; Mercurio, etc.	Contaminación del río Rhin

- FUENTES:
- MUGICA ÁLVAREZ, VIOLETA / FIGUEROA LARA, JESÚS, "Contaminación Ambiental: causas y consecuencias" UAM, 1996, pp. 272-273.
  - OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, "Prevención de Accidentes Mayores", Ginebra, 1991, pp. 11.

El desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos productos ha traído como consecuencia el crecimiento en cantidad y variedad de los residuos peligrosos generados en la industria, de ahí la necesidad de realizar una evaluación de riesgos.

Los residuos peligrosos, por si solos no representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Es necesario que sean emitidos hacia al medio ambiente en una cantidad suficiente para que se presenten sus efectos adversos o dañinos. La conjugación de los factores tiempo y peligrosidad incrementa la probabilidad del riesgo.

El riesgo es definido como: "la probabilidad que un peligro dado pueda causar daño, de una naturaleza e intensidad específica a la salud humana o al medio ambiente"<sup>3</sup>.

Para la administración de los residuos peligrosos, la evaluación de riesgos significa eliminar las condiciones de riesgo con potencial de afección a la salud y al ambiente.

Los riesgos asociados a los residuos peligrosos se presentan a lo largo de la ruta que siguen desde que se generan hasta su disposición final (figura 4.1.).



Figura 4.1. –Ciclo de vida de los residuos peligrosos

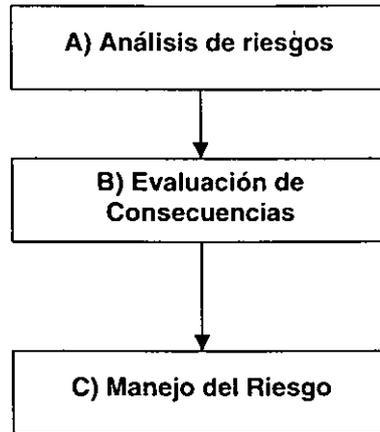
FUENTES: Adaptado de; CORTINAS DE NAVA, CRISTINA/SYLVA VEGA GLEASON, Serie Monográfica No. 3, "Residuos Peligrosos en el Mundo y México", Sedesol/INE, 1993, pp. 43.

Los riesgos identificados en el ciclo de los residuos peligrosos se agrupan atendiendo a su origen en:

- Relacionados con la falta de cumplimiento de la normatividad (sanciones, multas)
- Relacionados con la propia naturaleza del propio residuo
- Generados por liberaciones o derrames durante el almacenamiento
- Causados por ponerse en contacto con materiales incompatibles
- Generados por liberaciones o derrames durante el transporte
- Relacionados con su disposición

Para la evaluación de riesgos se ha establecido el esquema siguiente:

<sup>3</sup> OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, "Prevención de Accidentes Mayores", Ginebra, 1991, p. 18.



**Fig. 4.2. –Metodología de Evaluación de Riesgos**

Fuente: El autor: Héctor Martínez M. / Asesora: Margarita Ferat T.

Los elementos de estas etapas se describen a continuación:

- A) ANALISIS DE RIESGOS:** El análisis de riesgos es una metodología aplicada para identificar condiciones bajo las cuales un material podría presentar una potencialidad de daño a la salud y al medio ambiente.

El análisis de riesgos consiste en la identificación de condiciones inseguras en su manejo generadas por:

- i) Desconocimiento;
- ii) Apatía;
- iii) Por condiciones de manejo;
- iv) Por falta de recursos;
- v) Por condiciones externas no controlables (condiciones climatológicas, meteorológicas, sismos).

La aplicación de la metodología requiere conocer los procedimientos, características del equipo y el actuar del operador. Aún así existen riesgos los cuales no pueden ser identificados en base a la experiencia y el sentido común.

#### **Metodologías de análisis de riesgos.**

Existen varias metodologías para el análisis de riesgos y para su selección es necesario conocer las características de cada una de ellas. En todos los casos las

metodologías requieren de equipos multidisciplinarios (ejemplo: mantenimiento, producción, control ambiental, seguridad) con el fin de obtener información real de condiciones de operación.

**Tabla 4.4.-Descripción de metodologías**

<b>Lista de verificación:</b>	<p>Consiste en una serie de preguntas acerca de la organización, las operaciones, mantenimiento relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos.</p> <p>El propósito de usar las listas de verificación es contribuir a mejorar el desempeño humano durante las diferentes etapas del ciclo de vida de los residuos peligrosos o bien asegurar el cumplimiento de la normatividad vigente aplicable.</p> <p>Esta metodología tiene la desventaja de no ser efectiva para riesgos complejos, adicionalmente requiere de una actualización constante.</p>
<b>¿Qué pasa si?:</b>	<p>La técnica de ¿qué pasa si? No requiere de métodos cuantitativos especiales. El método utiliza información específica para generar una serie de preguntas similares a la lista de verificación.</p> <p>El equipo multidisciplinario constituido por personal que conoce las operaciones de la planta prepara una lista de preguntas, llamadas ¿qué pasa si? Las cuales son contestadas por el grupo de trabajo y agrupadas en forma tabular.</p>
<b>HAZOP (Estudios de Riesgos de Operabilidad en Procesos):</b>	<p>HAZOP es un metodología que está estructurada para la identificación de riesgos y emplea el pensamiento creativo de un grupo multidisciplinario el cual identifica los riesgos ocultos en el proceso que puedan causar accidente.</p> <p>HAZOP se basa en la aplicación de palabras guía (no, menor, mayor, etc.) a los parámetros del proceso (presión, temperatura, concentración, etc.) para las diferentes unidades del proceso.</p> <p>Si bien esta metodología fue diseñada para ser aplicada durante el desarrollo y diseño de proyectos, construcción y ampliación de instalaciones también se aplica a operaciones de plantas químicas, en este caso el manejo de los residuos peligrosos.</p> <p>El éxito del análisis dependerá de la exactitud y disponibilidad de la información y habilidad del grupo de trabajo</p>

FUENTES:

- Hawksley, J. L., "Risk Assessment and Project Development: Considerations for the Chemical Industry", The Safety Practitioner, October 1987, pp. 10-16
- Kletz, Trevor A. "Friendly Plants", Chemical Engineering Process, July 1989, pp. 18-26.
- Kletz, Trevor A. "Inherently Safer Plants: An Update", Operations Progress, Vol. 10, No. 2, April 1991, pp. 81-83.

Insumos importantes para la ejecución de estas metodologías son:

- Conocer clasificación de los Residuos Peligrosos (clasificación CRETIB)
- Conocer sistema de clasificación para el transporte de los residuos peligrosos (Clasificación SCT)
- Usar la información y datos de eventos de accidentes ocurridos en el pasado
- Informarse sobre consecuencias y probabilidad de accidentes (información de CENAPRED, PROFEPA).

**B) EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS:** Consiste en identificar los efectos potenciales que podrían tenerse en el ser humano, el medio ambiente y los bienes físicos de la empresa por un evento propiciado por los riesgos identificados.

La evaluación de consecuencias involucra:

- i. Evaluación de exposición la cual involucra la descripción de la naturaleza y el tamaño de la población expuesta a los residuos peligrosos y la duración a la misma. La evaluación se realiza con datos obtenidos de casos similares o bien mediante modelos matemáticos.

La aplicación de modelos matemáticos permiten evaluar los niveles de dispersión tomando en cuenta las condiciones del lugar y las condiciones meteorológicas y topográficas de lugar, la dispersión en caso de fuga, formación de nubes explosivas en caso de explosión, y las consecuencias en casos de fuego.

- ii. La comparación referencial, es decir la descripción cuantitativa de la relación entre las cantidades de exposición y los patrones de referencia a los cuales los materiales peligrosos de los residuos pueden causar enfermedades o incluso la muerte. Los patrones de referencia se obtienen a partir datos derivados de estudios en animales o de poblaciones que estuvieron expuestas.

En el caso de la transportación de los residuos peligrosos, es muy importante la recopilación de información la cual permita identificar el impacto en comunidades, a lo largo de la ruta, en zonas de cultivo, áreas industriales, reservas naturales y mantos superficiales de agua, para detectar zonas críticas que requieran atención especial.

- C) MANEJO DEL RIESGO.** Identificadas, analizadas y evaluadas las consecuencias de los riesgos, la pregunta es ¿Cual es la mejor solución que deberá adoptarse para que en caso de una contingencia se minimicen los daños a la salud humana y el medio ambiente o pérdidas a los bienes materiales?. El manejo del riesgo permitirá tomar la decisión y responder a esta pregunta.

Dentro del manejo del riesgo se tiene varias opciones, a saber:

**Eliminar:** Consiste en eliminar la condición actual del riesgo. Sin embargo, no siempre es posible esta alternativa.

**Reducción:** Se logra mediante adaptaciones tecnológicas que minimicen la condición de riesgo. La reducción debe ser considerada la segunda opción en el manejo del riesgo cuando no es viable técnica y/o económicamente una eliminación.

Por ejemplo Diseño de instalaciones que minimicen el impacto en caso de una emisión de materia o energía.

**Transferencia:** Se logra mediante acciones que minimicen el impacto en caso de contingencia. Simplemente el riesgo se traslada a otro lugar donde el impacto sea menor.

En el caso de los residuos peligrosos una transferencia del riesgo se logra mediante la movilización de los residuos a otra zona, caso concreto si el riesgo debido al almacenamiento de los residuos es considerable, el riesgo se puede transferir reubicando la sección de almacenamiento que puede estar lejos del lugar donde se generaron.

El manejo de riesgos considera además otras acciones complementarias.

- a) Coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales para la respuesta a emergencias, restauración y recuperación de sitios contaminados con residuos peligrosos.
- b) La industria en colaboración con las autoridades y especialistas, deberán comunicar al público la información relevante de los estudios de riesgo en los sitios donde se han realizado evaluaciones de riesgo y la relación entre los efectos, medios de exposición y puntos evaluados.
- c) Monitoreo encaminado a determinar el alcance de la contaminación ambiental en el aire, agua y suelo y los receptores biológicos, incluyendo la vegetación, la fauna y el ser humano.
- d) Etiquetado de los residuos con el fin de comunicar los peligrosos asociados en planta y durante la transportación.
- e) Seguimiento en su disposición final.

Para darnos una idea del manejo del riesgo conviene analizar el impacto en la disposición de los residuos peligrosos y sus efectos a la salud humana y los ecosistemas.

Los residuos peligrosos alteraran los ciclos naturales, además de que existe la posibilidad de trasferencia de los residuos peligrosos de un medio a otro, y de un ecosistema a otro, que aunado a sus características de bioacumulación en los seres vivos, permanencia en el medio ambiente, entre otras, dificulta su degradación natural, como se muestra en la tabla 4.5. Los residuos peligrosos mostrados en esta tabla no son peligrosos, pero dan una idea de los tiempos que tarda el ambiente en degradar diversos materiales.

**Tabla 4.5. Tiempo de permanencia de algunos residuos sólidos en el mar**

Residuo	Permanencia
Boleto de autobús	2-4 meses
Tela de algodón	1-5 meses
Soga	3-14 meses
Calcetín de lana	1 año
Piezas de madera pintada	13 años
Latas de estaño	100 años
Latas de aluminio	200-300 años
Botellas de plástico	450 años
Botellas de vidrio	No determinado

Fuente: CORTINAS DE NAVA, CRISTINA/SYLVA VEGA GLEASON, Serie Monográfica No. 3, *"Residuos Peligrosos en el Mundo y México"*, Sedeso/INE, 1993, p. 31.

# **CAPITULO 5**

***ETAPA DE EJECUCIÓN:***

**Manejo de los Residuos  
Peligrosos**

# CAPITULO 5



## ETAPA DE EJECUCIÓN: *Manejo de los Residuos Peligrosos*

**P**ara el manejo de los residuos peligrosos es necesario una coordinación de esfuerzos de las diferentes partes que integran la cadena de producción de una industria, desde los más altos niveles quienes trazan las políticas y metas a seguir, los mandos medios encargados de la capacitación, hasta los empleados que tienen la responsabilidad del manejo de los residuos peligrosos, cada uno debe conocer sus responsabilidades, y así, identificar oportunidades para la reducción de residuos peligrosos.

Dentro de la etapa de ejecución del Sistema de Administración de los Residuos Peligrosos se tienen las siguientes actividades:

**Tabla 5.1.– Actividades de Manejo de los Residuos Peligrosos**

- I. MINIMIZACION Y RECUPERACION
- II. ALMACENAMIENTO
- III. TRANSPORTE
- IV. TRATAMIENTO
- V. DISPOSICION FINAL
- VI. RECUPERACION DE SUELOS EN CASO DE CONTAMINACION

Cada una de estas actividades ésta compuesta por varios elementos, los cuales se describen a continuación:

## I. MINIMIZACION Y RECUPERACION

### I.1. MINIMIZACION

La minimización de los residuos peligrosos es un término que se utiliza para describir un enfoque de ecoeficiencia de las actividades industriales. La minimización de residuos peligrosos es resultado de aplicar los principios de "producción más limpia", y por consiguiente la prevención de la contaminación al medio ambiente.

Se puede considerar a la minimización de los residuos peligrosos como: "La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada por los procesos y los productos, con el fin de reducir el volumen y su peligro y así como la reducción de riesgos al ser humano y al medio ambiente."<sup>1,2</sup>

Las opciones identificadas para la minimización se muestran en la figura siguiente:

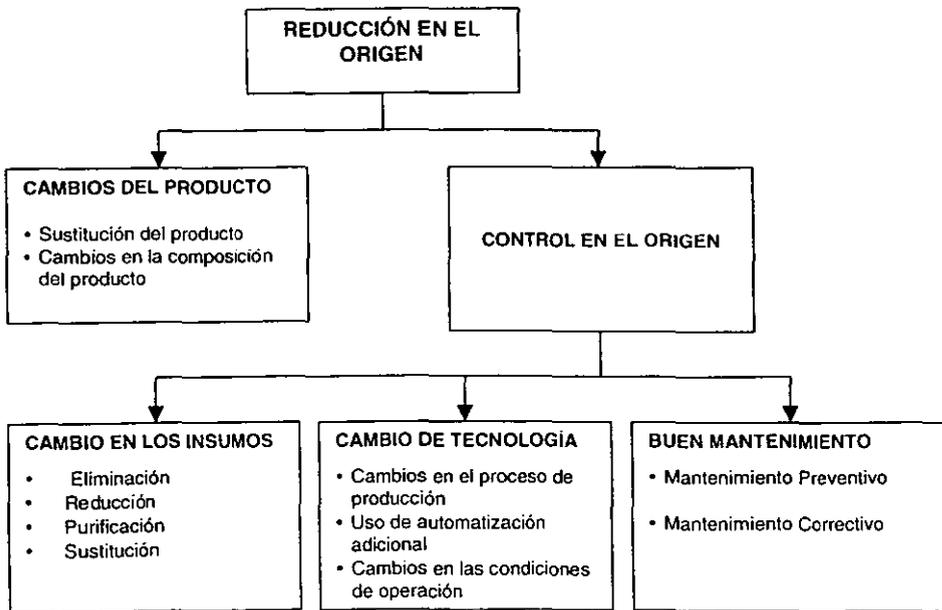


Fig.5.1.- Técnicas de Minimización de residuos peligrosos

FUENTE: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, Industria y Medio Ambiente, "Producción más limpia. Un Paquete de Recursos de Capacitación", Febrero de 1999. p. 1-4.

<sup>1</sup> PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, Industria y Medio Ambiente, "Producción más limpia. Un Paquete de Recursos de Capacitación", Febrero de 1999. p. v.

<sup>2</sup> COMMISSIONED BY THE EUROPEAN COMMISSION, DG XI, "Waste Prevention and Minimisation, Final Report", Julio de 1999. p. 3

Desde el punto de vista práctico se considera la minimización de los residuos peligrosos como la reducción en el origen, uso eficiente y optimización de los recursos, lo cual se puede lograr mediante el control de la materia prima y los recursos energéticos. "La minimización de los residuos peligrosos hace énfasis en la optimización de recursos."<sup>3</sup>

Para la minimización de residuos peligrosos se debe realizar un análisis de las variables que influyen en los procesos de producción y que permiten el abatimiento de los residuos peligrosos, siendo la más importante la reducción en el origen.

En algunos casos será necesario realizar modificaciones a los procesos de producción, por lo se requerirá el apoyo de consultores especializados en la materia, que asesoren al personal de la planta en el análisis y selección del método de minimización.

Las técnicas de minimización se acompañan de acciones complementarias vinculadas a las políticas de la empresa. Dentro de estas acciones se incluyen las siguientes:

- Promover como principales acciones a seguir la reducción de los residuos peligrosos.
- Llevar una revisión continua de las tecnologías y herramientas, así como identificar nuevas herramientas que pudieran ser usadas.
- Capacitación y adiestramiento del elemento humano y difusión de la información para fomentar la reducción de los residuos peligrosos en los procesos de producción.
- Establecer programas pilotos para optimizar los instrumentos para la minimización de residuos.
- Establecer procedimientos adecuados para el transporte, almacenamiento y demás actividades relacionados con los residuos peligrosos.
- Promover el intercambio de experiencias con industrias del mismo sector e incluso con sectores distintos.

Las técnicas mostradas en la figura 5.1. se describen a continuación:

#### 1.1.1. CAMBIO DE PRODUCTO

La elaboración de muchos productos del sector químico generan una gran cantidad de residuos peligrosos, para evitar o reducir su generación se tiene dos opciones.

- a) **Sustitución del Producto.** Suspender la producción y producir un nuevo producto que sea *más amigable* con el ser humano y el medio ambiente. Un ejemplo se tiene en la sustitución de pesticidas que generaban gran cantidad de residuos, peligrosos la mayoría de ellos. Hoy se usan pesticidas que tienen efectos potenciales menores.
- b) **Cambio en la composición del producto.** Cambiar los componentes que pudieran generar residuos peligrosos.

<sup>3</sup> PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS .. Op. Cit. p. III-3.

En la mayoría de los casos la sustitución del producto no es factible, es necesario realizar un estudio del nuevo producto para verificar que satisfaga las necesidades de los clientes, adicionalmente es necesario analizar los elementos siguientes:

- Las regulaciones que apliquen al producto sustituto o modificado
- Limitaciones en el suministro de la materia prima
- Educación al cliente

### 1.1.2. CONTROL EN EL ORIGEN

#### a) Cambio en los insumos

Cambio en una o más de las materias primas o reactivos que tienen impacto directo en la generación de residuos peligrosos. Para minimizar su generación se puede considerar una o más de las opciones siguientes:

- **Eliminación.** Eliminar de los procesos de producción las materias primas que sean la causa de los residuos peligrosos generados.
- **Reducción.** Reducir las materias primas o reactivos que generan residuos peligrosos.
- **Purificación.** Es posible que algún componente de la materia prima sea el que genere o salga de los procesos de producción como residuo peligroso, la eliminación de estos componentes mediante la purificación de la materia prima reduciría su generación.
- **Sustitución.** Si una o varias materias primas o los reactivos son la causa de generación de residuos peligrosos, será necesario sustituirlos por otros que abatan su generación.

#### b) Cambio de tecnología

Por lo general, las modificaciones en los procesos se realizan para incrementar la eficiencia de la producción, para mejorar los productos, para reducir los costos de manufactura y no tienen como prioridad la reducción de los residuos peligrosos. Sin embargo cuando se realiza una evaluación para modificar los procesos se debe incluir la reducción de los residuos peligrosos como una variable más que requiere ser evaluada.

Dentro de esta categoría se incluyen las opciones siguientes:

- **Cambio en el proceso de producción:** la mayoría de los procesos de producción actual tienen variantes, algunas más contaminantes que otras, si el proceso de producción es el causante de los residuos peligrosos generados, debe evaluarse esta opción para abatir su generación.
- **Uso de automatización:** El uso de sistemas de control automáticos tiene varias ventajas, por ejemplo permiten reducir el error humano y tener procesos más consistentes, los cuales pueden ayudar a reducir la generación de residuos peligrosos.
- **Cambio condiciones del proceso.** (gastos, flujo, temperatura, presión, tiempo de residencia): Es bien sabido que cambiar las condiciones de operación de un

proceso tiene muchas repercusiones, una de ellas puede ser la reducción de los residuos peligrosos que se generan a lo largo del proceso de producción.

### c) BUEN MANTENIMIENTO

Con un buen mantenimiento no solo se pretende mantener los materiales o equipos en buen estado, prever su deterioro o establecer prácticas de inspección que puedan corregir las deficiencias cuando sean detectadas<sup>4</sup>. El mantenimiento también es esencial para que exista una continuidad en la producción y, como consecuencia se controle la generación de los residuos peligrosos.

El mantenimiento es una de las opciones más viables, sobre todo cuando se tienen procedimientos que involucran a todas las áreas de la empresa, permite incrementar la eficiencia de los procesos a través de evitar pérdidas, fugas, y derrames<sup>5</sup>.

Para el buen mantenimiento se requiere examinar todos los segmentos del proceso de producción. Donde sea posible en operaciones de mantenimiento cambiar los materiales o equipos, usar menos materiales peligrosos o modificar y retirar el equipo existente.

Dentro del buen mantenimiento se incluyen:

- **Mantenimiento preventivo:** Mediante el mantenimiento preventivo se detectan las posibles fallas y su corrección antes de que éstas se presenten, o bien, en su fase inicial. A través de un mantenimiento preventivo se pretende optimizar los recursos destinados mediante una mayor fiabilidad, mejor aprovechamiento y un mayor período de vida de los equipos y materiales.

Dentro de este tipo de mantenimiento se tienen variantes como son: el *mantenimiento rutinario* (conjunto de tareas repetitivas), *mantenimiento creativo o inventivo* (se apoya en la inventividad, creatividad e investigación), *mantenimiento predictivo*.

- **Mantenimiento correctivo:** las tareas que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son básicamente la reparación y el reemplazo cuando se presenta un incidente o accidente en la planta.

En ambos casos el objetivo que se persigue es eliminar una deficiencia en el funcionamiento de los equipos o materiales que pudieran ser la causa en la generación de residuos peligrosos.

El buen mantenimiento se complementa con algunas prácticas como:

- **Prácticas de manejo del material y de inventario:** Incluyen programas para reducir la pérdida de insumos por manejo inadecuado, eliminar materiales

<sup>4</sup> CHEREMISINOFF PAUL N, et. al., "Waste Minimization", Pollution Engineering, March 1991. p. 67.

<sup>5</sup> HIGGINS, LINDLEY R., "Maintenance Engineering Handbook: Section 3, Chapter 2; The Horizon of Maintenance Management", fifth edition, McGraw Hill, 1995. p. XII-19.

caducos, buenas prácticas de almacenamiento, manejo de inventarios para su control, compra y control de los materiales y suministros. Las actividades deben coordinarse y planearse para que los materiales estén en las cantidades necesarias y justo a tiempo.

- **Prevención de pérdidas:** Minimizar las pérdidas al evitar que haya fugas y derrames en el equipo.
- **Prácticas de segregación de residuos peligrosos:** Reducir el volumen de los residuos que deben ser manejados como residuos peligrosos, evitando mezclar residuos peligrosos con materiales que no lo son. Segregar los residuos peligrosos en recuperables y no recuperables.
- **Prácticas de contabilidad de costos:** Incluyen programas para contabilizar los costos de tratamiento y disposición de residuos peligrosos a las secciones o áreas de la planta productiva donde se generaron. Es un buen medidor para motivar a una empresa hacia la reducción.
- **Vinculación con otras prácticas y programas:** Ejemplo, *Programas de producción más limpia*.

El éxito para la reducción de residuos peligrosos dependerá de los niveles de administración que lo soporten y el grado de participación de los empleados en el programa. Se requiere también que los empleados detecten prácticas obsoletas y participen en reducir o eliminar los residuos peligrosos generados en las actividades que ellos realizan.

La minimización requiere de un compromiso desde la alta dirección hasta los operadores, de la comunicación entre ellos y el trabajo en equipo.

En la tabla siguiente se muestran algunas características de algunas de las técnicas señaladas para la minimización de los residuos peligrosos.

**Tabla 5.2.– Características de algunas técnicas para la minimización de los residuos peligrosos**

Segregación o separación en la fuente	Modificación del producto final
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de implementar</li> <li>• Generalmente requiere de baja inversión</li> <li>• Soluciones a corto plazo</li> <li>• Tener identificados los residuos peligrosos a separar o segregar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible impacto en la industria, reducción de volumen, reducción o eliminación de la peligrosidad</li> <li>• Soluciones a mediano plazo</li> <li>• Soluciones a largo plazo</li> <li>• Se pueden afectar varios sectores</li> <li>• Cambios en los hábitos de los clientes</li> <li>• Requiere mayor inversión</li> <li>• Necesita crecimiento del mercado</li> </ul>
Modificación del proceso	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción tanto en volumen como de peligrosidad</li> <li>• Soluciones a mediano plazo</li> <li>• Posibles ahorros en los costos de producción</li> <li>• Requiere de inversión de capital</li> <li>• Su viabilidad está en función de las características del producto final.</li> </ul>	

Fuente: Asesora: Margarita Ferat T.

## 1.2. RECUPERACION

Dentro de la recuperación se incluyen dos actividades el uso y el reciclaje<sup>6, 7</sup> (Fig. 5.2.). Las actividades de esta opción son menos deseables que la reducción en el origen ya que involucran el manejo de los residuos peligrosos. Sin embargo son más recomendables que el tratamiento o la disposición.

La recuperación y el reciclaje son actividades asociadas a un beneficio económico a través de una reducción en el volumen de los residuos peligrosos que deben ser tratados o enviados a los sitios de disposición.

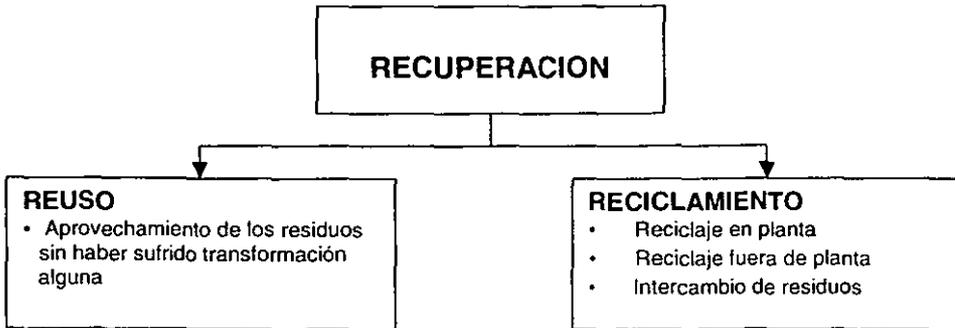


Fig. 5.2.- Recuperación de los residuos peligrosos

FUENTE: PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, industria y Medio Ambiente, "Producción más limpia. Un Paquete de Recursos de Capacitación", Febrero de 1999, p. 1-4.

### 1.2.1. REUSO

El reuso es la recuperación de materiales o productos sin haber sufrido transformación alguna. Un ejemplo de la vida cotidiana es el reuso de botellas de vidrio, aplicando un lavado y desinfección para ser nuevamente utilizadas como envase de productos.

### 1.2.2. RECICLAJE

La búsqueda y recuperación de materiales para reutilizarlos en su forma original o para reprocesarlos y obtener otros productos se denomina reciclaje. Ejemplo el papel de papelería se recicla para obtener papel usado como papel higiénico.

El reciclamiento de los residuos peligrosos trae consigo múltiples beneficios<sup>8</sup>, que repercuten en conservación de los recursos, reducción de la energía usada en la producción, menor impacto al medio ambiente y reducción de las actividades y costos de transporte, incineración y disposición final.

<sup>6</sup> CHEREMISINOFF, PAUL N, Op. Cit. p. 66.

<sup>7</sup> EPA, Environmental Resource Center, "Handbook for the Management of Hazardous Waste", 1993. p. 14

<sup>8</sup> EPA, Solid Waste and Emergency Response, "Recycling Means Business", September 1995. p. 21.

La recuperación de los residuos peligrosos de los efluentes de los procesos seguidos por un método de reciclamiento representa una excelente técnica para reducir el volumen de los residuos peligrosos generados.

La diferencia entre reuso y reciclaje es, que los residuos peligrosos recuperados mediante reuso se utilizan para el mismo proceso que les dio origen, y los obtenidos mediante reciclaje requieren ser procesados para ser usados en el proceso que les dio origen, usados como subproductos o bien usados para obtener productos con otras especificaciones.

Las operaciones de reciclaje se dividen dentro de tres categorías.

- a) **Reciclaje en planta (IN SITU).** Es realizado por los generadores de los residuos peligrosos, y es definido como el reciclamiento de la materia prima, corrientes de proceso, productos secundarios a fin de prevenir, eliminar o bien disminuir el volumen de los residuos peligrosos generados. Este método resulta de gran ayuda cuando muchos productos son elaborados en una planta por varios procesos, los materiales de un efluente pueden ser utilizados como materia prima en otro proceso.
- b) **Reciclaje fuera de planta (OFF-SITE).** Es la recuperación de los residuos peligrosos fuera del lugar donde se generaron. Para los generadores de residuos peligrosos en pequeñas cantidades ofrece la ventaja de economía a escala, mediante esta opción se transfiere la responsabilidad de manejo y recuperación a un tercero. Las industrias químicas generadoras de residuos peligrosos en pequeñas cantidades pueden formar un consorcio de tratamiento de los residuos peligrosos<sup>9</sup>, lo cual representa una gran ventaja de reducción de costos.
- c) **Intercambio de residuos.** Consiste en el intercambio entre industrias de residuos que pueden ser recuperados para ser usados en otro proceso.

En la tabla 5.3. se muestran algunas de las características de estas tres técnicas.

**Tabla 5.3.-- Características de las técnicas de recuperación de los residuos peligrosos**

<p><b>Reciclaje en planta (IN-SITU)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluciones a mediano plazo</li> <li>• Ahorros en los costos de manufactura</li> <li>• Reducción exposición en comparación con el reciclamiento Off-site o intercambio de residuos</li> <li>• Requiere inversión de capital</li> </ul> <p><b>Reciclaje fuera de planta (OFF-SITU)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere de inversión de capital por parte del generador</li> <li>• Economía de escala para pequeños generadores</li> <li>• Requiere de permisos</li> </ul>	<p><b>Cont. Reciclaje fuera de planta (OFF-SITU)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere uniformizar la composición para evitar incompatibilidad de residuos</li> <li>• Requiere de mayor control</li> </ul> <p><b>Intercambio de residuos peligrosos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Únicamente costos de transportación</li> <li>• Requiere uniformizar la composición para evitar incompatibilidad de residuos</li> <li>• Requiere una estrecha relación entre las partes involucradas.</li> </ul>
---	--

Fuente: Asesora: Margarita Ferat T.

<sup>9</sup> CERIDE, "Investigación Hoy, Residuos Peligrosos: La experiencia de México", No. 53, México, 1999.

## II. ALMACENAMIENTO

Los lugares de almacenamiento deben contar con todas las medidas de seguridad necesarias y con todos los permisos exigidos por las regulaciones oficiales vigentes.

Las áreas de almacenamiento temporal deben contar con las medidas de seguridad siguientes:

- Ubicarse en zonas que reduzcan los riesgos posibles de emisiones, fugas o explosiones.
- Deben estar diseñadas para permitir el movimiento adecuado de los materiales y montacargas.
- Mantener orden y limpieza en el lugar.
- Contar con accesos libres para los grupos de seguridad (bomberos, brigadistas) en caso de emergencia.
- Estar señaladas y con acceso restringido al personal capacitado.
- Contar con una bitácora de operaciones, donde se registre la procedencia de los residuos, cantidad y características del mismo.

Las áreas de almacenamiento deben estar construidos con materiales que cubran los requisitos siguientes:

- No inflamables
- Compatibles con los residuos
- Contar con pararrayos
- Contar con detectores de gases o vapores, cuando se almacenen residuos peligrosos volátiles
- Contar con sistemas de protección de incendios
- Contar con sistemas de ventilación
- Diques, con una altura mínima de 15 cm y que provea un volumen equivalente al 25 % del total interno de todos los recipientes almacenados
- Fosa de retención con volumen equivalente al recipiente de mayor volumen almacenado.
- El piso debe tener una inclinación de 2 % dirigido a la fosa
- No deben existir conexiones al drenaje del piso, o cualquier tipo de apertura que puedan permitir que los líquidos fluyan fuera del área.
- Dentro del área de almacenamiento no se deben depositar residuos a granel y la estiba máxima será de 3 tambores de 200 lts. Los envases deben ser estibados en rejillas o tarimas, para facilitar su manejo con montacargas

Otras de las características que deben reunir las áreas de almacenamiento son:

- Ser lugares que estén cerca de los puntos de generación, para que no representen problemas al movilizar los residuos, pero sin interferir en los procesos de producción o representar riesgos potenciales al personal o poblaciones cercanas.
- Contar con las medidas necesarias que aseguren que el personal encargado del sitio tenga un control adecuado que garantice y prevenga la posible mezcla de residuos peligrosos incompatible o almacenar residuos en cantidad mayor a la establecida.

Las medidas de seguridad deben contemplar que los envases de almacenamiento se mantengan en buenas condiciones, sean compatibles con los residuos que contienen y estén correctamente etiquetados.

Las etiquetas deben contener información sobre la composición, estado físico y peligrosidad de los residuos. Las etiquetas deben ser visibles, legibles y estar marcadas con la leyenda "*residuos peligrosos*".

Los tambores y envases deben ser revisados para evitar fugas o derrames. Si se sospecha que los tanques o envases presentan orificios no deben ser usados.

Si es necesario debe de colocarse sistema de protección catódica para evitar corrosión de los tambores.

La Información sobre almacenamiento con que debe contar la planta se lista en el ANEXO III.

### III. TRANSPORTE

El transporte de los residuos peligrosos implica el tomar las debidas medidas preventivas para minimizar los riesgos asociados a las condiciones de las vías de comunicación, los inherentes a las peligrosidad de las sustancias, las condiciones de las unidades de transporte y el entrenamiento de los operadores, para evitar pérdidas humanas y/o materiales y daños al medio ambiente.

El riesgo se puede reducir estableciendo una relación más estrecha con las compañías transportistas que movilizan los residuos peligrosos, diseñando programas de capacitación a operadores, así como evaluar y medir el desempeño de las compañías transportistas.

Dentro de los programas de capacitación se debe informar a las compañías del marco regulatorio vigente para el transporte de los residuos peligrosos, información técnica y respuesta a emergencias.

Aunado a los anterior también es conveniente la realización de auditorias periódicas a las compañías que prestas dichos servicios. A través de una auditoria, se verifican todos los permisos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, los

envases y embalajes usados para la transportación y que los operadores cuenten con los registros requeridos.

Por otro lado la transportación (así como todas las actividades asociadas al manejo de los residuos peligrosos) de la planta a los centros de tratamiento o disposición final no agrega valor a la cadena de producción, *es un mal necesario que hay que evitar lo más posible.*

Para ello es necesario realizar un análisis conjuntamente con el almacenamiento para establecer cual será el período de tiempo entre un embarque y otro, de tal manera que el transporte de los residuos no represente costos elevados.

#### IV. TRATAMIENTO

El paso previo a la disposición de los residuos es el tratamiento con lo cual se abate la peligrosidad.

El tratamiento es cualquier proceso que cambie el carácter físico, químico, o biológico de un residuo para hacerlo menos peligroso al ser humano y al ambiente. El tratamiento puede neutralizar el residuo, recuperar energía o materia de un residuo o bien hacerlo menos peligroso, o hacerlo más seguro en el transporte, almacenamiento o disposición.

Para seleccionar el método más adecuado para el tratamiento de los residuos deben analizarse tres parámetros.

1. **Forma física.** Cual es el estado físico del residuo peligroso generado: líquido, emulsión, coloide, lodo ó sólido.
2. **Componentes peligrosos.** Cuales son los componentes peligrosos, de acuerdo a la clasificación CRETIB, de una mezcla o de una corriente. Ejemplo: metales pesados, Compuestos tóxicos, compuestos orgánicos ó inorgánicos.
3. **Concentraciones de los residuos.** Concentraciones de los componentes peligrosos de los residuos.

Existen cinco técnicas para el tratamiento de los residuos peligrosos, éstas son:

- A. tratamiento físico
- B. tratamiento químico
- C. tratamiento térmico
- D. tratamiento biológico.
- E. Solidificación/Estabilización

## A) TRATAMIENTO FÍSICO

Los procesos de tratamiento físico separan los residuos peligrosos de una corriente o mezcla de residuos ya sea aplicando una fuerza física o cambiando el estado físico de los residuos. Los tratamientos físicos pueden ser aplicados a una gran variedad de residuos peligrosos presentes tanto en forma sólida o en fase acuosa.

Sin embargo en algunos casos se requiere más de un proceso para llevar a cabo la separación de los residuos peligrosos o bien hacerlos menos tóxico para un tratamiento posterior o disposición final.

Aunque mediante los procesos físicos es posible extraer uno o más constituyentes peligrosos de las corrientes de residuos es necesario un tratamiento posterior para restarles peligrosidad. Los procesos de tratamiento físico pueden ser usados solos o en conjunción con otros procesos (como aquellos en los que se involucra reacción química).

Dentro de los procesos de tratamiento físico más usuales se tienen la adsorción, absorción, procesos de membrana, extracción con solventes, cristalización, precipitación, destilación, filtración y evaporación.

En la *Adsorción*<sup>10</sup>, se utilizan resinas especiales como materiales adsorbentes para recuperar los constituyentes peligrosos de los residuos, pero el material más usado para realizar esta función es el carbón activado.

Mediante las tecnologías de adsorción se pueden tratar tanto residuos peligrosos o contaminantes presentes en corrientes en estado líquido como gaseoso. Los sistemas que usan carbón activado o resinas se aplican comercialmente para corrientes de residuos que contienen bajas concentraciones de componentes peligrosos.

La adsorción no se usa para tratar residuos peligrosos con alto peso molecular y alta polaridad, sólidos suspendidos, aceites y grasas, y altos niveles de materia orgánica (> 1,000 mg/l).

La *absorción* no es un proceso muy común para el tratamiento de los residuos peligrosos, aunque en algunos casos se usa como apoyo de otros procesos.

La *extracción*<sup>11</sup> con solventes tiene aplicación en la extracción de residuos de lodos en la industria farmacéutica, lodos que contiene amonio, fondos de destilación, lodos de tratamientos de agua, residuos del tratamiento de la madera, entre otros.

Los *procesos de membrana*<sup>12,13</sup> (ejemplo, osmosis inversa, microfiltración, ultrafiltración) tienen numerosas aplicaciones en residuos no peligrosos, pero pueden en teoría, ser usados para residuos peligrosos.

---

<sup>10</sup> EPA, Engineering Bulletin, "*Granular Activated Carbon Treatment*", OERR, Washington, DC, EPA/540/2-91/024, 1991. p. 12

<sup>11</sup> EPA, Office of Solid Waste, "*Treatment Technology Background Document*", January 1991., p. 157.

La *osmosis inversa* tiene aplicaciones sobre todo para separación de iones inorgánicos contenidos en corrientes de agua. También se aplica en la recuperación de solventes<sup>14</sup> y de solutos concentrados que pueden ser reciclados a los procesos originales de manufactura.

La *microfiltración* y la *ultrafiltración* se usan para remover contaminantes orgánicos o iones. Pero se aplican sobre todo para remover iones metálicos complejos, recuperaciones de aceites de emulsiones de aceite-agua, remoción de pinturas de los efluentes en la industria textil.

La *destilación* y la *evaporación*<sup>15</sup> se usan para el tratamiento de mezclas o corrientes de residuos peligrosos que contienen dos o más componentes peligrosos, particularmente para el tratamiento de mezclas o corrientes que contiene compuestos orgánicos volátiles.

## B) TRATAMIENTO QUÍMICO

Los procesos de tratamiento químico involucran reacciones químicas, las cuales alteran o destruyen uno o varios residuos peligrosos presentes en una mezcla o corriente. El tratamiento químico puede ser aplicado tanto a los residuos peligrosos orgánicos e inorgánicos, y puede ser formulado para alterar o degradar un compuesto específico presente en una mezcla de residuos.

La *neutralización* es el proceso químico de tratamiento más propagado. Es un proceso que se usa para el tratamiento de mezclas o corrientes que contienen residuos peligrosos corrosivos.

La *precipitación* se usa con frecuencia en conjunción con la neutralización, para precipitar las sales generadas durante la neutralización. Otras de sus aplicaciones son en la remoción de metales pesados y fluoruros. Los procesos electroquímicos al igual que la precipitación tiene su aplicación para la remoción de metales pesados.

Los procesos de *óxido-reducción* pueden tratar los residuos peligrosos, sin embargo su aplicación se restringe a soluciones diluidas dado el alto costo del tratamiento, adicionalmente tienen la desventaja de que las reacciones tienden a ser incompletas a menos que se tenga un control sobre ellas. Otro problema es que, los productos generados durante la oxidación o reducción pueden ser inclusive más peligrosos<sup>16</sup>. La oxidación tiene aplicaciones para el tratamiento de afluentes de cianuros, en el

<sup>12</sup> EPA, *SBP Technologies*, Demonstration Bulletin, 1992.— "*Membrane Filtration*" RREL, EPA/540/MR-92/014; and "*Applications Analysis*", EPA/540/AR-92/014, 1992. p. 19.

<sup>13</sup> EPA, Membrane Technology and Research, Inc. — Volatile Organic, "*Compound Removal from Air Streams by Membrane Separations*", EPA RREL, Emergency Technology Bulletin, EPA/540/F-94/503, 1994. p. 1.

<sup>14</sup> BHATTACHARYYA, D./ WILLIAMS, M.E. "*Separation of Hazardous Organics by Low Pressure Reverse Osmosis Membranes-Phase II*", Final Report, EPA, EPA/600/S2-91/045, 1992, p. 47

<sup>15</sup> JAPCA, "*Treatment Technologies for Hazardous Waste*", January-August 1986, p. 54.

<sup>16</sup> GRIFFIN, Roger D. "*Principles of Hazardous Material Management*", Lewis Publishers, 1988. p. 5.6.

tratamiento de residuos peligrosos fenólicos, oxidación de compuestos de azufre, oxidación de pesticidas, la oxidación química de los pesticidas resulta más conveniente que la biodegradación debido a la persistencia de éstos a la degradación, oxidación de plomo, entre otras.

### C) TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Los procesos de *tratamiento biológico* usan microorganismos o enzimas, los cuales transforman o degradan a los residuos peligrosos. Los procesos de tratamiento biológicos incluyen bioreactores, biofiltros, estanques y lagos, tierras de tratamiento, composteo, y tratamientos superficiales aerobios y anaerobios. Los procesos de tratamiento biológico están limitado a aguas residuales que contienen compuestos orgánicos, así como en constituyentes orgánicos peligrosos que no excedan los niveles de toxicidad. Por ejemplo, soluciones fenólicas y de cianuros (abajo del límite de toxicidad) son virtualmente destruidas mediante sistemas de lodos activados.

### D) TRATAMIENTO TÉRMICO

Los procesos de *tratamiento térmico* requieren de energía para destruir o eliminar la toxicidad de los residuos peligrosos presentes en líquidos, lodos y sólidos. Estas tecnologías incluyen procesos térmicos a bajas y altas temperaturas. Los procesos típicos de tratamiento térmico son: la incineración, hornos rotatorios, pirólisis y los sistemas de plasma.

La *incineración* ha sido una de las tecnologías preferidas para el tratamiento de los residuos peligrosos, principalmente para los residuos que contienen compuestos orgánicos (Tabla 5.4.), ya que éstos son destruidos casi en su totalidad. La incineración es usada para la destrucción de una gran variedad de residuos peligrosos,<sup>17,18</sup> pero no se aplica a metales que son volatilizados o atacan a los materiales del equipo de incineración.

Tabla 5.4.- Efectividad de la incineración para grupos de contaminantes del suelo, sedimentos y lodos.

Grupos de contaminantes		Sólidos /Sedimento	Lodos	Líquidos
Orgánicos	Volátiles halogenados	■	■	■
	Semivolátiles halogenados	■	■	■
	Volátiles no-halogenados	■	■	■
	Semivolátiles no-halogenados	■	■	■
	PCBs	■	■	■
	Pesticidas halogenados	●	■	■
	Dioxinas/furanos	■	■	■
	Cianidas orgánicas	●	●	●
	Corrosivos orgánicos	●	●	●

<sup>17</sup> EPA, "Incineration of Hazardous Waste", Fact Sheet, EPA, Office of Solid Waste, Washington, DC, EPA/530-SW-88-018, 1987.

<sup>18</sup> EPA, "Mobile/Transportable Incineration Treatment", Engineering Bulletin, EPA, OERR and ORD, Washington, DC, EPA/540/2-90/014, 1990.

Cont. J Tabla 5.4.- Efectividad de la incineración para grupos de contaminantes del suelo, sedimentos y lodos.

Grupos de contaminantes		Sólidos /Sedimento	Lodos	líquidos
Inorgánicos	Metales volátiles	◇	◇	◇
	Metales no volátiles	◇	◇	◇
	Asbestos	◇	◇	◇
	Materiales radiactivos	◇	◇	◇
	Corrosivos inorgánicos	◇	◇	◇
	Cianuros inorgánicos	●	●	●
Reactivos	Oxidantes	●	●	●
	Reductores	●	●	●
■ Demuestra efectividad				
● Potencial efectividad				
◇ No es efectiva				

Fuente: CLYDE J. DIAL, "Hazardous Waste Management" Mexico, September 1993. p. 31.

Para la eliminar los bifenilos policlorados, la incineración es el único método conocido a la fecha, si embargo este método tiene efectos colaterales ya que presenta riesgos para la salud y el medio ambiente, ya que generan dioxinas las cuales son cancerígenas, persistentes y acumulativas<sup>19,20,21</sup>.

Actualmente existen tecnologías alternativas para la destrucción de compuestos orgánicos volátiles presentes en mezclas de residuos peligrosos, que anteriormente requerían de altas temperaturas<sup>22</sup>. Otras tecnologías han sido mejoradas y desplazado a la incineración, una de estas tecnologías es Degradación de Residuos Peligrosos por Plasma Térmico<sup>23</sup>, mediante esta tecnología se logra su total degradación.

### E) SOLIDIFICACIÓN/ESTABILIZACIÓN

Los procesos de *Solidificación/estabilización*<sup>24</sup> inmovilizan un residuo peligroso presentes de una mezcla convirtiéndolo en menos soluble, móvil o tóxico, aglomerándolo en una

<sup>19</sup> BEJARANO GONZÁLEZ, FERNANDO, "Los Residuos Peligrosos", Unión de Grupos Ambientalistas, México 1998. p. 3

<sup>20</sup> Reed, Cyrus H., et al., "La Incineración de Residuos Peligrosos en Hornos Cementeros en México: La Controversia y los Hechos", Texas Center for Policy Studies, Tercera edición, Agosto de 1998. p. 18

<sup>21</sup> Félix L. Pérez V., "Lo que usted debe saber sobre el Askarel sus características y peligrosidad", Coordinador de la Alianza Internacional Ecologista del Bravo/México, Ciudad Juárez, Chih., febrero de 1999. p. 20

<sup>22</sup> SCHWINKENDORF, W. E. / MUSGRAVE, B. C./ DRAKE, R. N., "Evaluation of Alternative Nonflame Technologies for Destruction of Hazardous Organic Waste", INEL/EXT-97-00123., April 1997. p. 7

<sup>23</sup> Página del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), 2000.  
[http://www.inin.mx/inin/Catalogo\\_de\\_servicios/plasma.htm](http://www.inin.mx/inin/Catalogo_de_servicios/plasma.htm)

<sup>24</sup> EPA, Office of Solid Waste, "Treatment Technology .. Op. Cit. p. 94

matriz la cual minimiza la superficie expuesta del residuo peligroso, dentro de esta categoría se tiene el encapsulamiento, y la fijación.

Al reducir la movilidad de los residuos peligrosos de una mezcla de residuos hace al residuo más fácil de manejar. Los agentes estabilizadores más comúnmente usados son cemento Portland, cal, ceniza, entre otros. En el encapsulamiento se protege la superficie de los residuos peligrosos con una delgada capa de resina o plástico.

Para la selección de una tecnología de tratamiento es necesario realizar un análisis técnico económico, por otro lado se debe tomar en cuenta que cada año aumenta el número de tecnologías disponibles para el tratamiento de los residuos peligrosos, ya sea como una nueva tecnología o bien variantes de las ya existentes estas tecnologías además de ser más eficientes disminuyen la generación de emisiones contaminantes<sup>25,26,27</sup> que se generan durante el proceso de tratamiento.

La selección de la tecnología de tratamiento requiere conocer las características de los residuos a tratar, las características de los procesos de tratamiento, la inversión requerida para su uso, las reglamentaciones existentes para dichos procesos.

Las tecnologías más usuales para el tratamiento de los residuos peligrosos se muestran en el ANEXO II.

---

<sup>25</sup> U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Technology Profiles, "*Superfund Innovative Technology Evaluation Program*", Eighth Edition, October 1995. p. 175

<sup>26</sup> U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, "*Innovative Treatment Technologies: Annual Status Report*", Sixth Edition, September 1994. pp. 74

<sup>27</sup> RANDALL, PAUL M., "*Engineers' Guide to Cleaner Production Technologies*", Technomic Pub Co, August 1996.

## V. DISPOSICION FINAL

La disposición de los residuos peligrosos debe ser considerada como la última opción para el manejo de los residuos peligrosos.

La disposición final de los residuos peligrosos sin tratar dentro de las actividades de manejo es la menos deseable ya que incrementa la posibilidad de accidentes y por otro lado los costos son elevados. Estos costos se incrementan año con año<sup>28</sup>.

Los sitios de disposición final de residuos peligrosos deben reunir las condiciones de máxima seguridad para garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico

Los sitios de disposición final deben de:

- Ubicarse preferentemente en una zona que no tenga conexión con acuíferos
- Ubicarse fuera de llanuras de inundación con un período de retorno de 10,000 años
- Evitar regiones con intensidad de precipitación media anual mayor de 2,000 milímetros.
- Ubicarse fuera de las zonas que comprende el Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas y de las zonas del patrimonio cultural.
- El camino de acceso que une al sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable en todo tiempo y estar en buenas condiciones de seguridad.

El conjunto de requisitos que deben de reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos(excepto los radiactivos) se mencionan en la NOM-055-ECOL.

En México existe solo un sitio de disposición en Mina, en el estado de Nuevo León.

---

<sup>28</sup> UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT & DEVELOPMENT, Op. Cit. p. 28

## VI. RECUPERACION DE SUELOS EN CASO DE CONTAMINACION

El almacenamiento y transporte de los residuos peligrosos son actividades que están constantemente expuestas a derrames, los cuales pueden suceder accidentalmente o por malas prácticas de operación.

El mayor impacto de estos derrames es la contaminación del suelo. La infiltración de los residuos peligrosos al subsuelo, así como su distribución en los diferentes estratos y su destino están en función de las condiciones del sitio y de las características propias del subsuelo, entre las cuales, el tipo de material geológico, la presencia de un nivel de agua y el comportamiento del contaminante juegan un papel fundamental<sup>29</sup>.

Aún cuando no existen disposiciones reglamentarias en materia de restauración de suelos contaminados, la LGEEPA establece que "*Cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico, o de daño o deterioro grave a los recursos naturales, casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o para la salud pública*", la SEMARNAP a través de la PROFEPA debe de llevar a cabo medidas de seguridad para neutralizar o realizar una acción análoga que impida que los residuos peligrosos generen los efectos mencionados en la ley<sup>30</sup>.

Para hacer cumplir lo estipulado en la ley, la PROFEPA indicará al responsable de contaminar el suelo el procedimiento y las acciones que debe llevar a cabo para resarcir el daño<sup>31</sup>.

Existen tres alternativas para la restauración de suelos contaminados.

- a) *Tratamientos in situ*. El procedimiento in situ requiere poner en íntimo contacto a los agentes limpiadores con la masa del suelo.
- b) *Tratamientos on site*. En el tratamiento on site el suelo se excava y se trata en el propio terreno.
- c) *Tratamientos ex situ (off site)*. El método ex site requiere las etapas de excavación, transporte, tratamiento en las plantas depuradoras, devolución y enterramiento.

Para seleccionar una alternativa así como la técnica de saneamiento se requiere la aplicación de una metodología la cual además evaluar el sitio contaminado permite establecer el grado de contaminación y en su caso los niveles de limpieza a que deben someterse los medios afectados.

<sup>29</sup> SAVAL, SUSANA / LESSER, JUAN M., "*Identificación de Hidrocarburos Derramados al Subsuelo y Estudio de Riesgo en una Instalación Industrial*". Curso Restauración de suelos contaminados, México, Marzo del 2000.

<sup>30</sup> RODRIGUERA, JORGE D. "*Situación Legal y Ambiental de los Suelos Contaminados en México*", 1er. Curso de Restauración de Suelos Contaminados, México, Marzo del 2000.

<sup>31</sup> Muñoz Meza, Juan M. "Procedimiento PROFEPA para Restauración de Suelos contaminados", 1er. Curso de Restauración de Suelos Contaminados, México, Marzo del 2000.

## Pasos de la Metodología

### 1. *Identificación de las fuentes de contaminación y del tipo de material*

- En la planta: Detección de fugas en tanques de almacenamiento
- Durante el transporte: Detección de la fuga en el recipiente de transporte (envase, autotanque, carrotanque, otro.)

### 2. *Caracterización del entorno*

Ubicación geográfica, historia del sitio, uso actual y futuro del suelo, orografía, fisiografía, geología, climatología, hidrología: superficial y subterránea y posible población afectada.

Algunos datos específicos que se requiere conocer son: espesor de la zona no saturada, conductividad hidráulica del subsuelo, gradiente hidráulico, porosidad del suelo, contenido de agua, profundidad del nivel freático, dirección y velocidad del agua subterránea, pH del suelo y del agua subterránea, dirección y velocidad del viento y precipitación media anual.

### 3. *Establecimiento de la estrategia del muestreo: suelo, agua, vapores*

El muestreo debe considerar los siguientes puntos:

- Establecimiento del tipo de muestreo necesario, de acuerdo con los medios afectados: agua, suelo, vapores
- Número de puntos de muestreo
- Ubicación de los puntos de muestreo

El tipo de muestra que se debe obtener depende de la textura y permeabilidad del suelo, así como de la naturaleza y extensión de la contaminación.

### 4. *Parámetros a analizar*

Concentración del contaminante o contaminantes presentes en el sitio. En el caso de los hidrocarburos se analizan parámetros más específicos, por ejemplo: HT (hidrocarburos totales), HAP (hidrocarburos aromáticos), BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos), VOC's (compuestos orgánicos volátiles), entre otros.

### 5. *Evaluación de riesgo a la salud*

La evaluación de riesgo a la salud se define como la caracterización de los efectos potenciales adversos a la salud humana debidos a las exposiciones humanas a peligros ambientales

Con la evaluación de riesgo a la salud puede conocerse cuál es la concentración que debe tenerse en los medios afectados (suelo y agua subterránea) para que el riesgo sea aceptable, y de esta forma se establecen los niveles de limpieza basados en riesgo (se reduce la concentración del contaminante hasta un valor que asegure un riesgo aceptable).

**6. *Análisis de resultados y Definición de los niveles de limpieza***

Con los resultados de los análisis químicos es posible obtener curvas de isoconcentraciones de los parámetros que indiquen mayor problema. De esta manera es posible obtener las áreas y los volúmenes contaminados

Con los resultados de la evaluación de riesgo a la salud y con ayuda de los criterios nacionales e internacionales se establecen los niveles de limpieza en cada área del sitio en estudio.

**7. *Identificación de las técnicas de limpieza para la restauración***

Con los resultados obtenidos en los puntos anteriores se establece si se requiere o no la aplicación de una técnica de saneamiento. En caso de que sea necesario sanear, la información obtenida permite establecer en que áreas del sitio afectado se requiere realizar la técnica.

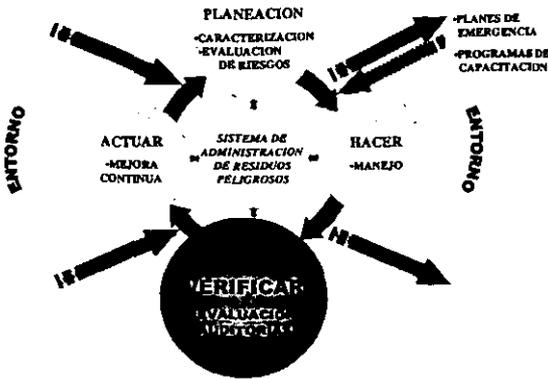
Puede considerarse la posibilidad de utilizar la atenuación natural para lo cual debe establecerse la forma de control para identificar la degradación de los compuestos con el tiempo.

# **CAPITULO 6**

***ETAPA DE VERIFICACIÓN:***  
**Auditorías y Evaluación**

# CAPITULO 6

## ETAPA DE VERIFICACIÓN: *Auditorías y Evaluación*



Una auditoría es una actividad planeada y documentada con el fin de evaluar el grado de implantación del sistema, es decir que a través de evidencias objetivas se corrobora el funcionamiento efectivo de los elementos aplicables al sistema.

### I. PRINCIPIOS DE LA AUDITORÍA<sup>1</sup>:

- Herramienta administrativa para examinar actividades y procesos.
- Enfoque sistemático, objetividad e independencia.
- Autorizadas como decisión de la alta dirección, política de la empresa, provisiones de contrato, cliente, regulación o legislación.
- En forma efectiva y consistente para que sus conclusiones sean viables.
- Bajo técnicas y métodos de auditoría que aseguren que la evidencia y hallazgos de auditoría sean relevantes, dignos de confianza y suficientes.
- Administradas y realizadas por personal competente en la tarea.

En principio todo procesos de auditoría considera de dos partes:

- a) El cumplimiento del sistema contra lo mínimo establecido

<sup>1</sup> PROYECTO DE NORMA NMX-SSA-004-1998-IMNC (ISO 1411 : 1996). "Directrices para la Auditoría Ambiental - Procedimientos de Auditorías - Parte 1: Auditoría de los Sistemas de Administración Ambiental". pp. 1-20.

- b) Los avances del sistema para alcanzar un cumplimiento mas allá del mismo (mejora)

## II. PROCESO DE AUDITORIA

Los pasos que debe considerar una auditoría son:

- Definir el alcance de la auditoría
- Preparar un programa de auditoría
- Designar a las personas responsables de realizar la auditoría
- Notificar a quien será auditado
- Identificar, obtener y revisar toda la documentación relacionada con la auditoría
- Programar tiempos de la auditoría
- Documentar los hallazgos
- Mantener confidencialidad
- Elaborar el reporte de la auditoría

Y dentro del proceso de auditoría se revisa:

- Estructura organizacional
- Responsabilidades
- Prácticas
- Procedimientos
- Procesos
- Recursos
- Cumplimiento normativo

## III. IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

### 1. Fase de planeación

- Clientes del sistema
- Esquema organizacional del generador
- Responsabilidades de los involucrados en el sistema
- Cumplimiento o regulaciones oficiales e internas
- Procedimientos escritos
- Registros existentes

- Interrelación con otros departamentos
- Programa de capacitación
- Recursos existentes

## 2. Fase de ejecución (hacer)

- Revisión de actividades
- Si existe la práctica pero no está documentada
- Si existen documentos pero no se llevan a la práctica o se aplican inconsistentemente
- Si no existen documentos en la práctica
- Si no existen documentos pero sí mecanismos y disposiciones y con ésto es suficiente

## 3. Procedimiento de Verificación

- Identificación de contradicciones o inconsistencias
- No conformidades
- Elementos de acuerdo al modelo del sistema que requieren reforzamiento
- Tendencias de desempeño respecto a objetivos e indicadores
- Cumplimiento de metas

## IV. FUNCIONES, RESPONSABILIDADES Y ACTIVIDADES

### (a) Auditor líder

Es el responsable para asegurar la conducta eficiente y efectiva y cumplimiento de la auditoría dentro del alcance y plan aprobado por la planta.

Sus responsabilidades y actividades cubren:

- Definir el alcance de la auditoría junto con el responsable de la planta
- Recopilación de información de antecedentes de otras auditorías previas
- Conformar el grupo auditor
- Preparar el plan de auditoría
- Coordinación de trabajos de auditoría
- Notificación al auditado de los hallazgos
- Representa al grupo auditor en discusiones con el auditado buscando resolver cualquier problema que se origine.

### (b) Grupo auditor

Los miembros del grupo auditor deben ser seleccionados por el auditor líder, él cual debe asegurarse que aquellos posean la experiencia y competencia necesaria para llevar a cabo la auditoría.

Con sus responsabilidades y actividades cubren:

- Seguir indicaciones y asistir al auditor líder
- Planear y llevar a cabo las tareas asignadas en el plan de auditoría
- Reunir y analizar la suficiente evidencia para determinar los hallazgos
- Documentar los hallazgos
- Participar en la redacción del reporte

**(c) Auditado**

Al igual que el auditor líder y el grupo auditor, el auditado también tiene responsabilidades y actividades las cuales son:

- Informar a los empleados acerca de los objetivos y alcances de la auditoría
- Proveer las facilidades necesarias al grupo auditor buscando que la auditoría resulte efectiva y eficiente
- Identificar a los miembros o acompañantes del grupo auditor, que serán las personas responsables y competentes que fungirán como guías.
- Proveer el acceso al personal, registros e información relevante que requiera el grupo auditor
- Cooperar con el grupo auditor para permitir que los objetivos de la auditoría sean alcanzados.

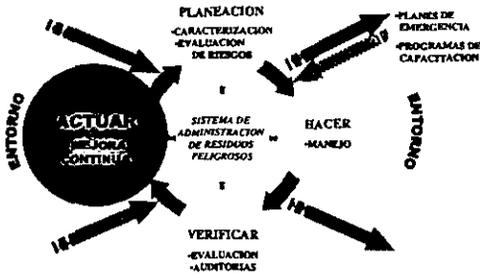
En el ANEXO III se incluye la información que debe tener la planta al momento de realizar una auditoría y los registros de las actividades relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos.

# **CAPITULO 7**

***ETAPA DE ACTUACIÓN:***

**Mejora continua**

# CAPITULO 7



## ETAPA DE ACTUACION:

### *Mejora continua*

La mejora continua se traduce en un cambio que debe mejorar el desempeño en todos los aspectos, por ejemplo avanzar en el desempeño ecológico.

La mejora continua en contraste con el enfoque tradicional de "no hay que hacer nada hasta que se rompa", busca alternativas, estrategias innovadoras para la introducción de nuevos productos, tecnologías de procesos, nuevos procesos y prácticas administrativas.<sup>1</sup>

La mejora continua viene de la necesidad de proporcionar mayor valor y satisfacción a los clientes, así cada miembro involucrado en el sistema debe enfatizar en estrategias innovadoras de procesos, prácticas y procedimientos, de mayor eficacia y eficiencia para evitar generar residuos peligrosos y consumo innecesario de recursos.

El aumento de la eficacia y eficiencia beneficiará a todos los elementos involucrados en el sistema, (ejemplo: empresa, clientes). La mejora continua del sistema aumentará la capacidad de la empresa de competir y las oportunidades de los miembros de contribuir, crecer y superarse.<sup>2</sup>

Los esfuerzos para la mejora continua del sistema deberán ser dirigidos hacia la búsqueda constante de oportunidades de mejora, en lugar de que un problema deje ver

<sup>1</sup> SCHERKENBACH, WILLIAM W., "La Ruta Deming Hacia la Mejora Continua", CECSA, México, 1995. p. 45

<sup>2</sup> SHIBA, SHOJI, ET. AL., "Introduction to Hoshing Management", Employee Involvement Special Issue, Center for Quality of Management Journal, Vol. 4, No 3, Fall 1995. p. 23.

las oportunidades. Esto se logrará mediante acciones preventivas que permitan eliminar acciones no deseables y evitar su ocurrencia.

## **I. ELEMENTOS PARA LA MEJORA CONTINUA**

La mejora continua del sistema de administración de los residuos peligrosos para la industria química requiere de los siguientes puntos:

### **(a) Responsabilidad y liderazgo de la dirección.**

Para crear una mejora continua del sistema se requiere un compromiso de los niveles más altos de la administración. Los directivos deben conducir con liderazgo, comunicar los propósitos y metas, fomentar un entorno de comunicación abierta, el trabajo en equipo, el respeto al individuo, mejorar sus propios procesos y promover la mejora de todos los procesos del sistema.

### **(b) Valores, actitudes y conductas.**

Para la mejora continua del sistema requiere que se establezca un conjunto de valores compartidos, actitudes y conductas cuya meta sea satisfacer las necesidades del cliente.

En este punto se requiere que la alta dirección demuestre su compromiso y liderazgo. Así mismo de establecerse comunicación abierta con acceso a la información y datos de todas las actividades y procesos del sistema, para que su análisis permita tomar decisiones.

Se debe enfatizar en la mejora del sistema ya sea mediante trabajo individual o en equipo, para lo cual se requiere promover la participación y el respecto a los individuos.

Por otro lado debe involucrarse a toda la cadena de suministro desde los proveedores hasta los clientes.

### **(c) Metas de la mejora del sistema.**

Las metas de mejora deben establecerse en cada una de las actividades del sistema. Las metas deben ser claras, precisas y desafiantes pero sobre todo alcanzables y que su avance pueda ser medido.

Deben estar integradas con las metas comerciales y de otros sistemas de administración. Se requiere que las metas sean revisadas regularmente, de tal manera que reflejen las expectativas del sistema.

### **(d) Comunicación y trabajo en equipo.**

La comunicación y el trabajo en equipo eliminan barreras organizacionales y personales que interfieren en la eficacia, eficiencia y la mejora continua del sistema.

La comunicación y el trabajo en equipo no solo debe promoverse en planta, también debe extenderse a los clientes y proveedores.

*"La competencia interna debe evitarse al máximo en cualquiera de las etapas del sistema"*<sup>3</sup>.

#### (e) Reconocimiento.

Enfatizar en el desarrollo y crecimiento del personal que forma parte del sistema, considerando los factores que influyen en desempeño del trabajo del individuo (ejemplo: organización, ambiente laboral) a través del reconocimiento.

El reconocimiento fomenta acciones consistentes con los valores y actitudes para el mejoramiento del sistema.

El reconocimiento fomenta la retroalimentación la cual es un insumo muy importante para las acciones de mejora.

#### (f) Educación y capacitación.

La educación y la capacitación son esenciales en todas las etapas del sistema. De hecho la educación y capacitación al personal también deberían ser procesos que requieren ser constantemente mejorados.

La educación y la capacitación requieren de programas en los cuales se incluyan todos los niveles involucrados en el sistema.

Los programas de educación y capacitación deberían ser revisados para que tengan consistencia con los principios y prácticas del sistema.

## II. METODOLOGÍA PARA EL MEJORAMIENTO CONTINUO DEL SISTEMA

### 1. Involucramiento de toda la organización

Todos los miembros y niveles de participación deberían adoptar la filosofía de la mejora continua en las actividades y proyectos del sistema

### 2. Inicio de actividades y proyectos

La necesidad, alcance e importancia de un proyecto o actividad para el mejoramiento del sistema deberían estar claramente definidos y demostrados.

Un proyecto o una actividad deberían ser asignado a una persona o un equipo para ello se requiere establecer un programa y asignación de los recursos.

<sup>3</sup> Price, Frank, *"Calidad Permanente: Usando el Método Deming"*, Panorama, México, 1990. p. 67

### **3. Investigación de posibles causas**

Entendimiento del problema a solucionar mediante la colección y validación de datos. La colección de datos se lleva mediante la retroalimentación del sistema o bien mediante los clientes que forman parte del sistema.

### **4. Investigación de posibles efectos**

Análisis de los datos de la etapa anterior para obtener una idea general de la naturaleza de los elementos del sistema.

### **5. Establecimiento de la relación causa efecto.**

Formulación de las posibles relaciones causa / efecto

### **6. Toma de acciones correctivas o preventivas**

Una vez establecidas las relaciones causa y efecto, deberían ser elaboradas y evaluadas propuestas alternativas para las acciones preventivas o correctivas que serán dirigidas a las causas.

Los miembros que forman parte del sistema deberían participar en la instrumentación de acciones evaluando las ventajas y desventajas de cada propuesta.

### **7. Confirmamiento del mejoramiento**

Instrumentadas las acciones preventivas y correctivas, se requiere analizar los datos para confirmar que se ha establecido un mejoramiento.

Si después de realizar las acciones correctivas, continúan presentándose resultados indeseables, será necesario redefinir el proyecto o actividad para el mejoramiento del sistema regresando a la etapa inicial.

### **8. Continuando el mejoramiento**

Si el mejoramiento del sistema es el deseado, se deberían seleccionar e implantar nuevos proyectos o actividades para su mejoramiento. Un proyecto o actividad para el mejoramiento del sistema puede repetirse en base a nuevos objetivos.

## **III. HERRAMIENTAS Y TECNICAS DE SOPORTE PARA LA MEJORA CONTINUA DEL SISTEMA**

Las decisiones basadas en el análisis de situaciones y datos, juegan un papel importante para el mejoramiento del sistema.

El éxito de los proyectos y actividades para el mejoramiento del sistema se incrementa cuando se aplican herramientas y técnicas que han sido desarrolladas para este propósito.

La tabla siguiente muestra algunas de las herramientas y técnicas más comunes para dar apoyo al mejoramiento de la calidad:

**Tabla 7.1.- Herramientas y técnicas para el mejoramiento continuo**

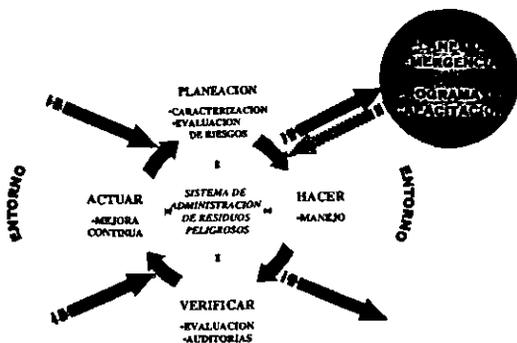
Herramientas y técnicas	Aplicación
Forma de colección de datos	Reunir datos sistemáticamente para obtener una imagen clara de los hechos.
<b>HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS PARA DATOS NO NUMÉRICOS</b>	
Diagrama de afinidad	Organizar en grupos un gran número de ideas, opiniones o asuntos de un tema en particular
Benchmarking	Comparar un proceso contra aquellos de reconocido liderazgo para identificar oportunidades para el mejoramiento continuo.
Tormenta de ideas	Identificar posibles soluciones a problemas y oportunidades para el mejoramiento de la calidad.
Diagrama de causa y efecto	Analizar y comunicar las relaciones del diagrama de causa y efecto. Facilitar la solución de problemas desde los síntomas hasta la solución de las causas.
Diagrama de flujo	Describir un proceso existente. Diseñar un proceso nuevo.
Diagrama de árbol	Mostrar las relaciones entre un tema y sus elementos componentes.
<b>HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS PARA DATOS NUMÉRICOS</b>	
Carta de control	Diagnóstico: para evaluar la estabilidad del proceso. Control: Determinar cuando un proceso necesita ser ajustado y cuando necesita ser dejado como está. Confirmación: Confirmar un mejoramiento a un proceso.
Histograma	Mostrar el patrón de variación de datos. Comunicar visualmente la información acerca del comportamiento del proceso. Tomar decisiones que permitan enfocar los esfuerzos de mejoramiento.
Diagrama de pareto	Mostrar en orden de importancia, la contribución de cada elemento al efecto total. Dar prioridad a las oportunidades de mejoramiento.
Diagrama de dispersión	Descubrir y confirmar la relación entre dos conjuntos asociados de datos. Confirmar anticipadamente la relación entre dos conjuntos asociados de datos.

FUENTE: NMX-CC-006/4: 1996 IMNC, "Administración de la Calidad y Elementos del Sistema de Calidad - Parte 4: Directrices para el mejoramiento de la calidad", México 1993, p. 12/34.

# **CAPITULO 8**

***PLANES DE EMERGENCIA Y  
PROGRAMAS DE  
CAPACITACIÓN***

# CAPITULO 8



## PLANES DE EMERGENCIA Y PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN

Los planes de emergencia y programas de capacitación son un insumo para la implantación del sistema.

### I. PLANES DE EMERGENCIA

Conjuntamente a la evaluación de riesgos, los planes de emergencia son una herramienta que permite manejar las contingencias derivadas de los riesgos asociados al manejo de los residuos peligrosos<sup>1</sup>.

Debe ser un requisito para las industrias que manejen residuos peligrosos el desarrollo de planes de respuesta a emergencia.

Los planes de emergencia deben incluir las notificaciones inmediatas, mitigación y evacuación de las áreas que pudieran ser afectadas por la liberación al ambiente de residuos peligrosos.

En todos los casos será necesario la elaboración de dos planes de emergencia; uno enfocado a las respuestas a emergencias dentro de planta y; otro para fuera de planta, durante el transporte de los residuos peligrosos, ya que se requieren estrategias distintas.

Las provisiones claves que deben incluir los planes de emergencia son:

<sup>1</sup> Federal Emergency Management Agency, "Materials Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning, Attachment C, Hazardous", September 1996. p. AC-10

- Identificación de hospitales y otros recursos médicos que tengan la capacidad de proveer la asistencia médica adecuada.
- Incluir procedimientos para reducir las consecuencias en una liberación de residuos peligrosos.
- Las personas indicadas para el manejo de los residuos deben identificar las acciones que mitiguen, prevengan o abatan el peligro.
- Incluir procedimientos para informar a los empleados y al público de que hacer en caso de una liberación de los residuos peligrosos.

Una vez desarrollados los planes de emergencia es necesario comunicarlos y darlos a conocer al personal de la planta y a las entidades del gobierno responsables de atender emergencias así como a las comunidades cercanas a las fuentes generados de residuos peligrosos para que desarrollen sus propios planes de emergencia basados en la información que les pueda proporcionar la industria<sup>2</sup>.

Los planes de emergencia para los residuos peligrosos deben ser compatibles o integrados dentro de los planes emergencia generales. Los elementos que debe contener un plan de son<sup>3</sup>:

- Roles del personal y líneas de autoridad
- Procedimientos y sistemas de comunicación hacia el interior y exterior
- Planes de pre-emergencia
- Inventarios (equipos e instalaciones de emergencia)
- Evaluación de las áreas de riesgo
- Reconocimiento y prevención de emergencias
- Procedimientos de respuesta a emergencias
- Emergencia médica y primeros auxilios
- Métodos o procedimientos para alertar al personal fuera del área de la emergencia
- Distancias seguras y lugares de control
- Procedimientos de descontaminación
- Rutas y procedimientos de evacuación

Adicionalmente los planes de emergencia deben incluir la capacitación y los simulacros como un elemento importante para conocer los riesgos asociados a los residuos peligrosos y ensayar los planes de emergencia. Deben ser revisados y actualizados con datos y requerimientos de las condiciones, información y reglamentación reciente.

<sup>2</sup> THE NATIONAL INSTITUTE FOR CHEMICAL STUDIES, "Emergency Response Evaluation, Applying RMP to Emergency Planning", 1997. p. 86

<sup>3</sup> EPA; RCRA, SUPERFUND & EPCRA, "Introduction to: Emergency Planning Requirements (EPCRA 301-303; 40 CFR 355.30)", EPA 550-B-98-005, February 1998. p. 233

## II. PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN

La capacitación es un elemento clave para el manejo adecuado de los residuos peligrosos desde su generación hasta sus disposición final y la educación de los clientes (trabajadores, proveedores, comunidades cercanas) acerca de los tipos, cantidades y ubicaciones de los residuos peligrosos a los que pudieran verse expuestos, y sobre los riesgos que dichos materiales representan para la salud humana y el medio ambiente.

Para llevar a cabo una capacitación adecuada del personal involucrado en el manejo de los residuos peligrosos es necesario el desarrollo de programas de capacitación.

Para la elaboración de un programa de capacitación se requiere tomar en consideración el tamaño y giro de la industria, procesos de producción, entre otros, todos ellos alineados con las políticas que la empresa haya considerado para minimizar los riesgos a la salud humana y medio ambiente. Sin embargo para la elaboración de un programa de capacitación en el manejo de los residuos peligrosos se debe considerar:

- La participación de todo el personal involucrado en el sistema a fin de considerar las necesidades que sean detectadas.
- La estructura organizacional (Las líneas de autoridad y los roles)
- La información suficiente para que cada uno de los roles del sistema sean desempeñados adecuadamente.
- La vinculación con el programa de capacitación general de la empresa.
- El tiempo entre una capacitación y otra.
- Los métodos y técnicas de capacitación que serán usados.

Los programas de capacitación deben ser revisados y actualizados con la participación de los empleados involucrados en el manejo de los residuos peligrosos, a fin de detectar prácticas obsoletas y oportunidades de mejora.

En el manejo de los residuos peligrosos un programa de capacitación deberá de incluir los siguientes elementos:

- Marco regulatorio
- Prácticas de trabajo adecuadas, manejo seguro <sup>4</sup>
- Uso del equipo de seguridad adecuado
- Metodología de inspección
- Procedimientos y sistemas de emergencia (respuesta a fuego/explosión/derrames, uso de sistemas de comunicación, sistemas de alarma, equipo de limpieza)
- Procedimientos adecuados en las operaciones de mantenimiento

---

<sup>4</sup> U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, "*Hazardous Waste Operations and Emergency Response*", OSHA 31114, 1997, p. 7.

# **CAPITULO 9**

**COSTOS**

# CAPITULO 9

---

## COSTOS

### I. COSTOS ASOCIADOS

Los costos asociados a los residuos peligrosos no agregan valor a la cadena de suministro por ello se requiere que la industria enfoque sus esfuerzos para aplicar alguna de las técnicas de minimización, en la cual no solo se logra un abatimiento ya sea de volumen o de su peligrosidad sino también en costos. Hay que señalar que dichos costos se incrementan cuando los residuos son llevados a través de las diferentes etapas de la ruta que siguen los residuos peligrosos desde que se generan hasta su disposición final.

Para la minimización de los residuos peligrosos es necesario incorporar la parte económica y financiera que involucra el factor costos. Para seleccionar la técnica de minimización se requiere realizar un análisis que permita evaluar cual es la opción óptima entre costos, efectos al ambiente y a la salud humana y los beneficios a la compañía.

Es necesario analizar si los cambios a efectuar están alineados a las políticas de la empresa o los productos que ofrece, las posibles consecuencias hacia dentro y fuera de la empresa (logística, tiempo de producción y planes de producción), la posibilidad de adoptar las misma técnica de minimización en plantas de características similares, estimación de la inversión requerida, entre otros.

Adicionalmente se requiere el analizar beneficios asociados a la reducción, ejemplo:

- Minimización de costos asociados, multas y penalizaciones por incumplimiento de la normatividad;
- Mejor imagen de la empresa;
- Mejoramiento de la calidad del producto;
- Mejoramiento ambiental;
- Desarrollo de mejoras competitivas;

Los costos asociados en las actividades de manejo de los residuos peligrosos se pueden agrupar en dos grandes categorías

Aquellos que se consideran tangibles:

- *Equipamiento.* Equipo de seguridad, de protección personal, equipamiento del área de almacenamiento, etiquetado y embalajes.
- Sueldos del personal asignado para las actividades de operación y mantenimiento.
- *Capacitación.* Manejo y respuesta a emergencias.
- *Papelería.* Permisos, reportes y registros.
- *Costos establecidos por el marco regulatorio.* Pago de impuestos y permisos.
- Sanciones, multas, aseguramiento de instalaciones, del personal y daños a terceros, potenciales costos de acciones de limpieza y restauración de suelos contaminados.
- *Costos de manejo fuera de planta.* Reciclo, tratamiento, transporte, incineración y disposición.

y aquellos intangibles:

- Agotamiento de los recursos naturales
- Agotamiento de los recursos no renovables
- Reducción de la capa de ozono
- Aumento de los gases de invernadero
- Contaminación de los diferentes medios (agua, suelo, aire)

Los costos totales asociados a los residuos peligrosos son muy variados y dependen de muchos factores (tipo de residuo, cantidad, manejo y tratamiento). La regulación también juega un papel importante en la variación de los costos ya que al establecer parámetros máximos permisibles más estrictos o considerar residuos no listados en las normas involucra el considerar otros factores (por ejemplo, cambiar de tecnologías de tratamiento o adaptarla para alcanzar tales parámetros).

También puede ser factible que los cambios en el marco regulatorio pueden abatir o eliminar los costos cuando se demuestra que algún residuo peligroso puede ser considerado no peligroso o sus parámetros o niveles de control establecidos no afectan al ser humano y pueden ser menos estrictos.

La mayor parte de los costos asociados a los residuos peligrosos son en actividades que se realizan fuera de planta. Los costos de tratamiento no han tenido un crecimiento ascendente en las últimas dos décadas, como se muestra en las variaciones de la tabla 9.1. en la cual se muestran los costos dentro de los Estados Unidos para diferentes años, actividades y tipo de residuo (alta o baja peligrosidad del residuo).

Estas variaciones en costos se deben a la constante innovación en las tecnologías de tratamiento ya sea para su mejora o bien para el desarrollo de alternativas que han demostrado ser mejores (incluyendo el aspecto económico) a las ya existentes.

En el caso de la disposición y transporte, los costos se incrementan año con año, dado que para estas dos actividades los elementos que las constituyen también sufren incrementos año con año.

**Tabla 9.1. Precios comerciales para el manejo de los residuos peligrosos (base 1996, por tonelada métrica, excepto transportación.)**

Actividad de manejo	Tipo de residuos	1981		1987		1993 o 1994	
		Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta
Confinamiento	Recipientes de 55 galones	46	65	80	231	90*	240*
	A granel	72	108	133	227	114*	260*
Incineración	Líquidos	69	309	437	1,111	58**	585**
	Sólidos	514	1,031	1,775	2,813	1,169**	2,104**
	Líquidos con pocas impurezas, alta energía	--	69	444	969	--	--
	Líquidos con alta toxicidad	514	1,031	776	1,426	--	--
Tratamiento químico	Residuos con alta toxicidad	172	1,101	--	--	--	--
	Líquidos inorgánicos	--	--	85	394	--	--
	Sólidos inorgánicos y lodos	--	--	145	1,153	--	--
Recuperación de recursos	Todos los orgánicos	86	344	--	--	--	--
	Orgánicos acuosos	--	--	131	329	--	--
	Orgánicos no acuosos	--	--	125	789	--	--
Inyección a pozo profundo	Residuos aceitosos	21	52	30	164	--	--
	Otros (líquidos tóxicos)	172	344	49	207	--	--
Transportación		0.21 ton / milla		0.29 ton / milla			

\* Para Confinamiento, precios de 1993.

\*\*Para Incineración, precios de 1994

Fuente: Hilary Sigman, "Reforming Hazardous Waste Policy; Essays in Public Policy", HOOVER INSTITUTION, 1996. p. 115.

## II. COSTOS EN MEXICO

En México no se tienen datos de los costos de manejo de los residuos peligrosos, y como se mencionó en el capítulo I un gran número de industrias no manifiestan sus residuos, disponiéndolos de manera ilegal, evitando así los altos costos que ello requiere.

Algunas empresas prefieren registrar a sus residuos peligrosos como subproductos, previa autorización del Instituto Nacional de Ecología, lo cual no solo les evita pagar por su generación, también lo consideran como beneficios tanto económicos como ambientales.

Es difícil obtener datos de los costos que representa la generación, tratamiento, y disposición de los residuos peligrosos. Sin embargo un sondeo en varias empresas del

sector químico que prefirieron manejar rangos para mantener la confidencialidad de los datos aportaron las siguientes cifras:

**Tabla 9.2. Costos de transporte y disposición de los residuos peligrosos en México.**

Actividad de manejo	Tipo de residuos	2000	
		Baja	Alta
Disposición final	En recipiente (tambores de 200 Lt)	200	250
	Por peso (kg)	1.30	1.50
transporte		1 \$/km*ton	

Baja, alta: depende de la peligrosidad y tipo de residuo.

FUENTE: En base a una encuesta realizada a 5 empresas del Sector Químico que generan diferentes tipos de residuos, la clasificación de alta o baja fue en base a los datos que ellos aportaron, considerando baja para residuos que no requieren un manejo espacial y alta para aquellos que para su manejo se requieren medidas de seguridad que incrementan el costo.

Para el tratamiento la variación de los costos es mayor, ya que, también hay que considerar las características de la tecnología que será aplicada.

Para la restauración de suelos contaminados los costos son elevados, de ahí que se enfatice en acciones preventivas para evitar los costos que se requieran en la limpieza de suelos afectado.

**CONCLUSIONES**

**Y**

**RECOMENDACIONES**

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

## CONCLUSIONES

- Las políticas mundiales en materia ambiental cada vez son más estrictas y desarrolladas bajo una óptica de desarrollo sustentable: " El desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades".
- Bajo un esquema de sustentabilidad se fomentan las prácticas de minimización en el origen.
- La minimización de los residuos peligrosos tiene múltiples ventajas entre las cuales se puede citar:
  - Mejor aprovechamiento de recursos naturales
  - Protección del medio ambiente
  - Ahorro de energía
  - Contribuye a la productividad del negocio
  - Ofrece oportunidades de ecoeficiencia
  - Reducción de los riesgos a la salud.
- La ventaja de los sistemas de administración como el que se presenta en este trabajo con respecto a un esquema simplemente de manejo de residuos es que en los primeros no solamente los aspectos de costo y prevención son considerados sino que se establece una plataforma metodológica con la cual las actividades se vuelven sistemáticas y por ende la oportunidad de identificar acciones de mejora contundentes.
- En México la adopción de sistemas de calidad es una práctica que empieza adoptarse voluntariamente por las grandes industrias, más no así por la mediana y pequeña. Esto fundamentalmente por que no está difundida la cultura de calidad ambiental y por otro lado estas industrias no perciben un beneficio en su implantación ya que su enfoque de trabajo es más hacia aspectos de abatimiento de costos de producción y el cumplimiento de los requerimientos legales existentes.

- Los casos reales de los altos costos que tienen que pagar las industrias por el manejo de sus residuos peligrosos o por la restauración de suelos contaminados con dichas sustancias debe ser un elemento catalizador para que aquellas industrias que aún no cuentan con sistemas de administración de calidad y que no consideren la minimización de los residuos peligrosos como una oportunidad de mejora ambiental en sus operaciones.
- Es importante recalcar que el sistema de administración aquí planteado no puede implantarse en forma aislada, debe estar vinculado al sistema de calidad de la empresa o bien si se tuviera, al sistema de administración ambiental. Se requiere necesariamente de la sinergia entre todas las etapas productivas: administración por calidad y administración ambiental para que la obtención de resultados.

## **RECOMENDACIONES PARA MÉXICO**

- Que el gobierno promueva la adopción de sistemas de administración ambiental por parte de la industria a través de incentivos fiscales como ocurría en el pasado cuando se adoptaban buenas prácticas de ingeniería en pro de la mejora del ambiente.
- Que el gobierno a través de sus inspecciones sectoriales refuerce sus esfuerzos para identificar prácticas indeseables de disposición sobretodo en la mediana y pequeña industria.
- Que los industriales se esfuercen en incorporar en sus sistemas de calidad la práctica de la administración de residuos peligrosos buscando la minimización de residuos peligrosos parcial o total a lo largo del ciclo de vida del producto: suministro-transporte-manufactura-comercialización-uso-disposición final.
- Que el gobierno y la industria privada definan acciones que propicien una adecuada administración de los residuos peligrosos en todo el país desde su generación hasta inclusive nuevos y seguros sitios de disposición para los casos necesarios.
- Que el gobierno en comunión con la industria privada mediante concursos nacionales provean de premios al desarrollo de ideas innovadoras orientadas a una adecuada administración de residuos peligrosos en cualquier sector.
- Que el enfoque de la administración de residuos peligrosos se empiece a inculcar en las nuevas generaciones desde la edad escolar y en sus ámbitos familiares.

# **ANEXOS**

# ANEXO I

## NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS (ACTUALIZADA A NOVIEMBRE DEL 2000)

Fecha de publicación	Dependencia	Título
Diario Oficial de la Federación, 27-IX-2000	SCT	Norma Oficial Mexicana NOM-005-SCT/2000, Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 27-IX-2000	SCT	Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT/2000, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 20-IX-2000	SCT	Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT/2000, Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 23-XI-1999	SCT	NOM-EM-011-SCT2/1999, Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales o residuos peligrosos en cantidades limitadas.
Diario Oficial de la Federación, 14-IX-1999	SCT	NOM-028-SCT2/1998, Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.
Diario Oficial de la Federación, 26-II-1999	SCT	NOM-046-SCT2/1998, Características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados.
Diario Oficial de la Federación, 03-II-1999	SCT	NOM-033-SCT4-1996, Lineamientos para el ingreso de mercancías peligrosas a instalaciones portuarias.
Diario Oficial de la Federación, 30-XII-1998	SCT	NOM-028-SCT4-1996, Documentación para mercancías peligrosas y transportadas en embarcaciones: Requisitos y especificaciones.

## NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

Fecha de publicación	Dependencia	Título
Diario Oficial de la Federación, 21-XII-1998	SCT	NOM-025-SCT4-1995, Detección, identificación, prevención y sistemas contraincendio para embarcaciones que transportan hidrocarburos, químicos y petroquímicos de alto riesgo.
Diario Oficial de la Federación, 21-XII-1998	SCT	NOM-027-SCT4-1995, Requisitos que deben cumplir las mercancías peligrosas para su transporte en embarcaciones.
Diario Oficial de la Federación, 15-XII-1998	SCT	NOM-023-SCT4-1995, Condiciones para el manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas en puertos, terminales y unidades mar adentro.
Diario Oficial de la Federación, 14-XII-1998	SCT	NOM-018-SCT4-1995, Especificaciones para el transporte de ácidos y álcalis en embarcaciones especializadas y de carga.
Diario Oficial de la Federación, 14-XII-1998	SCT	NOM-018-SCT4-1995, Especificaciones para el transporte de ácidos y álcalis en embarcaciones especializadas y de carga.
Diario Oficial de la Federación, 07-XII-1998	SCT	NOM-009-SCT4-1994, Terminología y clasificación de mercancías peligrosas.
Diario Oficial de la Federación, 29-V-1998	SCT	NOM-012-SCT4-1994, Lineamientos para la elaboración del plan de contingencias para embarcaciones que transportan mercancías peligrosas.
Diario Oficial de la Federación, 10-XII-1997	SCT	NOM-032-SCT2/1995, Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.
Diario Oficial de la Federación, 21-XI-1997	SCT	NOM-051-SCT2/1995, Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división 6.2 agentes infecciosos.
Diario Oficial de la Federación, 17-XI-1997	SCT	NOM-020-SCT2/1995, Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotankers destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312.
Diario Oficial de la Federación, 30-X-1995	SCT	NOM-002-SCT2/1994, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
Diario Oficial de la Federación, 23-X-1995	SCT	NOM-027-SCT2/1994, Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.

**NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Fecha de publicación	Dependencia	Título
Diario Oficial de la Federación, 23-X-1995	SCT	NOM-043-SCT2/1994, Documentos de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 20-X-1995	SCT	NOM-030-SCT2/1994, Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados refrigerados.
Diario Oficial de la Federación, 16-X-1995	SCT	NOM-024-SCT2/1994, Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 04-X-1995	SCT	NOM-028-SCT2/1994, Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.
Diario Oficial de la Federación, 25-IX-1995	SCT	NOM-010-SCT2/1994, Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 25-IX-1995	SCT	NOM-011-SCT2/1994, Condiciones generales para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos en cantidades limitadas.
Diario Oficial de la Federación, 25-IX-1995	SCT	NOM-019-SCT2/1994, Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 25-IX-1995	SCT	NOM-021-SCT2/1994, Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 25-IX-1995	SCT	NOM-023-SCT2/1994, Información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (RIG) y envases en capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 22-IX-1995	SCT	NOM-025-SCT2/1994, Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

**NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS**

<b>Fecha de publicación</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Título</b>
Diario Oficial de la Federación, 13-IX-1995	SCT	NOM-004-SCT2/1994, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 25-VIII-1995	SCT	NOM-018-SCT2/1994, Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario.
Diario Oficial de la Federación, 25-VIII-1995	SCT	NOM-009-SCT2/1994, Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.
Diario Oficial de la Federación, 23-VIII-1995	SCT	NOM-006-SCT2/1994, Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 21-VIII-1995	SCT	NOM-003-SCT2/1994, Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 18-VIII-1995	SCT	NOM-007-SCT2/1994, Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 24-VII-1995	SCT	NOM-005-SCT2/1994, Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales, y residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 07-XI-1995	SEMARNAP	NOM-087-ECOL-1995, Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.
Diario Oficial de la Federación, 22-X-1993	SEMARNAP	NOM-052-ECOL-1993, Que 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.
Diario Oficial de la Federación, 22-X-1993	SEMARNAP	NOM-053-ECOL-1993, Que 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.

**NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS**

<b>Fecha de publicación</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Título</b>
Diario Oficial de la Federación, 22-X-1993	SEMARNAP	NOM-054-ECOL-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.
Diario Oficial de la Federación, 22-X-1993	SEMARNAP	NOM-055-ECOL-1993, Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.
Diario Oficial de la Federación, 22-X-1993	SEMARNAP	NOM-056-ECOL-1993, Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 22-X-1993	SEMARNAP	NOM-057-ECOL-1993, Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
Diario Oficial de la Federación, 22-X-1993	SEMARNAP	NOM-058-ECOL-1993, Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

# ANEXO II

## TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Tipo	Proceso/operación (tecnología)	Objetivo (1)	Tipo de Residuo (2)	Estado Físico (3)	Desarrollo de la tecnología	Costos relativos
FÍSICOS	Separación y Clasificación	Se	1,2,3 y 4	S	Comercial	Bajo
	Trituración	Rv	1,2,3 y 4	S	Comercial	Bajo
	Espesamiento	Se	1,2,3 y 4	L y Lo	Comercial	Bajo
	Sedimentación/Floculación	Se	1,2,3 y 4	L	Comercial	Bajo
	Filtración	Se y Rv	1,2,3,4 y 5	L y G	Comercial	Bajo
	Centrifugación	Se y Rv	1,2,3,4 y 5	L	Comercial	Bajo
	Flotación	Se	1,2,3 y 4	L	Comercial	Bajo
	Deshidratación	Se y Rv	1,2,3 y 4	L	Comercial	Alto
	Destilación	Se y Rv	1,2,3,4 y 5	L	Comercial	Medio
	Evaporación	Se y Rv	1,2 y 5	L	Comercial	Medio-Alto
	Aeración	Se	1,2,3 y 4	L	Comercial	Bajo-Medio
	Absorción	Se	1,3,4 y 5	L	Comercial	Bajo
	Adsorción	Se	1,3,4 y 5	L	Comercial	Medio
	Ultrafiltración	Se y Rv	1,2,3,4 y 5	L	Comercial	Medio
	Díálisis	Se y Rv	1,2,3,4 y 5	L	Comercial	Medio
	Electrodíálisis	Se y Rv	1,2,3,4 y 5	L	Comercial	Medio
	Osmosis Inversa	Se y Rv	1,2,,4 y 6	L	Comercial	Medio
Cristalización	Se y Rv	1,2,3 y 4	L	Comercial	Medio-Alto	

TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

FÍS.	Encapsulamiento	Ais	1,2,3,4 y 5	L y S	Semicomercial	Medio-Alto
	Fijación	Ais	1,2,3,4 y 5	L y S	Comercial	Medio-Alto
	Extracción con solventes	Se y De	1,2,3 y 4	L	Comercial	Medio
QUÍMICOS	Neutralización	De	1,2,3 y 4	L y S	Comercial	Bajo
	Precipitación	Se y Rv	1,2,3,4 y 5	L	Comercial	Bajo
	Oxidación	De	1,2,3 y 4	L	Semicomercial	Medio-Alto
	Reducción	De	1 y 2	L	Semicomercial	Medio-Alto
	Procesos electroquímicos	Se	2 y 4	L	Semicomercial	Medio-Alto
	Fotólisis	De	1,2,3 y 4	L	Semicomercial	Bajo
	Incineración	De y Rv	3,5,6,7 y 8	L,G,S	Comercial	Alto
	Pirólisis	De y Rv	3 y 4	L y S	Comercial	Alto
	Oxidación Húmeda	De	1,2,3 y 4	L	Comercial	Alto
Intercambio Iónico	Se, De y Rv	1,2,3,4 y 5	L	Comercial	Medio	
BIOLÓGICOS	Digestión Anaerobia	De y Rv	3 y 4	L y Lo	Comercial	Bajo
	Filtros anaerobios	De	3 y 4	L	Comercial	Bajo
	Filtros Biológicos	De	3 y 4	L	Comercial	Bajo
	Lagunas Cercadas	De	3 y 4	L	Comercial	Bajo
	Lagunas de Cristalización	De	3 y 4	L	Comercial	Bajo
	Lodos Activados	De	3 y 4	L	Comercial	Bajo
	Bioteconológicos	De	3 y 4	L y Lo	Semicomercial	Alto
	Tratamiento en Tierra	De	3 y 4	L y Lo	Semicomercial	Medio

## TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Objetivos:	Tipo de Residuos peligroso:	Estado físico:
Se = Separación Rv = Reducción de Volumen De = Destoxificación Ais = Aislamiento	(1) Químicos Inorgánicos sin metales Pesados (2) Químicos Inorgánicos con metales Pesados (3) Químicos orgánicos sin metales Pesados (4) Químicos orgánicos con metales Pesados (5) Radiactivos (6) Biológicos (7) Inflamables (8) Explosivos	S = Sólido L = Líquido G = Gaseoso Lo = Lodos de alta concentración

FUENTES: CHEREMISINOFF, PAUL N, et. al. "*Waste Minimization*", Pollution Engineering, March 1991. pp. 70-71

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, "*Treatment technology Background Document*", " January 1991. pp. xi-xvi

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

# ANEXO III

---

## INFORMACIÓN Y REGISTROS QUE DEBE TENER LA PLANTA COMO HERRAMIENTAS PARA LA ADECUADA ADMINISTRACIÓN

La información que debe contar una planta química para realizar una auditoría en materia de residuos peligrosos y confirmar que se cuenta con todos los procedimientos e instrucciones en los lugares de las actividades y que el personal éste consiente de ello se lista a continuación.

Por otro lado los registros deben contener todas las actividades involucradas en el manejo de los residuos peligrosos, también deben contener todas las regulaciones aplicables a las actividades.

Lista de documentos y registros para la realización de la auditoría:

### i. Generales

- Políticas de la empresa para la reducción de residuos peligrosos
- Procedimientos que aplican a la reducción de residuos peligrosos
- Organigrama de las personas relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos

### ii. Materia prima/productos

- Composición de la materia prima y materiales de insumo
- Composición del producto
- MSDS de insumos y productos peligrosos
- Inventario de materiales y productos peligrosos
- Bitácoras de los operadores
- Procedimientos de operación

### iii. Proceso

- Diagrama de flujo de los procesos de producción

- Balance de materia y energía para los procesos de producción y para los tratamientos de residuos peligrosos
- Manuales y descripciones de los procesos de producción
- Descripción general de las instalaciones
- Especificaciones de las instalaciones y hojas de datos
- Planos de localización general de sitios (PLG)
- Trazado de instalaciones y logística

#### iv. Características de las áreas almacenamiento al temporal

- Medidas de seguridad de acuerdo a la norma correspondiente
- Materiales de construcción del área de almacenamiento de acuerdo a la norma correspondiente

#### v. Controles de Almacenaje

- Registro como empresa generadora de residuos peligrosos
- Bitácora de operaciones, donde se registre la procedencia de los residuos, cantidad y características del mismo
- Bitácora mensual sobre la generación de residuos
- Tasa de generación por área de la planta
- Caracterización de los residuos (Caracterización CRETIB)
- Manejo de los residuos de acuerdo a las normas
- Requisitos para almacenamiento temporal
- Requisitos para almacenamiento temporal (áreas abiertas)
- Bitácoras de registro de entrada y salida de almacenamiento
- Reporte mensual de residuos mandados a confinamiento
- Reportes de inspección
- Tiempo de residencia en el almacén
- Etiquetado de contenedores
- Croquis de localización por peligrosidad e incompatibilidad
- Original de manifiestos y pruebas de análisis de cada residuo
- Informe semestral enviado a la SEMARNAP sobre movimientos de los residuos peligrosos durante el periodo señalado

#### vi. Requerimientos de embarque

- Descripción de los procedimientos de salida de los residuos peligrosos de las áreas de almacenamiento
- Actas de entrega y recepción de la compañía transportista
- Registro de empresas transportistas acreditadas por el gobierno para el transporte de materiales y residuos peligrosos.

- Contratos por servicios de empresas externas (autorizadas por SEMARNAP, SCT) por manejo de residuos peligrosos
- Formatos de manifiesto para el transporte de Residuos Peligrosos

**vii. Requerimientos de disposición e incineración**

- Registro de empresas acreditadas por el gobierno para el manejo y disposición
- Constancias de distribución en caso de que se hayan enviado a incineración.

**viii. Información ambiental**

- Registro de derrames
- Reporte de las auditorías ambientales

**ix. Capacitación**

- Programa de entrenamiento al personal
- Procedimientos con descripción de los trabajos
- Documentación de la capacitación a los empleados
- Actualización de los programas de capacitación

# **BIBLIOGRAFÍA**

# BIBLIOGRAFÍA

---

1. ABC ASSOCIATES INC., *"Manual de Introducción a la Gerencia para la Calidad Ambiental Total"*, 1994.
2. BEJARANO GONZÁLEZ, FERNANDO, *"Los Residuos Peligrosos"*, Unión de Grupos Ambientalistas, México 1998.
3. BHATTACHARYYA. D./ WILLIAMS, M.E. *"Separation of Hazardous Organics by Low Pressure Reverse Osmosis Membranes-Phase II"*, Final Report, EPA, EPA/600/S2-91/045, 1992.
4. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES, *"Riesgos químicos"*, Fascículo 6, 2ª. ed., México, 1998.
5. CERIDE, *"Investigación Hoy, Residuos Peligrosos: La experiencia de México"*, No. 53, México, 1999.
6. CLYDE J, DIAL, *"Hazardous Waste Management"* Mexico, September 1993.
7. COLUNGA DÁVILA, CARLOS, *"Modelos Administrativos: Ventajas y Limitaciones de las Técnicas y los Modelos Administrativos más Importantes del Mundo"*, Editorial Panorama, México, 1995.
8. COMMISSIONED BY THE EUROPEAN COMMISSION, DG XI, *"Waste Prevention and Minimisation, Final Report"*, Julio de 1999.
9. CORTINAS DE NAVA, CRISTINA/SYLVA VEGA GLEASON, Serie Monográfica No. 3, *"Residuos Peligrosos en el Mundo y México"*, Sedesol/INE, 1993
10. CHEREMISINOFF PAUL N, ET. AL., *"Waste Minimization"*, Pollution Engineering, March 1991.
11. DEMING, W. Edward, *"Out of the Crisis"*. MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.
12. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, *"Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/1993, Que 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"*, 22 de Octubre de 1993, pp. 2 (tercera sección).

13. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, "**Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL/1993, Que 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**", 22 de Octubre de 1993, pp. 31 (tercera sección).
14. Environmental Protection Agency (EPA), "**Incineration of Hazardous Waste**", Fact Sheet, EPA, Office of Solid Waste, Washington, DC, EPA/530-SW-88-018, 1987.
15. EPA, "**Innovative Treatment Technologies: Annual Status Report**", Sixth Edition, September 1994.
16. EPA, "**Mobile/Transportable Incineration Treatment**", Engineering Bulletin, EPA, OERR and ORD, Washington, DC, EPA/540/2-90/014, 1990.
17. EPA, Engineering Bulletin, "**Granular Activated Carbon Treatment**", OERR, Washington, DC, EPA/540/2-91/024, 1991.
18. EPA, Environmental Resource Center, "**Handbook for the Management of Hazardous Waste**", 1993. p.
19. EPA, Membrane Technology and Research, Inc. — Volatile Organic, "**Compound Removal from Air Streams by Membrane Separations**", EPA RREL, Emergency Technology Bulletin, EPA/540/F-94/503, 1994.
20. EPA, Office of Solid Waste, "**Treatment Technology Background Document**", January 1991.
21. EPA, *SBP Technologies*, Demonstration Bulletin, 1992.— "**Membrane Filtration**" RREL, EPA/540/MR-92/014; and "**Applications Analysis**", EPA/540/AR-92/014, 1992.
22. EPA, Solid Waste and Emergency Response, "**Recycling Means Business**", September 1995.
23. EPA, Technology Profiles, "**Superfund Innovative Technology Evaluation Program**", Eighth Edition, October 1995.
24. EPA; RCRA, SUPERFUND & EPCRA, "**Introduction to: Emergency Planning Requirements (EPCRA 301-303; 40 CFR 355.30)**", EPA 550-B-98-005, February 1998.
25. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY, "**Materials Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning; Attachment C, Hazardous**", September 1996.
26. FÉLIX L. PÉREZ V., "**Lo que usted debe saber sobre el Askarel sus características y peligrosidad**", Coordinador de la Alianza Internacional Ecologista del Bravo/México, Ciudad Juárez, Chih., febrero de 1999.
27. GABOR; ANDREA, "**Deming El hombre que descubrió la Calidad**", Ed. Granica, Buenos Aires, 1990.
28. GREGORY, MICHAEL, "**Acceso público a la información sobre Medio Ambiente en la Frontera México-Estadounidense**", Presentado en la Segunda

- Conferencia Anual Binacional del West Texas Regional Poison Center sobre Aspectos de Toxicología y Salud Ambiental, September 1996.
29. GRIFFIN, ROGER D. *"Principles of Hazardous Material Management"*, Lewis Publishers, 1988.
  30. HAWKSLEY, J. L., *"Risk Assessment and Project Development: Considerations for the Chemical Industry"*, The Safety Practitioner, October 1987
  31. HIGGINS, LINDLEY R., *"Maintenance Engineering Handbook: Section 3, Chapter 2; The Horizon of Maintenance Management"*, fifth edition, McGraw Hill, 1995
  32. HILARY SIGMAN, *"Reforming Hazardous Waste Policy; Essays in Public Policy"*, HOOVER INSTITUTION, 1996.
  33. KLETZ, TREVOR A. *"Friendly Plants"*, Chemical Engineering Process, July 1989.
  34. KLETZ, TREVOR A. *"Inherently Safer Plants: An Update"*, Operations Progress, Vol. 10, No. 2, April 1991.
  35. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA(INE), *"Promoción de la Minimización y Manejo Integral de los Residuos Peligrosos"*, México, 1999.
  36. INE-SEMARNAP, *"Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000"*.
  37. ISHIKAWA, KAORU, *What Is Total Quality Control*, Prentice-Hall, 1985.
  38. J. DAVID / Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, *"Marco Jurídico Administrativo para la Restauración de Suelos"*, Mayo 1998,
  39. JAPCA, *"Treatment Technologies for Hazardous Waste"*, January-August 1986.
  40. KUMMER, KATHARINA, *"The international Regulation of Transportation Traffic in Hazardous Waste: The 1989 Basel Convention, International and Comparative Law Quarterly"*, 1992.
  41. MUGICA ÁLVAREZ, VIOLETA / FIGUEROA LARA, JESÚS, *"Contaminación Ambiental: causas y consecuencias"* UAM, 1996.
  42. MUÑOZ MEZA, JUAN M. *"Procedimiento PROFEPA para Restauración de Suelos contaminados"*, 1er. Curso de Restauración de Suelos Contaminados, México, Marzo del 2000.
  43. OCDE (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), *"Environmental Indicador"*, Paris, 1994.
  44. Oficina Internacional del Trabajo, *"Prevención de Accidentes Mayores"*, Ginebra, 1991.
  45. PRICE, FRANK, *"Calidad Permanente: Usando el Método Deming"*, Panorama, México, 1990.
  46. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, INDUSTRIA Y MEDIO AMBIENTE, *"Producción más limpia. Un Paquete de Recursos de Capacitación"*, Febrero de 1999.

47. PROYECTO DE NORMA NMX-SSA-004-1998-IMNC (ISO 1411 : 1996), *"Directrices para la Auditoría Ambiental - Procedimientos de Auditorías - Parte 1: Auditoría de los Sistemas de Administración Ambiental"*.
48. QUADRI DE LA TORRE, GABRIEL, *"Reformas en la legislación ambiental: Alcances y significados"*, Gaceta Ecológica, ine-semarnap, México, Otoño de 1996.
49. RANDALL, PAUL M., *"Engineers' Guide to Cleaner Production Technologies"*, Technomic Pub Co, August 1996.
50. REED, CYRUS H., et. al., *"La Incineración de Residuos Peligrosos en Hornos Cementeros en México: La Controversia y los Hechos"*, Texas Center for Policy Studies, Tercera edición, Agosto de 1998.
51. RODRIGUERA, JORGE D. *"Situación Legal y Ambiental de los Suelos Contaminados en México"*, 1er. Curso de Restauración de Suelos Contaminados, México, Marzo del 2000.
52. RODRÍGUEZ VALENCIA, JOAQUÍN, *"Introducción a la Administración con Enfoque de Sistemas"*, 3era. Ed. ECAFSA, México, 1998.
53. SAVAL, SUSANA / LESSER, JUAN M., *"Identificación de Hidrocarburos Derramados al Subsuelo y Estudio de Riesgo en una Instalación Industrial"*, Curso Restauración de suelos contaminados, México, Marzo del 2000.
54. SCHERKENBACH, WILLIAM W., *"La Ruta Deming Hacia la Mejora Continua"*, CECSA, México, 1995.
55. SCHWINKENDORF, W. E. / MUSGRAVE, B. C./ DRAKE, R. N., *"Evaluation of Alternative Nonflame Technologies for Destruction of Hazardous Organic Waste"*, INEL/EXT-97-00123, April 1997.
56. SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *"Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos"*, Mayo de 1993.
57. SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, *"Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente"*, 13 de Diciembre de 1996.
58. SHIBA, SHOJI, et. al., *"Introduction to Hoshing Management"*, Employee Involvement Special Issue, Center for Quality of Management Journal, Vol. 4, No 3, Fall 1995.
59. THE NATIONAL INSTITUTE FOR CHEMICAL STUDIES, *"Emergency Response Evaluation, Applying RMP to Emergency Planning"*, 1997.
60. U.S. DEPARTMENT OF LABOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, *"Hazardous Waste Operations and Emergency Response"*, OSHA 31114, 1997.
61. UNEP, *"Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su eliminación"*, 1999.
62. WALTON, MARY, *"Como Administrar con el Método Deming"*, Capitulo 20, Haciéndolo con Datos, Editorial Norma, 1992.