

00524  
A-5



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**"INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN  
MATERIALES, PROGRAMA DE GESTIÓN  
AMBIENTAL Y SEGURIDAD"**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**QUÍMICA FARMACÉUTICO BIOLÓGICA**

**PRESENTA:**  
**MARÍA ISABEL ARCE CAMACHO**



**México, D.F.**



**2003**

**EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUÍMICA**

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:**

PROF. ATONATIU EDMUNDO GÓMEZ MARTÍNEZ

**VOCAL:**

PROFRA. IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

**SECRETARIO:**

PROFRA. MARÍA DEL SOCORRO ALPIZAR RAMOS

**1 er. SUPLENTE:**

PROF. JOSÉ JESÚS ALVARADO PÉREZ

**2 do. SUPLENTE:**

PROF. JOSÉ SABINO SÁMANO CASTILLO

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Instituto de Investigaciones en Materiales.  
Universidad Nacional Autónoma de México.



---

Q. Irma Cruz Gavilán García  
**ASESORA DEL TEMA**



---

Ing. José de Jesús Camacho Sabalza  
**SUPERVISOR TÉCNICO**



---

María Isabel Arce Camacho.  
**SUSTENTANTE**

B

*DEDICATORIAS*

*A MI MADRE*

*ELIA CAMACHO ALCONEDO*

*A MIS HERMANOS*

*SOCORRO ARCE CAMACHO*

*JOSÉ ANTONIO ARCE CAMACHO*

*LUIS ERNESTO ARCE CAMACHO*

*A MI SOBRINA*

*JULIANA SARAHÍ CASTELLÓN ARCE*

*A MI AMIGA*

*ANGELA MÓN LÓPEZ*

## **AGRADECIMIENTOS**

### **GRACIAS A DIOS,**

Porque cuando creí llegar al límite de mis fuerzas, me cobijé en su regazo, comprendí que si había penas en mi camino, iba por la senda correcta, y hoy, aquellas oraciones que elevé al cielo han regresado convertidas en bendiciones.

### **A LA FACULTAD DE QUÍMICA,**

Quien me abrió la puerta para el comienzo de un propósito, forjarme un destino y alcanzar una meta.

### **AL PSICÓLOGO ROBERT JOHNSON BONDY (BOB)**

A quien no sólo debo a su valioso apoyo moral, a usted mi más profundo respeto, admiración y gratitud por enseñarme que la oportunidad de triunfar no llega a los que esperan, sino a los que buscan.

### **A LA Q. IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA,**

Por haberme brindado su confianza, su tiempo y sus sabios consejos para la elaboración de ésta tesis. Su guía me ha servido para comprender que la conquista de nuestros logros es producto de trabajo constante y responsabilidad absoluta.

### **AL ING. JOSÉ DE JESÚS CAMACIO SÁBALA,**

Gracias por haberme dado la oportunidad de ejercer como tesisista bajo su supervisión técnica. Su experiencia compartida me permitió comprender que aquellas personas de gran corazón producen grandes hechos. Usted sabiamente me ayudó a levantar mi carga, pero no a llevarla, para que yo finalmente entendiera que, cuando la vida da facultades, también da responsabilidades.

### **A LA PROFA. MA. DEL SOCORRO ALPIZAR RAMOS Y AL PROFE. EDUARDO GÓMEZ MARTÍNEZ,**

Gracias por los comentarios tan acertados para la realización y buen término de ésta tesis. gracias por su apoyo en todo momento y circunstancia, gracias por transmitirme su conocimiento con la finalidad de que yo continúe con mi crecimiento y desarrollo profesional.

### **AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES,**

Por abrirme sus puertas al camino del éxito. Ahora todo depende de mí, la experiencia que en él he adquirido, me ha enseñado el entusiasmo de crecer aún más como profesionista, al darme la oportunidad de planear mi trabajo y alcanzar exitosamente las metas.

### **A LA Q.F.B. MA. ADRIANA ÁLVAREZ LÓPEZ, A LA ING. SARA SUÁREZ TORRES**

### **Y AL ABOG. OSCAR REYES GALVÁN,**

Por su valiosa colaboración para la conclusión de ésta tesis. A ustedes amigos, quienes me demostraron en todo momento su apoyo incondicional.

### **A LA PROFA. HONORIA FUENTES SIXTOS,**

Por su inapreciable ayuda en los momentos más difíciles de la conclusión de mis estudios

### **A MI MADRE ELIA CAMACIO,**

Para quien no hay palabras suficientes para decir GRACIAS por darme la vida; tu amor, tu dedicación y tu apoyo en todo momento.

### **A MI HERMANA SOCORRO ARCE.**

"GRACIAS". Por todo el apoyo brindado en todos los momentos más difíciles

D

*A MIS HERMANOS JOSÉ ANTONIO Y LUÍS ERNESTO.*

Por estar siempre conmigo, cuando más los he necesitado, porque hemos vencido juntos todas las adversidades que se nos han presentado.

*A MI SOBRINA TULI.*

Porqué cada día sigas superándote más

*A LA Q. EVA F. CETA RAZO GÓMEZ.*

Es infinitamente hermoso y confortante el saber que se cuenta con una amistad en aquellos momentos en que el dolor y el sufrimiento se apoderan de ti y te apartan de tus objetivos. La vida me ha premiado con un bello y maravilloso regalo: el haberte conocido.

*A LA SRA. ANGELA MON LÓPEZ.*

Cuando llegué a pensar que en el mundo no existían personas de alma generosa y de corazón desinteresado, llegaste tú para demostrarme lo equivoco de mi pensamiento. El día de hoy, comprendo que a mayor optimismo, mayores posibilidades de triunfo. Yo necesitaba saber que la vida está llena de grandes virtudes y sólo alcanza el triunfo todo aquél que aprende a vencer las adversidades que se le presentan en la construcción de su propio destino: eso lo aprendí de ti.

*A LA Q. F. B. ELIZABETH LÓPEZ.*

La amistad que en todo momento me has demostrado, es digna de confianza, siempre has estado a mi lado, y puedes tener la seguridad de que, de igual manera, puedes contar con mi apoyo incondicional.

*A LA Q. F. B. YOLANDA REINA BELTRÁN.*

Gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles, por escuchar y darme la mano cuando más lo he necesitado.

*A LA BIOLOGA ANDREA ZAMORA SILVA.*

Un gracias no bastaría para decirte que tu apoyo y amistad fueron realmente una infinita ayuda para la realización final de éste trabajo y para saber que las obras majestuosas nacieron de pequeñas ilusiones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ÍNDICE

	PÁGINA
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
I. Antecedentes	1
I.1 Introducción	2
I.2 Objetivos	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO REGULATORIO</b>	<b>6</b>
II. Desarrollo sustentable	6
II.1.1 Daño	7
II.1.2 Peligro y riesgo	7
II.1.3 Prevención y reducción de riesgos	8
II.1.4 Minimización	8
II.2 Definiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico	9
II.2.1 Definiciones del Reglamento en materia de residuos peligrosos	10
II.3 Marco legal en materia de residuos peligrosos	11
II.3.1 Ley general del Equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA)	11
II.3.2 Reglamento de la (LGEEPA) en materia de residuos peligrosos	11
II.3.3 Normatividad en materia de residuos peligrosos	17
II.4 Formatos para la gestión y manejo de residuos peligrosos	18
II.5 Legislación de otras dependencias en materia de residuos peligrosos	18
II.5.1 Secretaría del Trabajo y Prevención Social	18
II.5.2 Secretaría de Comunicaciones y Transporte	19
II.5.3 Ley Ambiental del Distrito Federal	19
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	<b>20</b>
III.1 Sistema de Administración	20
III.2 Ciclo Planeación-Hacer-Replanteamiento	20
III.3 Filosofía de Deming	22
III.3.1 Los catorce puntos de Deming	22
III.3.2 Las siete enfermedades mortales de Deming	23
III.3.3 Principios de un sistema de administración aplicando la Filosofía de Deming	24
III.4 Sistema de Administración de los residuos para un laboratorio de investigación	26
<b>CAPÍTULO IV: GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN INSTITUCIONES</b>	<b>28</b>
IV.1 Instituciones educativas	29
IV.1.1 Laboratorios de Instituciones de educación superior	29
IV.2 El problema de los residuos acumulados en los laboratorios de las instituciones educativas	30
IV.3 Tratamiento en conjunto	31
IV.4 Combinación de dos estilos	32
<b>CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES</b>	<b>34</b>
Figura V.1 Organización del Instituto de Investigaciones en Materiales	38
Figura V.2 Distribución de los laboratorios dentro del Instituto de Investigaciones en Materiales	39

f

<b>CAPÍTULO VI: METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD</b>	<b>40</b>
VI.1 Planeación; definición de objetivos y metas	41
VI.2 Hacer; implementar lo planeado	47
VI.3 Verificar; evaluar implementación	59
VI.4 Replanteamiento; mejora continua	61
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>65</b>



## CAPÍTULO I ANTECEDENTES

Cuando se quieren realizar actividades concretas para resolver el problema de la contaminación, se encuentra uno que hay muy pocas personas preparadas para señalar las acciones a realizar y además llevarlas a cabo.

El manejo apropiado de los residuos químicos es un problema que debe enfrentar la empresa química no sólo a escala industrial sino también las universidades y centros de investigación, para hacer frente a los requerimientos de la autoridad y de la sociedad en general.

Es evidente que la cantidad de residuos que maneja la industria hace la diferencia con la diversidad que se generan en el laboratorio. Sin embargo, existe similitud en el tipo de tratamiento químico y puesto que todas las soluciones a escala industrial pasan por ensayos hechos en el laboratorio, es útil realizar algunas consideraciones sobre el manejo de los residuos que se producen en éstos.

Debido a que se trabaja en pequeña escala la cantidad de residuos producidos es muy poca, se podría pensar que desecharlos al ambiente no causa gran contaminación; sin embargo, el número de residuos que se genera es muy elevado y de una gran variedad, algunos de ellos muy peligrosos, lo anterior se puede ver como una gran oportunidad para brindarles a los estudiantes los conocimientos acerca de la optimización de procesos, minimización de residuos, cambio de procesos actuales a nuevos procesos no contaminantes (procesos limpios), reciclado de residuos, reciclamiento de residuos, conversión de residuos tóxicos a inocuos, tratamiento adecuado de residuos tóxicos (estabilización y acondicionamiento) y finalmente, cuando no sean posibles los procedimientos anteriores, efectuar la disposición final de los residuos peligrosos, transportándolos a un incinerador o a un confinamiento autorizado.

Estos conocimientos generarán en los jóvenes estudiantes una conciencia ecológica, la cual llevarán consigo cuando ejerzan su profesión al terminar sus estudios. En la vida profesional podrán especializarse, si así lo desean o si así se requiere y podrán influir en las decisiones que los industriales deben tomar, en cuanto a sus responsabilidades con la sociedad en lo referente al cuidado del ambiente.

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El tratamiento y disposición correcta de los residuos peligrosos es responsabilidad del que los genera así como de los que manejan reactivos y productos químicos en pequeña o gran escala. De acuerdo a la LGEEPA, artículo 15.

El deterioro acelerado del medio ambiente exige un cambio de actitud. Consideramos que por el desconocimiento de la peligrosidad y/o de los métodos correctos para tratar los residuos químicos, las generaciones pasadas hemos estado contaminando nuestro ambiente (aire, agua y tierra).

Por esta razón el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM en los diferentes proyectos de investigación que lleva cabo, debe estructurar en cada actividad de laboratorio, no sólo pensando en la obtención de un producto con el más alto rendimiento y calidad deseada, sino también conociendo los residuos y subproductos que se van generando en las diversas etapas del experimento, así como su composición y propiedades físicas, químicas y toxicológicas, conocer el tratamiento que se debe dar a los peligrosos y además efectuar alguno de ellos.

Es por desconocimiento de la peligrosidad y carencia de métodos correctos para tratar los residuos químicos, aunado a la falta de facilidades para disponerlos correctamente, que la contaminación del aire, suelo y agua, ha llegado a límites críticos, y las sanciones, multas o medidas coercitivas son sólo paliativos que no resuelven el problema de fondo.

La solución está en el conocimiento, la información y el desarrollo de técnicas que se traducirá en, Conciencia Ecológica.

Para realizar la correcta identificación y caracterización de cada uno los residuos generados en una técnica experimental, se debe realizar una exhaustiva revisión de la secuencia de procedimientos a desarrollar que incluye el seguimiento de las reacciones químicas de materias primas hasta obtener el resultado final, la clave está en identificar cada resultado final, la clave está en identificar cada paso que genera un residuo, todo esto para cada técnica; lo que no es nada sencillo pero que a al larga se traduce en una nueva forma de trabajo limpio y seguro.

Una vez que se identifica el número de residuos generados en cada técnica, se procede al establecimiento de su naturaleza como: a) inocuo b) tóxico.

Para poder hacer la clasificación anterior se requiere primero conocer la composición química de cada residuo: teórica y real; la primera sabiendo y siguiendo las reacciones indicadas en el procedimiento, y la segunda haciendo desde pruebas químicas cualitativas o cuantitativas hasta determinaciones utilizando diferentes instrumentos desde muy sencillos (potenciómetro) hasta muy sofisticados (cromatografías de placa, gases de líquidos de alta resolución, absorción atómica, etc).

Después de conocer la composición real de cada residuo se procedió a investigar la naturaleza inocua o tóxica del residuo, consultando la bibliografía adecuada como son: textos de Toxicología Normas Oficiales Mexicanas en Materias de Residuos Peligrosos, hojas de seguridad listados de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (USEPA)

Cuando ya se ha establecido la naturaleza tóxica o no de los diferentes residuos, se investigan para cada uno de ellos las siguientes posibilidades:

a) **Reciclado:** por ejemplo, cuando un residuo contiene una o más de las materias primas no consumidas en el proceso efectuado, se estudia si se puede volver a utilizar, como materia prima para el mismo proceso así como está ó si es necesario una purificación costeable (balance costo-beneficio). Cuando hay un disolvente en un residuo, en alta concentración, se puede destilar y volver a usar, etc.

b) **Rehúso:** Cuando el residuo es por ejemplo un subproducto, se investiga si puede utilizarse en algún otro experimento como materia prima, o si se le puede hacer alguna transformación en otro producto utilizable para algo.

c) **Tratamiento:** Cuando el residuo ni se puede reciclar, ni rehusar y es tóxico, se procede a buscar en la literatura la forma recomendada para su tratamiento.

Es importante insistir en que no existe un método general para el tratamiento de un residuo, es decir cada residuo es diferente y el diseño de su tratamiento depende de muchos factores, tales como si en el residuo están presentes una o más sustancias, si está en solución acuosa o no, en qué concentración se encuentra cada componente, si es un residuo con varias fases, etc., y en base a estos aspectos se diseña un tren de tratamiento en el cual se combinan tanto los métodos químicos, físicos y/o térmicos para llegar a la destrucción final de éste ó lamentablemente a confinamiento (B).

Cada analista, técnico, investigador, profesor y/o estudiante antes de empezar a trabajar en el laboratorio, debe planear cómo va a manejar los residuos que generará. En su trabajo, la planeación de las actividades debe incluir desde consideraciones, tales como: los tipos y cantidades de residuos que se pueden generar, la forma en que se llevará a cabo el tratamiento y la verificación de la eficiencia del mismo llegando hasta la disposición de éstos.

En algunos casos se puede rediseñar, de ser posible, el experimento o emplear materiales alternativos que permitan alcanzar los mismos fines idealmente sin la generación de residuos peligrosos, o por lo menos la disminución máxima de peligrosidad y/o cantidad producida.

Con una planeación previa el personal del laboratorio tiene la posibilidad de controlar costos mediante sencillas prácticas como: Implementar prácticas para la minimización de residuos, generar residuos fáciles de manejar y/o destruir, así como reducir riesgos al personal involucrado y al ambiente.

Con esta manera de trabajo y un cambio de actitud hacia decisiones responsables en el ejercicio profesional, los químicos preparados en el manejo de esta metodología podrán realizar sus procesos productivos de forma limpia e influir de manera determinante para que la toma de decisiones en la producción industrial se asuma con responsabilidad social para el cuidado del ambiente.

**I.2 OBJETIVOS**

- Y Crear conciencia y sensibilizar al personal
- Y Inducir al personal hacia la minimización de generación de residuos
- Y Responsabilizar a cada generador del tratamiento de sus residuos para reducir su peligrosidad
- Y Lograr la sustitución de reactivos tóxicos por algunos menos tóxicos
- Y Implementar en el Instituto de Investigaciones en Materiales una metodología de trabajo ambiental y segura.
- Y Minimizar los riesgos.

## CAPÍTULO II MARCO REGULATORIO

Toda política exige conceptos claros y precisos para que sea idónea y eficaz en la realización de las situaciones deseadas, para poder ser comunicada de manera razonada y convincente al público ciudadano.

Los conceptos erróneos, ambiguos e incompletos condenan a las iniciativas de ley a explicaciones y a un análisis distorsionado de los hechos y conducen a fracasos e inconclusiones.

Los conceptos sobre los que se basan, la política orientada al manejo de los materiales, los residuos, las actividades riesgosas, y la protección y remediación de los suelos contaminados, son los siguientes:

### II.1 DESARROLLO SUSTENTABLE

En 1983 se creó la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo que, en 1987, presentó su informe final conocido como Nuestro Futuro Común o Informe Brundtland, el cual propuso la adopción de un nuevo desarrollo económico que incorpora la dimensión ambiental, al que denominó.(8)

El Desarrollo Sustentable se basa en una estrategia del control del uso de los recursos naturales de tal forma que se pueden satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer ó disminuir las oportunidades de desarrollo de las generaciones futuras.

En México, la definición legal de desarrollo sustentable se encuentra en la ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA.), que en la fracción 11 de su Artículo 3º establece:

Desarrollo Sustentable: Proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas en la preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

### II.1.1 DAÑO

El daño ecológico es la afectación al equilibrio ecológico, aunque propiamente la figura del daño es jurídica. La LGEEPA establece en su Artículo 15º que para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas (NOM) y demás instrumentos provistos en esta ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observa como principio que:

Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como asumir los costos que dicha afectación implique. Así mismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales (Artículo 15 F. IV).

De igual modo la LGEEPA en su Artículo 35º considera que la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de dicha ley cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. En su Artículo 189º establece la denuncia popular como la posibilidad de que toda persona, grupo social, organización no gubernamental (ONG), Asociación y Sociedad puedan denunciar ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) ó ante otras instancias, todo hecho, acto u omisión que produzca o pueda producir desequilibrio ecológico o daños al ambiente o a recursos naturales, o contravenga las disposiciones de la LGEEPA y de los demás ordenamientos que regulen materias relacionados con la protección al ambiente y a la preservación, así como restauración del equilibrio ecológico (10).

### II.1.2 PELIGRO Y RIESGO:

Se define como peligro la propiedad intrínseca o inherente a los materiales y residuos que les confieren la posibilidad de ocasionar efectos adversos en la salud humana y en el ambiente,

Se define como riesgo la probabilidad de que produzcan un efecto adverso o dañino en función de la exposición que depende de la cantidad de ellos, que entre en contacto con los posibles receptores, de la dosis que alcanzan dentro de los organismos vivos, del tiempo que dura dicha exposición y de la frecuencia con la que se repita.

## II.1.3 PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS:

En este contexto la prevención y reducción de riesgos se define como la serie de medidas que se adoptan para evitar ó disminuir la probabilidad de que el manejo de los materiales y residuos peligrosos pueda ocasionar efectos adversos en el ambiente, los ecosistemas y la salud humana.

## II.1.4 MINIMIZACIÓN:

Por minimización se entiende un proceso de adopción de medidas operativas que permiten prevenir o disminuir hasta niveles económica y técnicamente factibles, la generación de residuos de toda índole. En este contexto las medidas adoptadas para reducir los residuos peligrosos son:

**Sustitución de insumos y productos:** Mediante el reemplazo de materiales altamente tóxicos ó peligrosos, por otros que aporten los mismos beneficios y cuyo manejo a lo largo de su ciclo de vida sea mas seguro y respetuoso del medio ambiente.

**Incorporación de procedimientos administrativos sustentables.** Que se introduzcan en la contabilidad de las empresas conceptos de balance de materiales, análisis de pérdidas por no transformar éstos en productos de costos, por controlar las emisiones contaminantes y de pago por el manejo de los residuos.

**Modificación de procesos:** A través de innovaciones tecnológicas que permitan procesos productivos más eficientes, capaces de economizar energía, de aprovechar mejor las materias primas y de disminuir la generación de residuos peligrosos, para reducir con ello los costos de manufactura.

**Recuperación y reciclaje:** Se trata de alternativas que en general no requieren de inversiones por parte de los generadores, ya que son operaciones rentables en las que se emplean materiales de fase y separación y purificación. Se distinguen tres tipos de opción:

Reciclaje en la propia planta.

Reciclaje comercial fuera de la planta.

Intercambio entre empresas de sus productos peligrosos, que son residuos para unas e insumos para otras.



Segregación en la fuente: Este método se basa en el principio de prevención de la contaminación de grandes volúmenes de residuos industriales no peligrosos con residuos peligrosos, y en el manejo y disposición final de estos últimos. Es uno de los métodos más simples y económicos para disminuir el volumen de residuos peligrosos, ya que pueden ponerse en práctica en el mismo sitio en donde esto se genera.

## II.2 DEFINICIONES DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE:

Las definiciones que se citan a continuación se encuentran contenidas en la LGEEPA que entró en vigor en marzo de 1988 (las modificaciones a la LGEEPA aparecieron en diciembre de 1996), pero requieren corregirse en la próxima reforma de la ley, tanto por su imprecisión como porque alguna de ellas se ha constituido en barreras para alcanzar los objetivos de la política de minimización, como es el caso de las siguientes:

**Residuo:** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó. La limitación de esta definición deriva del hecho de que ignora la posibilidad de que tales materiales cuando son peligrosos y se genera en un proceso como productos no deseados, puedan ser rehusados como insumos de otros procesos. A su vez, los residuos peligrosos se definen como todos aquellos residuos en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico-infecciosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Lo anterior, a pesar de que la definición de material peligroso la ley considera a los materiales y residuos una misma cosa y los identifica como peligrosos por poseer ambos las características antes citadas, distinguiendo sin embargo, los conceptos de peligro y riesgo, puesto que señala explícitamente que por dichas características pueden representar un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales.

**La restauración es:** El conjunto de actividades tendentes a la recuperación y establecimiento de las condiciones que propician devolución y continuidad de los procesos naturales. Esta última definición requiere de mayor precisión ya que es improbable que la gran mayoría de los sitios contaminados con materiales y residuos peligrosos puedan restaurarse para alcanzar niveles de limpieza que los lleven a recuperar su condición anterior dados los altos costos que esto representaría; así no queda claro hasta qué punto deben restablecerse las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales y cuáles son tales condiciones.

## 11.2.1 DEFINICIONES DEL REGLAMENTO EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS

El Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, publicado el 28 de noviembre de 1988, introduce las siguientes definiciones relevantes desde la perspectiva de la política pública:

**Disposición final:** Es la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.

**Generadores:** persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.

**Incineración:** Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos, vía combustión controlada.

**Reciclaje:** Métodos de tratamiento que consiste en la transferencia de los residuos con fines productivos.

**Rehúso:** Proceso de utilización de los residuos peligrosos que han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro uso.

La introducción del término tratamiento en las definiciones de reciclaje y rehúso, crea una ambigüedad que hace necesario el tratamiento de autorización de ambas opciones, por tratarse de tratamientos, aun en el caso del generador de los residuos peligrosos que decida realizar dichas actividades por sí mismo y dentro de sus instalaciones, lo cual desincentiva estas modalidades de minimización. Razón esta última que ha hecho necesario la reconsideración de tales definiciones en las reformas a este Reglamento.

**Tratamiento:** Acción de transformar los residuos, por medio de la cual se cambian sus características.

**Manejo:** conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, rehúso tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos. (Esta definición aparece citada en el Artículo 9º del Reglamento.

**Costo ambiental:** Valor económico que absorberá la sociedad derivado del tiempo ocasionado por la contaminación al medio ambiente.

**Residuos biológico-infecciosos:** Comprenden la sangre, sus componentes y algunos fluidos corporales, y los objetos punzo cortantes que se generan en establecimientos y laboratorios en los que se atienden pacientes afectados por enfermedades infecciosas y donde se realizan pruebas que involucran a los agentes causales de dichas enfermedades.

**Residuos sólidos municipales:** Son los desechos que resultan de las actividades domésticas, comerciales y de servicios en pequeña escala, no considerados como peligrosos conforme a la normatividad ambiental vigente.

**Residuos industriales no peligrosos:** Son los residuos sólidos que resultan de los procesos industriales y de servicio en gran escala, que no poseen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.

**Tratamiento térmico:** Proceso en el cual se reduce el volumen y peligrosidad de los residuos empleando temperatura y que comprende, entre otros, los siguientes:

**Actividades consideradas altamente riesgosas:** Son aquellas que se clasifican como tales porque involucran el manejo de materiales peligrosos en cantidades y condiciones que pueden propiciar accidentes mayores y en las que su ubicación en áreas vulnerables incrementa la posibilidad de que dichos accidentes tengan consecuencias severas.

**Tecnologías limpias:** Medios, técnicos o procesos empleados para la transformación y producción de materia prima en los que se reducen o eliminan las emisiones contaminantes al medio ambiente.

## II. 3 . Marco Legal en materia de Residuos Peligrosos

El marco legal está constituido por las Disposiciones Constitucionales, las leyes federales, los reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas. Referente al ámbito local, también se deben considerar las Leyes locales de Protección al Ambiente.

El marco legal que define las regulaciones en materia de Residuos Peligrosos está señalado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) que entró en vigor en marzo de 1988 (las modificaciones a la LGEEPA aparecieron en diciembre de 1996), derivado de esta ley se genera el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos, el cual plantea procedimientos de registro e información obligatorios para todo sujeto responsable de la generación, así como los lineamientos de manejo y disposición final, importación y exportación de los mismos. Este Reglamento es de observancia en todo el territorio nacional y su aplicación compete a la Federación a través de la SEMARNAT. (5)

### II.3. 1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

Artículo 1.- "La presente ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción..."

**Artículo 3.- Definición de residuo peligroso:**

"Todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico-infecciosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente".

**Capítulo II. Distribución de Competencias y Coordinación**

**Artículo 5.- Son facultades de la Federación:**

VI. La regulación y el control de las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas, así como para la preservación de los recursos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias.

Artículo 11.- La Federación por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación con el objeto de que los Estados o el Distrito Federal asuman las siguientes funciones:

II. El control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad conforme las disposiciones del presente ordenamiento.

**Capítulo IV. Normas Preliminares**

**Sección V**

Artículo 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo casos que determine el Reglamento, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes actividades, requerirán previamente la autorización en materia de Impacto Ambiental de la Secretaría:

IV.- Instalación de tratamiento, confinamiento o eliminación de Residuos Peligrosos, así como radiactivos.

**Título Cuarto. Protección al Ambiente**

**Capítulo VI. Materiales y Residuos Peligrosos**

Artículo 150.- Los materiales y Residuos Peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías Economía, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación. La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, rehúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

El Reglamento y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el párrafo anterior, contendrán los criterios y listados que clasifiquen los materiales y Residuos Peligrosos identificándolos por su grado de peligrosidad y considerando sus características y volúmenes. Corresponde a la Secretaría la regulación y el control de los materiales y Residuos Peligrosos.

Asimismo, la Secretaría en coordinación con las dependencias a que se refiere el presente artículo, expedirá las normas oficiales mexicanas en las que se establecerán los requisitos para el etiquetado y envasado de materiales y Residuos Peligrosos, así como para la evaluación de riesgo e Información sobre contingencias y accidentes que pudieran generarse por su manejo, particularmente tratándose de sustancias químicas.

Artículo 151.- La responsabilidad del manejo y disposición final de los Residuos Peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los Residuos Peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.

Quienes generen, rehusen o reciclen Residuos Peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la presente Ley.

En las autorizaciones para el establecimiento de confinamientos de Residuos Peligrosos, sólo se incluirán los residuos que no puedan ser técnica y económicamente sujetos de rehúso, reciclamiento o destrucción térmica o físico-química y no se permitirá el confinamiento de Residuos Peligrosos en estado líquido.

Artículo 151 BIS.- Requiere autorización previa de la Secretaría:

- I.- La prestación de servicios a terceros que tenga por objeto la operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, rehúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de Residuos Peligrosos;
- II.- La instalación y operación de sistemas para el tratamiento o disposición final de Residuos Peligrosos, o para su reciclaje cuando éste tenga por objeto la recuperación de energía, mediante su incineración.
- III.- La instalación y operación, por parte del generador de Residuos Peligrosos, de sistemas para su rehúso, reciclaje y disposición final, fuera de la instalación en donde se generaron dichos residuos.

Artículo 152.- La Secretaría promoverá programas tendientes a prevenir y reducir la generación de Residuos Peligrosos, así como a estimular su reúso y reciclaje.

En aquellos casos en que los Residuos Peligrosos puedan ser utilizados en un proceso distinto al que los generó, el Reglamento de la presente Ley y las normas oficiales mexicanas que se expidan, deberán establecer los mecanismos y procedimientos que hagan posible su manejo eficiente desde el punto de vista ambiental y económico.

Los Residuos Peligrosos que sean usados, tratados o reciclados en un proceso distinto al que los generó, dentro del mismo predio, serán sujetos a un control interno por parte de la empresa responsable, de acuerdo con las formalidades que establezca el Reglamento de la presente Ley.

En el caso de que los residuos señalados en el párrafo anterior, sean transportados a un predio distinto a aquél en el que se generaron, se estará a lo dispuesto en la normatividad aplicable al transporte terrestre de Residuos Peligrosos.

Artículo 152 BIS.- Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o Residuos Peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.

Artículo 153.- "La importación o exportación de materiales o Residuos Peligrosos se sujetará a las restricciones que establezca el Ejecutivo Federal". Además menciona las condiciones que deben observarse en la eventual importación y exportación de Residuos Peligrosos (para detalles consultar la LGEEPA).

## II. 3. 2 Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos.

Artículo 3.- Para efectos de este Reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la LGEEPA y las siguientes:

Almacenamiento: Acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos.

Contenedor: Caja o cilindro móvil, en el que se depositan para su transporte Residuos Peligrosos.

Disposición final: Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

**Invasado:** Acción de introducir un residuo peligroso en un recipiente, para evitar su dispersión o evaporación, así como facilitar su manejo.

**Empresa de servicios de manejo:** Persona física o moral que preste servicios para realizar cualquiera de las operaciones comprendidas en el manejo de Residuos Peligrosos.

**Generación:** Acción de producir Residuos Peligrosos.

**Generador:** Persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca Residuos Peligrosos.

**Incineración:** Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos, vía combustión controlada.

**Manifiesto de Empresa Generadora de Residuos Peligrosos:** Documento oficial, por el que el generador da de alta ante SEMARNAT un residuo de su propiedad.

**Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos:** Documento oficial, por el que el generador mantiene un estricto control sobre el transporte y destino de sus Residuos Peligrosos dentro del territorio nacional.

**Manejo:** Movimiento o disposición de un residuo de un lugar a otro.

**Reciclaje:** Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos.

**Recolección:** Acción de transferir los residuos al equipo destinado a conducirlos a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o rehúso, o a los sitios para su disposición final.

**Reglamento:** El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos.

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

**Rehúso:** Proceso de utilización de los Residuos Peligrosos que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro.

**Tratamiento:** Acción de transformar los residuos, por medio del cual se cambian sus características.

**Artículo 8.-** Establece que el generador de Residuos Peligrosos deberá:

I.- Inscribirse en el Registro que para tal efecto establece la Secretaría.

II.- Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus Residuos Peligrosos.

III.- Dar a los Residuos Peligrosos el manejo previsto en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;

IV.- Manejar separadamente los Residuos Peligrosos que sean incompatibles en los términos de las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;

V.- Envasar sus Residuos Peligrosos, en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en este Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;

VI.- Identificar a sus Residuos Peligrosos con las indicaciones previstas en este Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;

VII.- Almacenar sus Residuos Peligrosos en condiciones de seguridad y en áreas que reúnan los requisitos previstos en el presente reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas.

VIII.- Transportar sus Residuos Peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y bajo las condiciones previstas en este Reglamento y las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente Normas Oficiales Mexicanas;

IX.- Dar a sus Residuos Peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento y las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente Normas Oficiales Mexicanas;

X.- Dar a sus Residuos Peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el Reglamento y conforme a lo dispuesto en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente Normas Oficiales Mexicanas;

XI.- Remitir a la SEMARNAP, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus Residuos Peligrosos durante dicho período.

XII.- Las demás previstas en el Reglamento y en otras disposiciones aplicables.

Artículo 10.- Se requiere autorización de la Secretaría para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de Residuos Peligrosos, así como para prestar servicios en dichas operaciones sin perjuicio de las disposiciones aplicables en materia de salud y de seguridad e higiene en el trabajo.

Artículo 12.- .Se establece que las personas autorizadas por parte de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final deberán presentar, previo al inicio de sus operaciones, lo siguiente:

I.- Un programa de capacitación del personal responsable del manejo de Residuos Peligrosos y del equipo relacionado con éste.

II.- Documentación que acredite al responsable técnico.

III.- Un programa para atención a contingencias.



Artículo 14.- Para el almacenamiento y transporte de Residuos Peligrosos, el generador deberá envasarlos de acuerdo con su estado físico, con sus características de peligrosidad, y tomando en consideración su incompatibilidad con otros residuos en su caso, en envases:

I.- Cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad previstas en las normas técnicas ecológicas correspondientes, necesarias para evitar que durante el almacenamiento, operaciones de carga y descarga y transporte, no sufran ninguna pérdida o escape y eviten la exposición de los operarios al residuo.

II.- Identificados, en los términos de las normas técnicas ecológicas correspondientes, con el nombre y características del residuo.

Artículo 19.- Queda prohibido almacenar Residuos Peligrosos de la siguiente forma:

I Incompatibles en los términos de la norma técnica ecológica correspondiente;

II En cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento.

III En áreas que no reúnan las condiciones previstas en los artículos 15 y 16 del Reglamento.

Artículo 21.- Los movimientos de entrada y salida de Residuos Peligrosos del área de almacenamiento deberán quedar registrados en una bitácora.

En la bitácora se debe indicar (como mínimo):

- Fecha del movimiento
- Origen
- Destino del residuo peligroso

### II.3.3 . Normatividad en materia de Residuos Peligrosos(10)

Normas Oficiales Mexicanas para el manejo de Residuos Peligrosos

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. Es importante citar que esta NOM actualmente se encuentra en revisión.

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.

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.

## **II. 4 Formatos para la Gestión y Manejo de Residuos Peligrosos**

Para tener un Registro la Generación y Manejo de los Residuos Peligrosos, la Legislación cuenta con siete Manifiestos:

**Manifiesto de Empresa Generadora de Residuos Peligrosos.**

**Manifiesto de Entrega Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos.**

**Reporte Semestral de Residuos Peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento o incineración o confinamiento. \*\***

**Reporte Semestral de Residuos Peligrosos recibidos para reciclaje o tratamiento.**

**Reporte para casos de Derrame de Residuos Peligrosos por Accidente.**

**Aviso de inscripción como Generador (eventual) de Bifenilos Policlorados.**

**Reporte mensual de Residuos Peligrosos confinados en Sitios de Eliminación.**

## **II.5 Legislación de otras dependencias en materia de Residuos Peligrosos**

Es importante mencionar que la Secretaría del Trabajo y Previsión, así como la Secretaría de Salud tiene sus propias normas para el manejo de materiales peligrosos y en algunos artículos de los reglamentos o normas respectivas se menciona el manejo de Residuos Peligrosos. A continuación solo mencionaremos esta legislación:

### **II. 5.1 Secretaría del Trabajo y Previsión Social:**

Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo

**NOM-002-STPS-2000.** Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo

**NOM-005-STPS-1998.** Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas

**NOM-010-STPS-1999.** Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

**NOM-018-STPS-2000.** Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo

### **II. 5.2 Secretaría de Comunicaciones y Transporte**

Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

**NOM-002-SCT2-1994.** Listado de sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

**NOM-003-SCT2-2000.** Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte terrestre de sustancias, materiales y Residuos Peligrosos.

**NOM-004-SCT2-2000.** Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de sustancias materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-005-SCT2-2000. Información de emergencia en transportación para el transporte terrestre de materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-007-SCT2-1994. Envases y Embalajes destinados al transporte terrestre de materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-010-SCT2-1994. Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y Residuos Peligrosos.

NOM-011-SCT2-2000. Emergente. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y Residuos Peligrosos en cantidades limitadas.

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.

NOM-043-STC2-1994. Documento de embarque de sustancias, materiales y Residuos Peligrosos.

#### II.5.3 Ley Ambiental del Distrito Federal

Por último, aun si los Residuos Peligrosos son de competencia federal también se mencionan en la Ley Ambiental para el Distrito Federal como Reglas Complementarias en Materia de Residuos Peligrosos en el:

##### Artículo 175

II.- Para la protección al ambiente, con motivo de la operación de sistemas destinados al manejo de materiales y Residuos Peligrosos, el reglamento de esta Ley y las normas ambientales del Distrito Federal podrán establecer medidas o restricciones complementarias a las que emita la Federación, en los siguientes aspectos:

I.- Generación, manejo y disposición final de residuos de baja peligrosidad (ver definición de Residuos de baja peligrosidad en la Ley Ambiental para el GDF).

II.- Características de las edificaciones que alberguen dichas instalaciones;

III.- Tránsito dentro de las zonas urbanas y centros de población;

IV.- Aquellas necesarias para evitar o prevenir contingencias ambientales; levantará el acta respectiva, ordenará las medidas de seguridad

V.- Detección de Residuos Peligrosos en el ejercicio de atribuciones correspondientes a la Secretaría.

La vigilancia y aplicación de dichas medidas o restricciones corresponderá a la Secretaría, en el ámbito de competencia determinado por la Ley General, y de conformidad con lo previsto en la presente Ley.

En caso de que se detecten irregularidades o violaciones en el manejo de los Residuos Peligrosos competencia de la Federación, la Secretaría y restauración inmediatamente enviará el expediente a la Instancia correspondiente, independientemente de atender la situación de contingencia (Referencias <sup>3,10,15</sup>).

## **CAPITULO III SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS**

### **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 (6).

Un sistema administrativo 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.

### **III.2 CICLO PLANEACIÓN- HACER- VERIFICAR- REPLANTEAMIENTO**

Uno de los modelos mas aceptados y difundidos en los últimos años para la administración de procesos que incorporan un continuo cambio mediante la mejora continua y por tanto lo convierte en un sistema administrativo es el ciclo planear-hacer-verificar-replanteamiento.

Este modelo fue propuesto por Shewhart por lo cual se le conoce como ciclo Shewhart, es mejor conocido como ciclo PHVR (PDCA, por sus siglas en inglés) que significa PLANEACIÓN (plan), HACER (Do) VERIFICAR (Check), y REPLANTEAMIENTO o ciclo Deming.<sup>(16)</sup>

El hecho que sea mejor conocido como ciclo Deming se debe a la forma en la que Deming lo popularizó en Japón. La meta original de Shewhart era aplicarlo para el control estadístico de procesos. Deming 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 máquina 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:

Elemento humano, materiales, equipo, métodos y medio ambiente.

Los elementos que conforman este ciclo se describen a continuación:

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 dedicarán 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)

- A. **PLANEACIÓN:** 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 (8).  
En la planeación se debe 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 dónde se quiere llegar.
- B. **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.
- C. **VERIFICAR:** Consiste en observar los resultados obtenidos de la etapa anterior. La mejor manera de hacerlo es aplicando métodos estadísticos, que permiten medir y analizar los resultados, y determinar si la hipótesis planteada funciona y predecir resultados futuros.

- D. **REPLANTEAMIENTO:** Es 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.
  
- E. **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 PHVR refuerza el Sistema haciéndolo más sólido y estable, el cual puede ser medido cualitativamente. Esto lleva a la sistematización que es cuando su comportamiento se vuelve predecible.

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

### **III.3 FILOSOFÍA DE DEMING**

W. Edgar 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 Woming 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 presentado con su profesor guía, Walter Shewhart, un estadístico para laboratorios Bell y sus escritos impactaron su vida y se convirtieron en la base de sus enseñanzas (7 y 10)

#### **III.3.1 LOS CATORCE PUNTOS DE DEMING (16)**

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 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 lealtad y confianza . Eliminar la practica de realizar pedidos en busca del proveedor que ofrezca el precio más bajo.
5. Mejorar continuamente el sistema de producción y/o 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 sino orientarla. Orientar es ayudar 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 aún cuando no entiendan en qué consiste el trabajo o qué está 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 o servicio.
10. Eliminar los eslóganes, las exhortaciones y las metas para la fuerza laboral: Tales exhortaciones sólo crean unas relaciones adversas, ya que el grueso de las causas de la baja calidad y baja productividad pertenecen al sistema y por tanto mas allá de las posibilidades de la mano de obra.
11. Eliminar las cuotas numéricas. Las cuotas sólo 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 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.

### **III.3.2 LAS SIETE ENFERMEDADES MORTALES DE DEMING**

1. Falta de constancia de propósito. Un laboratorio 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 las 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.

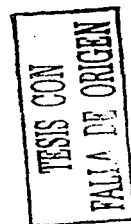
4. La movilidad de la gerencia. Los gerentes que cambian de un puesto a otro nunca entienden a las compañías para las cuales trabajan y nunca están ahí el tiempo suficiente para llevar a cabo los cambios a largo plazo que son necesarios para garantizar la calidad y la productividad.
5. Manejar una compañía basándose en cifras visibles. Las cifras más importantes son desconocidas e imposibles 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.

### **III.3-3 PRINCIPIOS DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN APLICANDO LA FILOSOFÍA DEMING.**

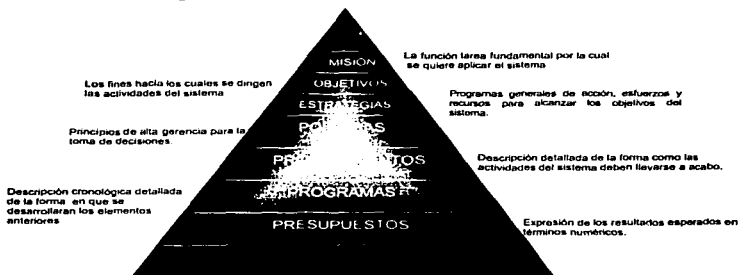
El sistema de administración de un laboratorio de residuos peligrosos para un laboratorio de investigación debe considerar los siguientes principios:

- A. Entendimiento del entorno. Para que un laboratorio 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 o servicios que pudieran significar responsabilidades, impacto ambiental
  - La evaluación del desempeño comparado 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.





### PIRÁMIDE PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES



- B. Crear constancia con el propósito de mejorar el sistema: En este punto se requiere analizar tanto los problemas actuales de la organización como los problemas a futuro. En el primer 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 analizando solamente la variable costo: Es necesario analizar todas las partes del sistema; ejemplo, ambientales, salud, ocupacional.
- D. Mejorar continuamente. Simplemente no existiría el sistema sin este método administrativo de Deming y consiste en incorporar mejoras a lo largo de todo el ciclo que tenga impactos en resultados.
- E. Liderazgo. El compromiso y el liderazgo de la alta dirección son asegurar el éxito del sistema durante todas las etapas del desarrollo. El objeto de aplicar el liderazgo en el sistema obedece al hecho de que es 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 de liderazgo consiste en lograr cada vez mayor coherencia en el comportamiento del sistema.

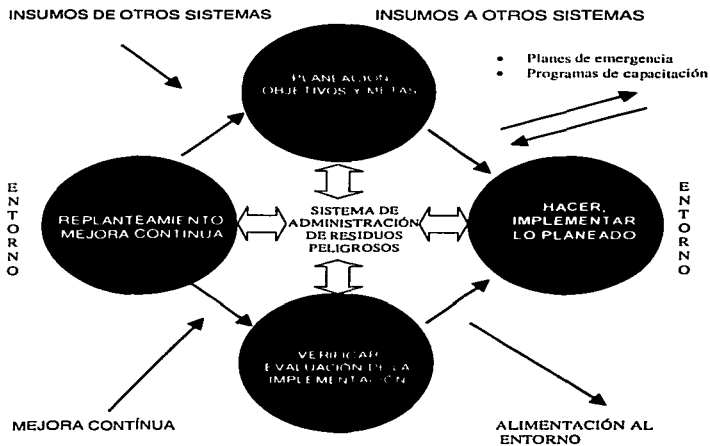
- F. Eliminar barreras entre las diversas áreas y departamentos que forman el sistema. Para un mejor conocimiento de los problemas del sistema, el intercambio de información debe fomentarse para eliminar las barreras que obstaculicen un buen desempeño del sistema.
- G. Estimular la educación y la capacitación. El sistema no sólo requerirá de gente que realice 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.

#### **III.4 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE LOS RESIDUOS PARA UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN.**

En el universo es indudable que todas las cosas forman parte de uno o varios sistemas, lo importante es identificar cuáles son las partes integrantes que se desempeñan dentro de ellos. El ciclo de PHVR muestra que para iniciar un sistema de administración se requiere la detección de una necesidad, que puede ser un producto o servicio. En el laboratorio de investigación se ha detectado la necesidad de administrar los residuos peligrosos a fin de:

- Cumplir con la normatividad.
- Propiciar la eficiencia de los procesos de investigación
- 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 residuos peligrosos en los laboratorios de investigación bajo un enfoque de Sistema.<sup>(9)</sup>



Como se puede apreciar un sistema de Administración de los Residuos Peligrosos para un Laboratorio de Investigación es un sistema abierto, que interactúa constantemente con el entorno. Un sistema abierto debe ser adaptable para responder al entorno que le rodea.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPITULO IV  
GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN INSTITUCIONES  
EDUCATIVAS**

La Agencia de Protección Ambiental de los E.U.A. (EPA) divide a los generadores de residuos peligrosos en dos categorías generales:

1. Generador de pequeñas cantidades
2. Generador de grandes cantidades

Al generador de grandes cantidades también se le llama generador mayor o simplemente generador de residuos peligrosos, por lo contrario aquellas organizaciones que generan menos de 100 kg/ mes son condicionalmente exentos como generadores, lo cual al analizarse tiene sentido, pues no es lo mismo una organización productiva que tiene un volumen de producción de 10,000 toneladas mensuales con aquellos que no rebasan los 1,000kg/mes los impactos del manejo inadecuado de los residuos peligrosos que generan ambos solo se pueden comparar.

La ampliación paulatina del número de generadores de residuos peligrosos sujetos a la obligación de cumplir con las disposiciones legales en la materia, de notificar acerca de la generación e informar bianualmente sobre el volumen generado y la forma de manejo dada a los residuos ( se empezó fijando como límite de 1,000 kg/mes de residuos peligrosos y posteriormente se redujo dicho límite a 100 kg/mes, con lo cual creció el número de generadores sujetos a regulación y control).

**GENERADOR DE PEQUEÑAS Y GRANDES CANTIDADES**

Entre el generador de pequeñas cantidades condicionalmente exento y el generador de grandes cantidades se encuentra el generador de pequeñas cantidades, el cual genera entre 100 y 1,000 kg . Residuos peligrosos al mes. Muchos laboratorios caen dentro de esta clasificación.

La diferencia más importante entre el generador de pequeñas cantidades y el generador de grandes cantidades es el tiempo que almacenan sus residuos in-situ sin permiso; para el generador de grandes cantidades el límite es de 90 días, mientras que el generador de pequeñas cantidades es de 180 días. En última instancia el tiempo se incrementa a 270 días si la instalación de disposición de los residuos está a más de 200 millas de distancia del sitio de generación. Además, los requerimientos para un plan

de contingencias ambientales para un generador de pequeñas cantidades son menores.<sup>(2)</sup>

La legislación mexicana no distingue entre pequeños y grandes generadores de residuos peligrosos, en sentido estricto las familias que lo generan en el hogar y todas las instituciones públicas y privadas que lo generen en pequeñas cantidades también deberían cumplir con la obligación de manifestar la generación y dar un manejo ambientalmente seguro a sus residuos peligrosos como está obligado el sector industrial, siendo éste el caso para los laboratorios de enseñanza experimental de las instituciones de educación.

#### **IV .: INSTITUCIONES EDUCATIVAS**

Los laboratorios académicos, así como los industriales y del gobierno, por lo general están preocupados por el cumplimiento de las metas fundamentales de seguridad para minimizar accidentes que lesionen a las personas y a las instalaciones. Sin embargo existen diferencias importantes en lo relacionado a los programas de gestión ambiental en las instituciones educativas, por ejemplo, la gran variedad y el volumen relativamente pequeño de sustancias que se manejan.

##### **IV.1.1 Laboratorios de Instituciones de educación superior**

En las universidades, la responsabilidad de la enseñanza y supervisión de las actividades de laboratorio se asigna a profesores de laboratorio, quienes dada su formación previa, clásica en ocasiones, no están familiarizados con las prácticas seguras en el laboratorio y con el concepto de residuo y residuo peligroso y menos aún con su manejo adecuado. Así el primer reto es desarrollar nuevas actitudes y hábitos casi al mismo tiempo que deben transmitirlos a sus estudiantes<sup>(18)</sup>.

La impartición de un buen entrenamiento práctico de los estudiantes en los laboratorios de enseñanza superior requiere de un gran uso de sustancias químicas, sobre todo cuando se trata de seguir los modelos de los países desarrollados, así como mayor atención por parte de los profesores en lo relativo a la generación y clasificación de los residuos para poder manejarlos en forma responsable.

Es importante hacer notar que existe una gran variedad de instituciones de enseñanza superior (privadas o públicas) que difieren tanto por su infraestructura, recursos materiales y humanos disponibles y por la cantidad y la calidad de la población estudiantil, sobre todo en aquellas en donde se imparten licenciaturas orientadas a las

ciencias biológicas, químicas, físicas y de la ingeniería, etc. Estos factores son determinantes en la generación de residuos peligrosos tanto en composición como en cantidad (oscilando entre 100- 1,000 kg/mes)

En las Instituciones dedicadas a la investigación, la generación de residuos depende de más factores que los involucrados en la generación de residuos de las instituciones de enseñanza, debido a que en la investigación se realizan actividades que varían de proyecto en proyecto, generando con esto residuos de características y volúmenes únicos para cada tipo de proyecto en cada una de las etapas del mismo y durante el tiempo que éste tenga duración, siendo difícil el establecimiento de patrones de generación. Aunado a esto, el desarrollo tecnológico hace más compleja esta situación, pues aún en proyectos similares realizados en diferente tiempo, la aplicación de nuevas metodologías y equipos harán que los residuos sean totalmente diferentes.

#### **IV.2 El problema de los residuos acumulados en los laboratorios de las instituciones educativas**

En los laboratorios de docencia y de investigación se han almacenado residuos generados en el pasado, por diferentes causas (no saber como tratarlos, reactivos caducos, reactivos que han perdido su etiqueta, etc.), los cuales por lo general, no se volverán a generar, es decir son únicos. El primer paso para el manejo de dichos residuos es levantar un inventario para identificar cuántos y cuáles son o pueden ser conocidos o desconocidos (en cuanto a su composición química) cuando los residuos acumulados se clasifican dentro de los conocidos, la revisión de las propiedades físicas, químicas toxicológicas descritas dentro de la literatura nos permitirá diseñar el método de tratamiento y/o disposición más adecuado, además identificar si en la actualidad en la institución se está trabajando con dicho material, lo que representaría una generación futura.

Cuando desafortunadamente no se tiene ninguna información sobre algún residuo desconocido es necesario realizar una serie de pruebas que nos determinan sus características CRETI (Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad) con el fin de darle una disposición de acuerdo a la legislación.<sup>(12)</sup>

La primera tarea del personal de un laboratorio donde se generan residuos peligrosos es:

1. Determinar cuando un material es un residuo (producto o subproducto o materia prima etc.).
2. Determinar si el residuo es un residuo peligroso

Los residuos peligrosos comprenden:

1. Los residuos aislados, mezclados o en solución; pueden presentarse en estado sólido, líquido o en forma de lodos y que son generados como subproductos de una síntesis o proceso.
2. Los residuos resultantes de operaciones unitarias
3. En muchos casos podrían también convertirse en residuos peligrosos las materias primas que caduquen o se deterioren durante el tiempo de su almacenamiento

La peligrosidad de los materiales y de los residuos depende fundamentalmente de sus propiedades intrínsecas físicas, químicas o biológicas, las cuales pueden verse incrementado por su manejo inadecuado en las etapas de almacenamiento, proceso de uso, transporte y disposición final.

Es muy difícil establecer un sistema o método de tratamiento general para todos los residuos específicos de un laboratorio, ya que depende del volumen generado, del tipo de laboratorio y, sobre todo por la variedad de residuos que se generan; por otra parte los residuos casi nunca están constituidos por un solo producto, por lo general son mezclas complejas.

El tratamiento de los residuos generados en los laboratorios debe ser llevado a cabo por personal capacitado, siendo ésta la manera mas efectiva para proteger a los seres vivos y no contaminar el ambiente.

#### IV.3 TRATAMIENTO EN CONJUNTO

El tratamiento en el punto de origen es sumamente eficiente en el sentido en que se origina una conciencia ecológica y de responsabilidad en los investigadores. Sin embargo, en algunos por el tipo de línea de investigación no se cuentan con personal con conocimientos profundos en química, para dedicarse al tratamiento de residuos. También para muchos investigadores existe la opinión de que no es prioritario dedicarse al tratamiento de los residuos, debido a que se afecta, en cuanto a tiempo la investigación, la actividad principal del instituto por lo que para resolver estos problemas los desechos comunes se reúnen en un punto y se procesan en una forma conjunta, con el fin de incrementar su eficiencia. Este tratamiento también por su estilo, se le llama tratamiento centralizado. Sin embargo, en este caso el generador no se responsabiliza de sus residuos y hay una separación entre quien descarga y quien procesa.<sup>(1)</sup>

A pesar de que este estilo es eficiente y funcional, los antecedentes de los desechos son desconocidos por los encargados de tratamiento, aumentando con esto el riesgo de mezclar residuos incompatibles y la ocurrencia de accidentes. Así mismo se deben tomar medidas de seguridad extremas, lo que aumenta el costo del tratamiento.

#### **IV.4 COMBINACIÓN DE DOS ESTILOS**

Actualmente en la Facultad de Química de la UNAM se aplica una combinación de dos estilos, aprovechando las ventajas de cada uno y complementando los defectos. Éste se puede dividir en las 5 etapas siguientes (Figura IV.1):

1. Recolección selectiva de residuos en el punto de origen
2. Acumulación, almacenamiento y en su caso, tratamiento de residuos con carácter no común.
3. Recolección y transportación al punto de tratamiento en conjunto.
4. Pretratamiento.
5. Tratamiento, estabilización y disposición de residuos.

Para el tratamiento, estabilización y disposición de residuos se consideran tres etapas: 1) El tratamiento de los residuos en el punto de origen; 2) Recolección y almacenamiento en el punto de tratamiento y; 3) Cuando es necesario Recolección y transportación.

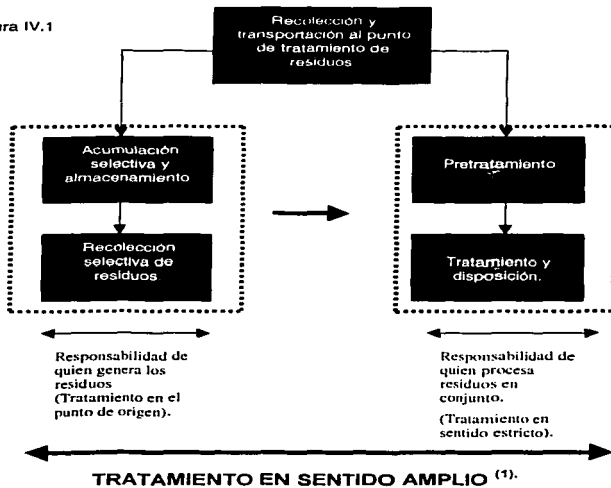
Es importante la actitud de los generadores quienes, podrían ofrecer a los encargados del tratamiento toda la información y conocimiento en forma detallada sobre los residuos a su cargo.

El apoyo real, político y económico de la máxima autoridad de la dependencia y/o de la institución impulsa enormemente el desarrollo, implementación y el seguimiento de los proyectos, programas y sistemas de gestión ambiental en cualquier organización, sobre todo educativa y/o de investigación, donde la legislación y aplicación de la misma no es suficientemente clara y específica en México.



### CONCEPTO DE TRATAMIENTO COMBINADO

Figura IV.1



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPÍTULO V  
IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y  
SEGURIDAD EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN  
MATERIALES**

La Legislación Mexicana de nuestro país no distingue entre pequeños y grandes generadores de residuos peligrosos, por ese motivo las reglas son las mismas tanto para instituciones públicas ó privadas, como es el caso del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM-UNAM).

Conscientes de que los riesgos pueden ser disminuidos mediante la implementación de un programa integral de gestión de materiales y residuos peligrosos, las autoridades del Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM decidieron asumir la responsabilidad de que el manejo de productos químicos requiere, garantizar que las actividades de investigación que realizan no provoquen daño al ambiente.

Por este motivo decidieron integrar un programa para el manejo de productos químicos denominado Programa de Gestión Ambiental y Seguridad mediante la colaboración de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) de la Facultad de Química el cuál se está implementando satisfactoriamente en el instituto.

El programa básicamente tiene como objetivos principales:

- Crear conciencia y sensibilizar al personal
- Inducir al personal hacia la minimización de generación de residuos
- Responsabilizar a cada generador del tratamiento de sus residuos para reducir su peligrosidad
- Lograr la sustitución de reactivos tóxicos por algunos menos tóxicos
- Implementar en el instituto de Investigaciones en Materiales, una metodología de trabajo ambiental y segura
- Minimizar los riesgos <sup>(17)</sup>.

Por esta razón el Dr. Luis Enrique Sansores Cuevas, Director del Instituto de Investigaciones en Materiales, a través de la Secretaria Técnica a cargo del Ing. José de Jesús Camacho Sabalza, estableció un convenio con la UGA de la Facultad de Química para la implementación del Programa de Gestión ambiental y seguridad.

Para la realización adecuada de este programa fue necesario conocer todas las actividades e instalaciones del IIM. <sup>(19)</sup>

La principal fortaleza del Instituto de Investigaciones en Materiales son sus recursos humanos formados y capacitados; el Instituto cuenta con 21 técnicos académicos y 54 investigadores, de estos últimos 53 (97.9%) tienen grado de doctor, 51 (93.7%) han sido distinguidos con el nombramiento de Investigador Nacional en el Sistema Nacional de Investigadores, 40 (85%) trabajan en proyectos patrocinados y 19 (40%) participan en convenios oficiales de colaboración académica, siendo esta una de las plantillas de investigadores más brillantes de la UNAM.

La misión del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM-UNAM) es: realizar investigación científica y tecnológica sobre estructura, propiedades, procesos de transformación y desempeño de los materiales.

El IIM-UNAM es una de las principales instituciones en el país dedicadas a la investigación de materiales y colabora con la industria y con otras instituciones académicas nacionales e internacionales mediante un gran número de proyectos.

En su mayoría, se trata de proyectos conjuntos en investigación de frontera en las áreas de cerámicos, polímeros, metálicos, materiales superconductores y semiconductores.

Los investigadores del IIM imparten cursos tanto de nivel licenciatura como de posgrado en las Facultades de Ciencias, de Ingeniería y de Química fundamentalmente.

El Instituto tiene como meta los siguientes objetivos:

- Contribuir al estudio teórico y experimental de los materiales.
- Generar nuevos materiales, procesos de transformación y aplicaciones.
- Formar recursos humanos de excelencia en el área de ciencia e Ingeniería de materiales.
- Contribuir a la aplicación tecnológica de los materiales y propiciar la vinculación con el sector industrial
- Difundir ampliamente los estudios que se realizan, los resultados y productos que se obtengan.

El Instituto de Investigaciones en Materiales está organizado e integrado por los siguientes departamentos:

- Materia Condensada y Criogenia
- Polímeros
- Materiales metálicos y cerámicos
- Reología y Mecánica de materiales

En general, cada laboratorio de los distintos departamentos cuenta con un investigador responsable, un técnico académico y un invariable número de estudiantes de licenciatura y posgrado; los departamentos se encuentran distribuidos de acuerdo a las siguientes actividades:

#### DEPARTAMENTO DE MATERIA CONDENSADA Y CRIOGENIA

- Preparación de películas mediante plasmas.
- Síntesis de compuestos y estudio de las propiedades físicas del carbono.
- Películas duras
- Materiales cerámicos superconductores (síntesis, caracterización y transición superconductor-aislante)

#### DEPARTAMENTO DE MATERIALES METÁLICOS Y CERÁMICOS

- Síntesis y caracterización de materiales cerámicos
- Materiales nanoestructurados
- Procesos de solidificación y conformado de materiales metálicos
- Biomateriales
- Química de materiales
- Materiales magnéticos
- Procesos láser aplicados a aleaciones

#### DEPARTAMENTO DE POLÍMEROS

- Flujo granular
- Polímeros estructurales y procesamiento de polímeros
- Estudio de propiedades en superficies de materiales optoelectrónicos
- Polímeros inorgánicos
- Síntesis de materiales poliméricos y orgánicos
- Uso de catalizadores en síntesis y transformación de materiales poliméricos
- Dinámica no lineal y reología óptica de flujos complejos.
- Relajación dieléctrica en materiales poliméricos

**DEPARTAMENTO DE REOLOGÍA Y MECÁNICA DE MATERIALES**

- Pruebas mecánicas en materiales en estudio, como son tensión, comprensión, torsión, impacto y dureza.
- Reología

Así mismo, cuenta con los siguientes laboratorios los cuales realizan diferentes funciones para el buen control de sus actividades.

El trabajo experimental de cada departamento se lleva a cabo en los siguientes laboratorios:

- **Laboratorio de Biomateriales:** Lleva a cabo pruebas de biocompatibilidad "in vitro" de los materiales propuestos para aplicaciones médicas, así como de los materiales que han sido aprobados en tóxicos.
- **Laboratorio de propiedades eléctricas y magnéticas:** Determina las propiedades eléctricas y magnéticas de todo tipo de materiales, en función de la frecuencia del campo de excitación.
- **Laboratorio de propiedades de transporte y tunelaje:** Estudio de propiedades electrónicas de materiales a bajas temperaturas.
- **Licuefactores:** Producción y recuperación a través de un proceso de licuefacción de líquidos criogénicos.
- **Laboratorio de procesamiento de polímeros:** Estudio del comportamiento de los polímeros durante el proceso de extrusión, moldeo ó inyección.
- **Laboratorio de caracterización de materiales:** Identificar propiedades térmicas, características de los diferentes (polímeros, cerámicos, metálicos, alimentos, etc.) materiales.
- **Laboratorio de Espectroscopía:** Identificación de materiales por sus componentes químicos.
- **Laboratorio de cromatografía:** Identificar compuestos químicos orgánicos por división de moléculas.

Las actividades de investigación que se llevan a cabo en el Instituto de Investigaciones en Materiales se encuentran apoyadas por las Secretarías Académica, Técnica, y Administrativa. (Figura V.1).

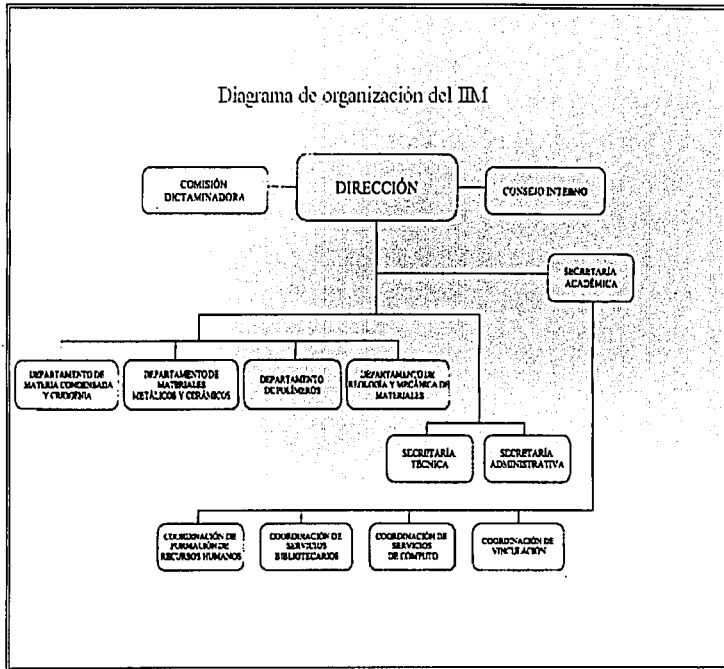


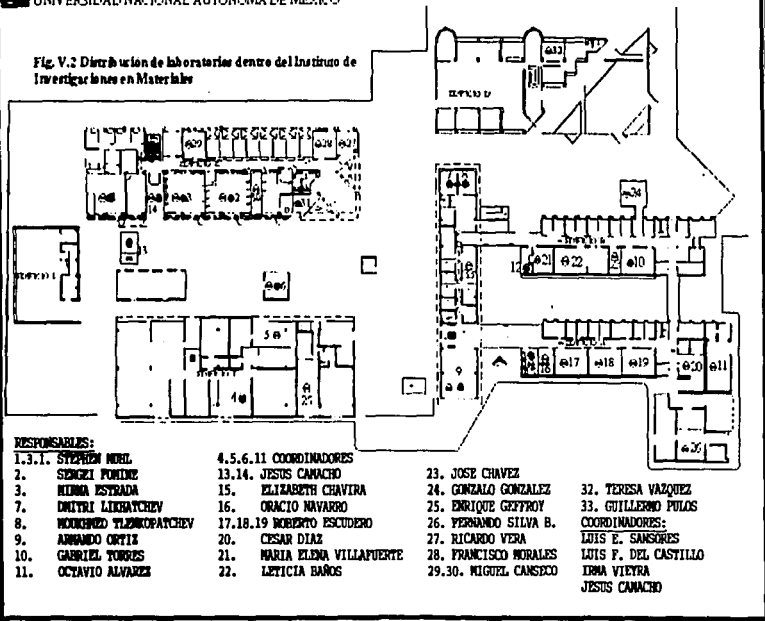
Figura V.1: Estructura organizacional del IIM.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La distribución de los laboratorios del IIM, así como los investigadores responsables, se señalan en el siguiente diagrama. (Fig. V.2)

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES**  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Fig. V.2 Distribución de laboratorios dentro del Instituto de Investigaciones en Materiales



**RESPONSABLES:**

1.3.1. STEPHEN NIEL  
2. SONGZI FURDIZ  
3. HUMA ESTRADA  
7. DMITRI LICHATCHEV  
8. HONGWONG TLEZOPATCHEV  
9. ANIBARDO ORTIZ  
10. GABRIEL TORRES  
11. OCTAVIO ALVAREZ

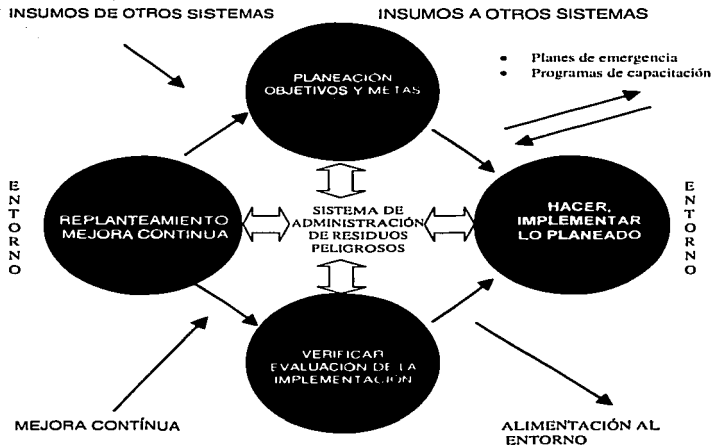
4.5.6.11 COORDINADORES  
13.14. JESUS CANACHO  
15. ELIZABETH CHAVIRA  
16. ORACIO NAVARRO  
17.18.19 ROBERTO ESCUDERO  
20. CESAR DIAZ  
21. MARIA ELENA VILLAPUERTE  
22. LETICIA BAROS

23. JOSE CHAVEZ  
24. GONZALO GONZALEZ  
25. ENRIQUE GEFFROY  
26. FERNANDO SILVA B.  
27. RICARDO VERA  
28. FRANCISCO MORALES  
29.30. MIGUEL CANSECO  
32. TERESA VAZQUEZ  
33. GUILLEMO PULOS  
COORDINADORES:  
LUIS E. SANSORES  
LUIS F. DEL CASTILLO  
IRMA VIEYRA  
JESUS CANACHO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPITULO VI**  
**METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD**

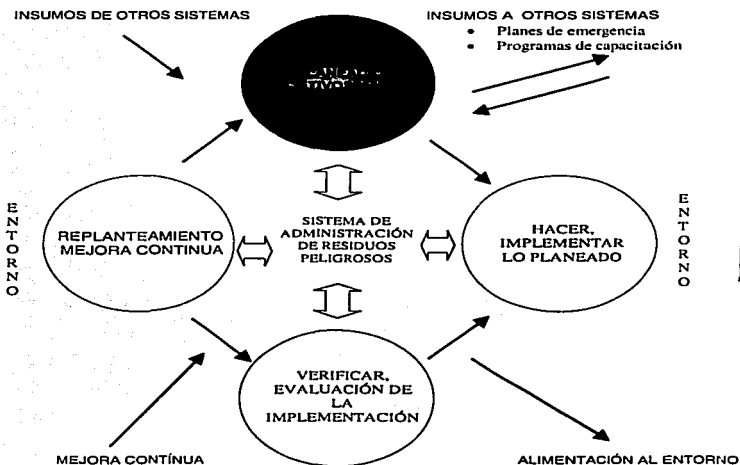
El esquema metodológico seguido se basa en el modelo del sistema de administración:



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



VI.1 PLANEACION; DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y METAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La planeación dentro del ciclo PHVR es la etapa en la cual se establece la situación actual del Instituto y se definen los objetivos y metas vinculados con la misión y la política de éste. Así como la definición de la estructura organizacional de la implementación del programa de gestión ambiental.

La planeación se centra en las siguientes acciones:

1) Definición de objetivos y metas:

- Crear conciencia y sensibilizar al personal
- Inducir al personal hacia la minimización de generación de residuos
- Responsabilizar a cada generador del tratamiento de sus residuos para reducir su peligrosidad

**"Programa de Gestión Ambiental y Seguridad"**

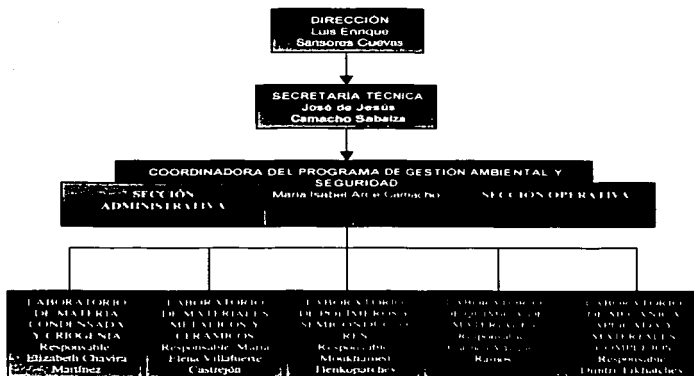
- Lograr la sustitución de reactivos tóxicos por algunos menos tóxicos.
- Implementar en el Instituto de Investigaciones en Materiales, una metodología de trabajo ambiental y segura
- Minimizar los riesgos

**Metas:**

- a) Caracterización del 50% de los residuos desconocidos acumulados en el Instituto de Investigaciones en Materiales.
- b) Reducir en un 50% la descarga de residuos peligrosos por el drenaje.
- c) Identificar el 50% de los residuos peligrosos generados en cada laboratorio de investigación a partir de la implementación del programa de gestión ambiental.

**2) Estructura Organizacional (Ver diagrama adjunto).**

Diagrama de la Estructura Organizacional del Instituto de Investigaciones en Materiales.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- 3) Caracterización de los residuos peligrosos generados en el Instituto de Investigaciones en Materiales. Esta etapa se divide en dos fases:
- a) Identificación de los residuos peligrosos, que genera cada laboratorio de Investigación: Al levantar el inventario se observó que se encontraban dos tipos de residuos peligrosos los "conocidos y desconocidos" los cuales debían trabajarse por separado, mientras que de uno de ellos se tenía toda la información, del otro; se desconocía todo por supuesto que los que tenían prioridad son los que ocasionaban mayor riesgo <sup>(14)</sup>.
- b) Caracterización de los residuos desconocidos.
- Se recolectan muestras de aproximadamente 200 ml en frascos color ámbar para los cuales, se emiten etiquetas por duplicado con el mismo folio, una de ellas para el frasco y la otra para el contenedor de origen de la muestra. Adicional a esto, se lleva una bitácora en la cual se hace un registro de las características físicas del residuo (olor, color, viscosidad, fases, volumen, descripción del etiquetado, si existe).

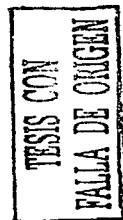
A cada muestra de estos residuos se les realizaron las pruebas básicas de identificación siguiente:

Ph. Peróxidos Compatibilidad	Solubilidad Clanuros	Halógenos Sulfuros	Oxidantes Flamabilidad
------------------------------------	-------------------------	-----------------------	---------------------------

Una vez analizado un perfil general, se procede a diseñar el tratamiento adecuado y la disposición final. Del inventario que se levantó, se obtuvieron los siguientes resultados:

**EDIFICIO A (MATERIA CONSENSADA Y CRIOGENIA)**

LABORATORIO	INVESTIGADOR	RESIDUO CONOCIDO	RESIDUO DESCONOCIDO
A-002	Chavira Martínez Elizabeth	√	√
A-108	Escamilla Guerrero Raúl	√	√



**EDIFICIO B (MATERIALES METÁLICOS Y CERÁMICOS)**

LABORATORIO	INVESTIGADOR	RESIDUO CONOCIDO	RESIDUO DESCONOCIDO
B-005	Villafuerte Castrejón Ma. Elena	√	√
B-008	Reyes Ortiz Raúl	√	√
B-101	Piña Barba Crislina	√	√

**EDIFICIO C (POLÍMEROS Y SEMICONDUCTORES)**

LABORATORIO	INVESTIGADOR	RESIDUO CONOCIDO	RESIDUO DESCONOCIDO
C-106	Tlenkopatchev Moukhamed	√	√
C-107	Likhatchev Dmitri	√	√
C-205	Ortiz Rebollo Armando	√	√

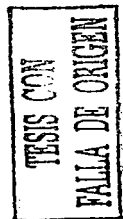
**EDIFICIO E (QUÍMICA DE MATERIALES)**

LABORATORIO	INVESTIGADOR	RESIDUO CONOCIDO	RESIDUO DESCONOCIDO
E-003	Vázquez Ramos Carmen	√	√
E-004	Canseco Martínez Miguel Ángel	√	√
E-005	Fomino Serguel	√	√
E-007	Ogawa Murata Takeshi	√	√
E-008	Estrada Yáñez Mima	√	√
E-009	López Romero Sebastian	√	√
E-012	Mendoza López Doroteo	√	√
E-013	Muhi Saunders Stephen	√	√

**EDIFICIO L (LAMINACIÓN)**

LABORATORIO	INVESTIGADOR	RESIDUO CONOCIDO	RESIDUO DESCONOCIDO
L-P.B	Lara Rodríguez Ángel Gabriel	√	√

Para la identificación y clasificación de los residuos de origen y composición conocida, se hicieron algunas pruebas para verificar su composición, posteriormente se revisó en la literatura los métodos de tratamiento reportados y se procedió a implementarlos.



Dentro de los residuos que fueron identificados, algunos presentaron un volumen que oscilaba entre los 200 ml y 1,250 l. A continuación se presentan algunos de éstos residuos:

NO HALOGENADOS	HALOGENOS
Ácido acético	Acetona
Acrilamida	Acetato de Etilo
Cianuro de Potasio	Alcohol etílico
Tetraóxido de osmio	Benceno
Aceite de Silicon	Clorobenceno
Aceite de bombas	Cloroformo
Etanol	Diclorometano / metanol
Tolueno	Hexano
Hidrocarburos	Cloruro de Vinilo
Metilacetona	Metanol
Xileno	1,3, Dicloropropeno
Keroseno	Percloroetileno
N-Hexano	Tricloroetileno
Isopropanol	Diclorometano
Propilenglicol	Tetracloruro de carbono
Ciclohexano	1,2-Diclorobenceno
Fenol	Triclorobenceno
Tetraóxido de Osmio	Tetracloroetano
2-Propanol	Tetracloroetileno
Tetrahidrofurano	1,4 Diclorobenceno
Piridina	1,2 Dicloroetano
N,N,Dimetil formamida	Heptacloro
Dimetil formamida	2,4,5 Triclorofenol
Dimetil sulfóxido	Hexaclorobenceno
Hitaconipiridona	Tetracloro
Acetonitrilo	Diclorobenceno

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los residuos encontrados en los diversos laboratorios, a pesar de tener nombres de productos, no son 100% puros, contienen impurezas disueltas o simplemente fueron resultado de reacciones químicas dado que pueden contener impurezas disueltas o simplemente están en solución ácida ó básica.

Las visitas de inspección realizadas nos permiten conocer el horario de trabajo de cada laboratorio, esto nos da la confiabilidad de saber a qué hora se encuentra el responsable de laboratorio o el técnico académico que nos proporcione la información que necesitamos. Para realizar la Identificación y caracterización de residuos peligrosos encontrados se aplicó una encuesta a cada uno de los laboratorios del Instituto.

La encuesta debía ser contestada por el Investigador o en sus caso el técnico académico responsable del laboratorio de tal forma que la información recopilada fuera lo más verídica posible.

A continuación se presenta el formato de la encuesta aplicada:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES

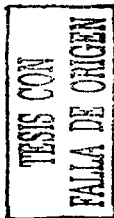
ENCUESTA

Laboratorio: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

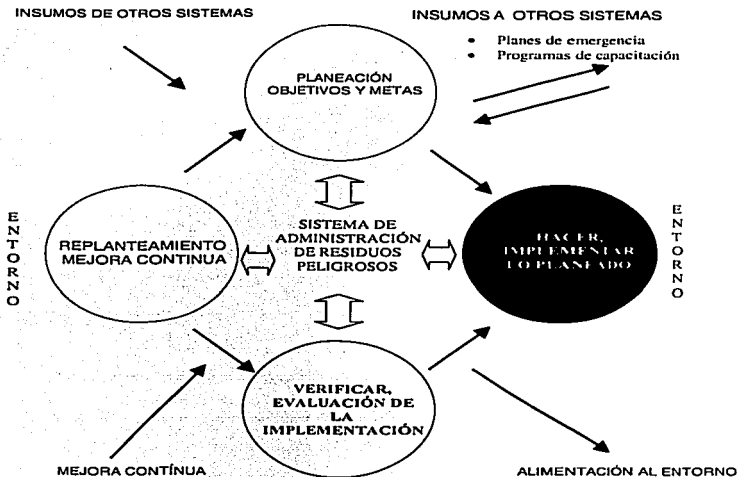
Nombre de quien contesta esta encuesta: \_\_\_\_\_

Puesto o actividad que realiza dentro del Instituto: \_\_\_\_\_

- 1.- ¿Conoce las hojas de Seguridad de los productos químicos que maneja? ¿En donde las consulta?
- 2.- ¿En el Instituto se cuenta con equipo de seguridad para atender derrames de productos químicos? ¿En dónde se ubica?
- 3.- ¿De qué forma se desechan los residuos químicos en su área?
- 4.- ¿Cuenta con los procedimientos para tratar sus residuos?
- 5.- ¿En su área de trabajo existen recipientes etiquetados especialmente para residuos químicos?
- 6.- ¿Existe alguna persona en su área encargada del manejo y disposición de los residuos generados? ¿Quién?
- 7.- ¿Sabes de algún programa dentro del Instituto que se encargue de la coordinación del manejo de los residuos químicos generados?
- 8.- ¿Sabe si se lleva acabo la recolección y acopio de los residuos químicos que el Instituto genera? ¿En dónde esta ubicada la zona de almacenamiento temporal?
- 9.- ¿A quién acude cuando tiene alguna duda o problema con residuos químicos?



V.2 HACER; IMPLEMENTAR LO PLANEADO.



Para la implementación del sistema, se debería organizaron varias acciones:

1) Se diseñó una etiqueta para identificar los residuos que genera el Instituto dado que anteriormente etiquetaban incorrectamente o simplemente no los etiquetaban y no contenían la información suficiente, esto permitiría primeramente establecer un orden y al mismo tiempo, acostumbrar a los generadores a identificar correctamente sus residuos (Figura VI.1).

La etiqueta contiene la siguiente información:



- Nombre del residuo: Esto permite la identificación de cualquier residuo en el momento que se requiera, pueda ser identificado por cualquier persona ya sea del mismo laboratorio o ajena a éste de manera rápida y fácil.

- b) **Responsable del laboratorio:** Es requisito saber a quien dirigirse en caso de que surja alguna duda con respecto a la composición del residuo.
- c) **Número de laboratorio:** Esto es de suma importancia dado que el Instituto cuenta con varios edificios como son edificio A, B, C, E, L
- d) **Fecha de inicio de la recolección y Fecha de término de la recolección:** Para conocer el periodo de tiempo en que se acumula cada residuo por laboratorio, lo que sin duda depende de l volumen de trabajo, pero es clave para efectos de la recolección programada.
- e) **Código CRETIB:** El código indica las características del residuo, de peligrosidad, corrosión, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, y biológico infeccioso. El uso del código permite a la vez enseñar al generador el uso y entendimiento de éste, los responsables de la adecuada identificación de los residuos son los propios generadores, trátase de estudiantes, profesores o investigadores.<sup>(17)</sup>



Figura VI.1: Etiqueta diseñada para el Instituto de Investigaciones en Materiales.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES



## Residuo Químico

Nombres o Fórmulas Químicas del Contenido

---

---








---

---

---

---

**Tipo de residuo:**

	TÓXICO	( )
	INFLAMABLE	( )
	REACTIVO	( )
	EXPLOSIVO	( )
	CORROSIVO	( )
	BIOLÓGICO	( )
	INFECCIOSO	( )

**Periodo de recolección**

Fecha de inicio: \_\_\_\_\_

Fecha de término: \_\_\_\_\_

**Responsable de Laboratorio:** \_\_\_\_\_

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2) Tratamiento de los residuos.

No existe un método general para el tratamiento de un residuo, dado que cada residuo es diferente y el diseño de su tratamiento va a depender de muchos factores, como si en el residuo se encontrarán presentes una o más sustancias, si están en solución ácida o básica, o en qué concentraciones se encuentra cada componente o si es un residuo con varias fases.

Considerando todos estos criterios y una vez identificados los residuos de generación más frecuente de origen y composición conocida, se procedió al tratamiento más adecuado, después de una ardua búsqueda bibliográfica. Dentro de los métodos reportados podemos mencionar los químicos (neutralización, precipitación, oxidación y reducción), físicos (filtración, cristalización, destilación, absorción) y biológicos (aeróbicos, anaeróbicos y enzimáticos).

Algunos de los tratamientos utilizados para los residuos encontrados en el Instituto de Investigaciones en Materiales son los siguientes <sup>(14)</sup>:

RESIDUO	TRATAMIENTO
PÉRÓXIDOS	Preparar una solución de sulfato ferroso 50%, exceso molar con agitación. 6g de $\text{FeSO}_4$ + 6 ml $\text{H}_2\text{SO}_4$ concentración. En 11 ml de agua se le añade al peróxido líquido insoluble, separar en un embudo de separación y enviar la fase orgánica a incinerar, la solución acuosa neutra se desecha al drenaje con abundante agua. <sup>(13)</sup>
PERSULFATO DE AMONIO	Añadir al residuo una cantidad considerable de hipoclorito de sodio, bisulfito de sodio, mas una sal ferrosa, agitar y adicionar cuidadosamente $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Completar la reducción con $\text{Na}_2\text{CO}_3$ o bien hasta que la solución quede neutra, filtrar si es necesario y desecher al drenaje la solución con abundante agua y el sólido mandarlo a incineración. <sup>(11)</sup>
PRUEBA DE CN (IDENTIFICACIÓN DE N)	Colocar 100mg de sulfato ferroso y 1ml del filtrado. Agitar y calentar cuidadosamente hasta ebullición 1 o 2 minutos. Agregar unas gotas de ácido sulfúrico diluido (1:1) para disolver los hidróxidos ferrosos y férrico, que se hubieran formado por oxidación con el aire durante la ebullición <sup>(12)</sup> . El pH deberá ser ácido, dejar reposar de 5 a 10 min. Observar la apariencia de un precipitado o una coloración azul <sup>(14)</sup> . Agregar hipoclorito al 6% y hacer pruebas hasta que de negativo, neutralizar hasta pH=8 con ácido sulfúrico, cuidando la reacción ya que puede ser violenta. <sup>(11)</sup>

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

ÁCIDO ACÉTICO	En un contenedor de vidrio agregar suficiente agua, adicionar cuidadosamente la sustancia a tratar para su previa disolución. Ajustar el pH a nuestro solución acuosa básica (sosa comercial o carbonato de sodio) y desechar al drenaje con abundante agua. <sup>(20)</sup>
ANHÍDRIDO ACÉTICO	En un contenedor de vidrio agregar suficiente agua, adicionar cuidadosamente la sustancia a tratar para su previa disolución. Ajustar el pH a nuestro hidróxido de sodio al 5% y desechar al drenaje con abundante agua. <sup>(11)</sup>
ÁCIDO FLUORHÍDRICO	A la solución acuosa adicionar un exceso de hidróxido de calcio y dejar reaccionar por 24 horas, en una campana o filtrar el sólido resultante y empacar para su disposición. La solución desecha neutra al drenaje con abundante agua. <sup>(20)</sup>
ÁCIDO FOSFÓRICO	Adicionar lentamente un volumen equivalente de una solución de carbonato de sodio ó hidróxido de calcio hasta neutralizar. Verifica el pH y el color de la solución. La solución neutra se desecha al drenaje con un exceso de agua. Usar equipo de protección. <sup>(11)</sup>
CLORURO FÉRRICO	Adicionar un volumen considerable de agua, agitar y adicionar lentamente $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Reposar 24 horas, neutralizar y desechar la solución y empacar el sodio para confinamiento. <sup>(11)</sup>
CIANUROS	Tome 1ml de solución residual y añada 0.5ml de solución saturada de sulfato ferroso, agite y acidule con solución de ácido sulfúrico al 30%, la formación de un color azul le indica presencia de cianuros. Si la prueba anterior resultó positiva trate la solución residual de la siguiente manera: Si el residuo presenta material insoluble filtre. Añadir una solución de hipoclorito de sodio al 6% de modo que tenga un exceso del 50% respecto a la cantidad de cianuro que va a ser oxidada, se deja reposar 30 minutos, repita la prueba anterior; si es positiva añada nuevamente hipoclorito de sodio, si es negativa se deja reposar una hora más y se desecha al drenaje con abundante agua. <sup>(20)</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

BROMO	Preparar una solución de bisulfito de sodio saturada, acidificada con ácido sulfúrico (3M). Esta solución se adiciona a la muestra problema y se deja reaccionar por una hora aproximadamente. Posteriormente la mezcla de soluciones se neutraliza y se desecha al drenaje con abundante agua. <sup>(11)</sup>
CLORURO DE CALCIO	En un contenedor de vidrio agregar suficiente agua, adicionar cuidadosamente la sustancia a tratar para su previa dilución. Ajustar el pH a neutro (7) con solución acuosa ácida si es base y solución básica (sosa comercial) si se trata de un ácido. Verter al drenaje. <sup>(20)</sup>
PERMANGANATO DE POTASIO	<p>Tratamiento 1</p> <p>Tomar 5 g de permanganato de potasio y diluirlo en 200 ml de una solución de NaOH 1M y agregar 10 g de metabisulfito de sodio, si el color púrpura de la solución no cambia, agregar más metabisulfito de sodio. Dejar agitando por 30 minutos, diluir con 200 ml de agua. Desechar neutra la solución y mandar el ácido a incineración.</p> <p>Tratamiento 2</p> <p>Adicionar al residuo una solución saturada de bisulfito de sodio en medio ácido. Dejar reposar 30 minutos y desechar neutro.<sup>(11)</sup></p>
SULFATO FERROSO AMONIACAL	Colocar en un recipiente de vidrio un exceso de agua y adicionar lentamente el residuo a tratar, agitar con un pequeño exceso de carbonato de sodio. Deje reposar 24 horas. Decantar la solución y neutralizar con HCl 6 M y desechar al drenaje con abundante agua.
CLORURO DE ALUMINIO	Cubrir con una capa de bicarbonato de sodio en un recipiente grande. Humedecer con hidróxido de amonio 6 M y cubrir con hielo, continuar humedeciendo hasta que dejen de desprenderse vapores de cloruro de amonio. Finalmente neutralizar y desechar al drenaje con abundante agua. <sup>(20)</sup>
CLORURO DE BARIO	Dissolver en HCl 6M y filtrar, neutralizar la solución con hidróxido de amonio 6M. Precipitar con un exceso de carbonato de sodio y desechar al drenaje. <sup>(11)</sup>
ACIDO PERCLÓRICO	Agitar e ir agregando al residuo 50% de exceso de agua fría, neutralizar con Hidróxido de sodio diluido hasta pH 7. Desechar con abundante agua. <sup>(11)</sup>
MEZCLA DE ÁCIDOS	Verificar pH, ver presencia de sólidos y color, para 50 ml cuantificar cuanta base se necesita para neutralizar. Para soluciones con pH bajos no se utiliza carbonato de sodio, solamente para soluciones con pH entre 5 y 6. <sup>(20)</sup>
ACEITES LUBRICANTES QUEMADOS	Hacer pruebas de compatibilidad para negativos y mandar incinerar a una empresa autorizada. <sup>(11)</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



CALENDARIO DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES

LABORATORIO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	
<b>EDIFICIO A PLANTA BAJA</b> Laboratorio de alíneas Dra. Elizabeth Chavira	Vie 10 17	Vie 14	Vie 14	Vie 11	Vie 4	Vie 5	Vie 13	Vie 4	Vie 1	Vie 5	Vie 10	Vie 7
<b>EDIFICIO A PLANTA ALTA</b> Laboratorio de caracterización de Espesígrafos Dr. Raúl Escamilla	Vie 10 17	Vie 7 14	Vie 7 14	Vie 4 11	Vie 2 9	Vie 6 13	Vie 4 11	Vie 1 8	Vie 5 12	Vie 3 10	Vie 7 14	
<b>EDIFICIO B PLANTA BAJA</b> Laboratorio de materiales electrónicos Dra. María Elena Vilafuerte	Vie 10 17	Vie 7 14	Vie 7 14	Vie 4 11	Vie 2 9	Vie 6 13	Vie 4 11	Vie 1 8	Vie 5 12	Vie 3 10	Vie 7 14	
<b>EDIFICIO B PLANTA ALTA</b> Laboratorio de biomateriales Dra. Cristina Piza	Vie 10 17	Vie 7 14	Vie 7 14	Vie 4 11	Vie 2 9	Vie 6 13	Vie 4 11	Vie 1 8	Vie 5 12	Vie 3 10	Vie 7 14	
<b>EDIFICIO C 1er. Piso</b> Laboratorio de polímeros Dr. Dmón Lehnatchev Dr. Mohamed Terepashchev	Vie 10 17	Vie 7 14	Vie 7 14	Vie 4 11	Vie 2 9	Vie 6 13	Vie 4 11	Vie 1 8	Vie 5 12	Vie 3 10	Vie 7 14	
<b>EDIFICIO C 2do. Piso</b> Laboratorio de Preparación de muestras T1.2 Dr. Juan Carlos Herrera Dr. Armando Ortiz	Vie 10 17	Vie 7 14	Vie 7 14	Vie 4 11	Vie 2 9	Vie 6 13	Vie 4 11	Vie 1 8	Vie 5 12	Vie 3 10	Vie 7 14	

Figura VI.2 Calendario de Recolección del Instituto de Investigaciones en Materiales

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

EDIFICIO E											
<b>Laboratorio de caracterización de muestras</b> O.F.B. Carmen Vázquez Ramos	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14
<b>Laboratorio de microbiología ambiental</b> O.F.B. Miguel Garza	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14
<b>Laboratorio de análisis físico-químico</b> Dr. Sergio Fornie Dr. Tereza Ogilvie	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14
<b>Laboratorio de química de metales pesados</b> Dr. María Estrada	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14
<b>Laboratorio de análisis de metales pesados</b> Dr. Sebastián López	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14
<b>Laboratorio de aguas</b> Dr. Doroteo Méndez	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14
<b>Laboratorio de aguas</b> Dr. Stephen Muri	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14
<b>LABORATORIO</b> <b>Laboratorio de biología</b> Mtro. Gabriel Ángel Lara	Venes □ 10 ■ 17	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 7 ■ 14	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 2 ■ 9	Venes □ 6 ■ 13	Venes □ 4 ■ 11	Venes □ 1 ■ 8	Venes □ 5 ■ 12	Venes □ 3 ■ 10	Venes □ 7 ■ 14

ENTREGA DE LA RELACION DE RESIDUOS A LA SEC TEC (ING. CALMACHO)

RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN EL LABORATORIO DE TRATAMIENTOS

TESIS CON  
FALTA DE PAGOS

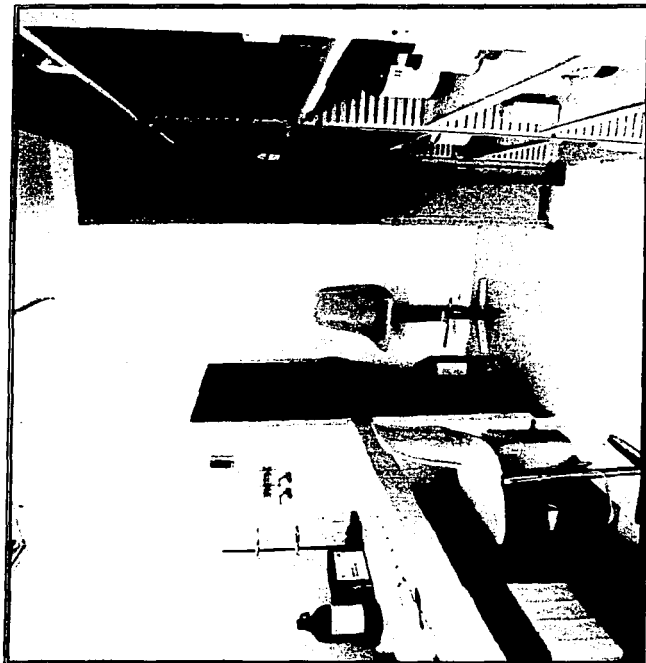
Los procedimientos seguidos para la recolección de los residuos químicos son los siguientes:

Cada investigador de los diferentes laboratorios deposita el residuo químico en los contenedores asignados y le coloca la etiqueta correspondiente, ya que toda persona que trabaje en el laboratorio tiene obligación de etiquetar correctamente los residuos que genere <sup>(4)</sup>. Las primeras etiquetas y la forma de llenado de las mismas fueron realizadas por la autora de éste trabajo. Una vez recolectados los residuos de los diferentes laboratorios, se transportan a la caseta de tratamiento de los residuos peligrosos construida con la finalidad para realizar los trasvases, fue necesario utilizar el equipo de protección adecuado, como es: bata, *goggles*, mascarilla para respirar, guantes y seguir todos los lineamientos necesarios de seguridad para el correcto almacenamiento de los residuos <sup>(4)</sup>. El contenedor se recupera vacío y se entrega al laboratorio correspondiente, sin lavar, puesto que como ya está etiquetado es fácil saber de qué residuo se trata y puede usarse nuevamente para el mismo residuo.

Para el tratamiento y almacenamiento de los residuos del Instituto se diseñó un pequeño laboratorio, de acuerdo a los lineamientos marcados en la Ley General de Equilibrio Ecológico. Este laboratorio está alejado de los laboratorios y cuenta con los equipos básicos de seguridad. (Figuras VI.3 y VI.4).

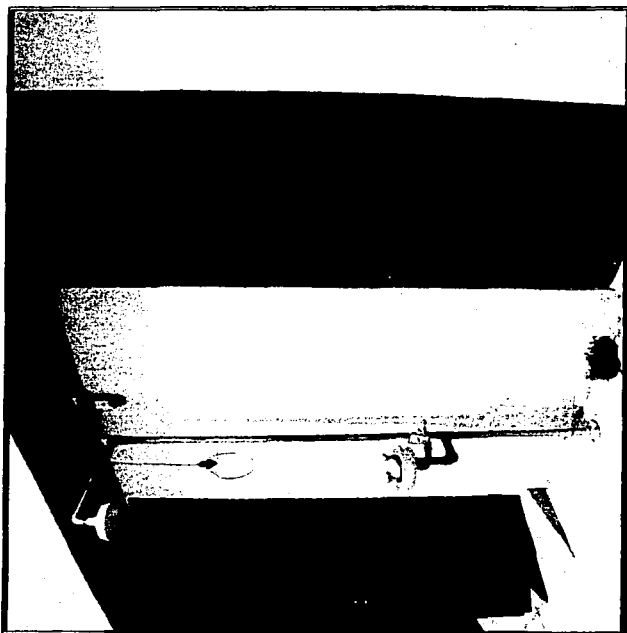


Figura VI.3: Laboratorio de Tratamiento de los residuos del Instituto de Investigaciones en Materiales.



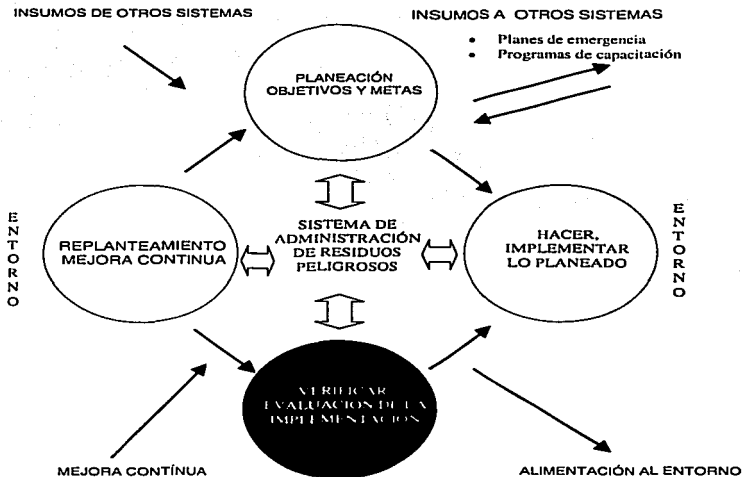
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura VI.4: Exterior del laboratorio de tratamiento de residuos del Instituto de Investigaciones en Materiales.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### VI.3 VERIFICAR; EVALUAR IMPLEMENTACIÓN



Los objetivos y metas de cualquier programa deben evaluarse periódicamente con la finalidad de verificar el cumplimiento de éstos en función de los resultados obtenidos.

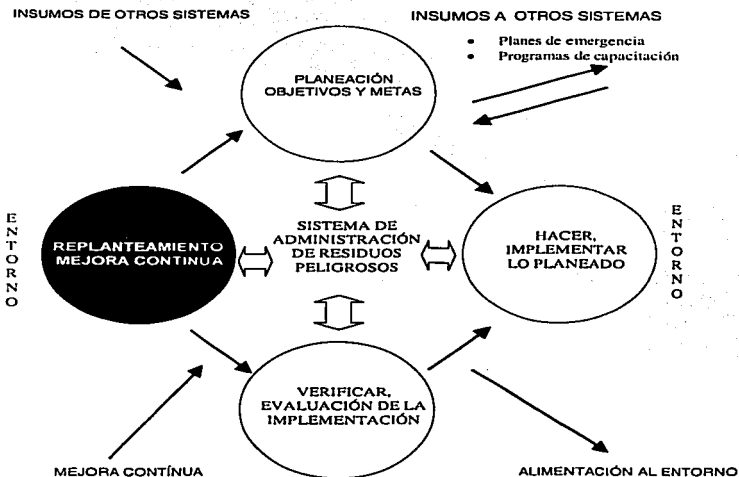
Para verificar que la implementación esté funcionando, o en su caso presente un problema operativo, se evaluaron los siguientes aspectos:

- La respuesta de los investigadores ha sido favorable con respecto a la implementación del programa de gestión ambiental y seguridad. Periódicamente envían sus listas de residuos a la Secretaría Técnica de acuerdo a lo programado con el calendario de recolección. Sus residuos están debidamente etiquetados, y en caso de necesitar contenedores y bolsas para sus sólidos, acuden a nosotros.

Uno de los logros más importantes es la difusión del programa implementado, pues cada vez más investigadores se integran al programa, incluyendo el personal nuevo. Así también gracias al apoyo que se ha recibido por parte de la dirección que proporcionó todo el equipo seguridad necesario para el tratamiento de sus residuos, así como también los reactivos necesarios para dichos tratamientos.

- b) Algunos de los importantes logros, es que contamos con la colaboración de la persona encargada de higiene y seguridad, con la cual colaboramos en la elaboración del inventario de reactivos del almacén del Instituto, y la cual también ha mencionado que ha observado grandes cambios en el lugar, con respecto al manejo de los residuos peligrosos desde que se inició con el programa de gestión ambiental y seguridad.
- c) Se logró la caracterización del 90% de los residuos desconocidos acumulados en el Instituto de Investigaciones en Materiales; de igual forma, se logró reducir en un 90% la descarga de residuos peligrosos por el drenaje y, finalmente, se identificó el 90% de los residuos peligrosos generados en cada laboratorio de investigación a partir de la implementación del programa de gestión ambiental.

VI.4 Replanteamiento de mejora continua.



Una vez establecido el programa de gestión ambiental y seguridad, uno de los puntos importantes es reafirmar los logros del programa implementado, así como considerar los puntos siguientes para no llegar al fracaso de dicho programa:

- Difundir los objetivos y metas a todo el personal del Instituto de Investigaciones en Materiales.
- Tener conciencia de los beneficios que nos ofrece el programa y sus costos
- Elaborar un calendario programado de actividades para implementar el programa de minimización de residuos
- Dar por lo menos una vez al año un curso al personal del Instituto sobre el manejo de materiales y residuos peligrosos, en el cual se traten los siguientes puntos:

- El manejo adecuado de residuos y sustancias químicas.
  - Importancia de un inventario
  - Información sobre riesgos y almacenamiento
  - Hojas de seguridad
  - Primeros auxilios en el laboratorio
  - Tratamiento de residuos en el laboratorio
  - Equipo de protección personal en el laboratorio
  - Medidas de seguridad en caso de incendio
  - Control de derrames
  - Tener un responsable del programa
  - Realizar una revisión de los residuos generados, acumulados y desconocidos anteriormente con los actuales para verificar si en realidad ha funcionado parte de este programa
  - Tratar de coordinar el programa con otros existentes en caso de haberlos
  - Involucrar al personal del Instituto a colaborar y hallar opiniones con respecto al funcionamiento del programa y dar ideas nuevas con respecto a cómo mejorar dicho programa
- e) Elaborar un manual de procedimientos de seguridad para los laboratorios del Instituto
- f) Lograr la sustitución de reactivos tóxicos por otros inocuos
- g) Incluir en la red de todo el Instituto, los tratamientos, las hojas de seguridad y las fechas de recolección.

## CAPITULO VII CONCLUSIONES

Finalmente podemos decir que se cumplieron satisfactoriamente los objetivos y metas que se plantearon inicialmente como es el funcionamiento del programa de gestión implementado en el Instituto de Investigaciones en Materiales.

Dentro de los beneficios obtenidos podemos mencionar que todo el personal que labora en el Instituto actualmente etiqueta cada uno de los reactivos utilizados y los residuos generados, ya no existen residuos desconocidos acumulados, lleva un control de los inventarios de materiales y sustancias químicas, así como de los residuos peligrosos generados dentro del Instituto.

Una de las metas conseguidas fue crear conciencia en el personal de este Instituto, que es responsabilidad de ellos dar el tratamiento adecuado a sus residuos que generan o en caso de no tener conocimiento buscar a la persona adecuada para la disposición de estos residuos.

Actualmente no se mezclan materiales no peligrosos con los peligrosos dado que esto ocasionaría el aumento de volumen de residuos peligrosos y por lo tanto aumentaría el costo de tratamiento.

Se han mejorado las condiciones de seguridad e higiene del personal del Instituto al disminuir el volumen de residuos peligrosos existentes en el Instituto.

Se cuenta con un presupuesto destinado al programa, para cubrir los costos que implique el tratamiento, manejo, empaque y traslado de los residuos para incineración o confinamiento según sea el caso.

Se efectúa un intercambio de información entre estudiantes, investigadores y directivos sobre los beneficios de este Programa de Gestión Ambiental y Seguridad implementado en el Instituto.

Así mismo podemos decir que este programa nos enseñó la forma adecuada de coordinarnos con el área administrativa del IIM, principalmente por las razones siguientes:

- Evitar comprar materiales en exceso
- Evaluar la posibilidad de comprar materiales alternativos de menor peligrosidad
- Crear conciencia en los empleados para que utilicen primero los productos mas antiguos y realicen la rotación de los contenedores situados en el fondo de los

estantes hacia delante cuando llegue el material nuevo y así evitar acumulación de reactivos obsoletos.

Se espera que el Instituto de Investigaciones en Materiales siga participando en la mejora continua de este programa participando voluntariamente en los programas de minimización de residuos peligrosos, pues aún falta mucho por hacer.

Para este trabajo fue importante la relación y colaboración con investigadores de alto nivel y liderazgo académico, quienes se mostraron concientes, proactivos, sensibles y dispuestos a colaborar con programas de gestión ambiental y de seguridad como el implementado durante este trabajo.

Las autoridades del IIM, coincidieron con la principal finalidad e idea de este trabajo: el cuidado del ambiente es responsabilidad de cada uno de nosotros.



## CAPITULO VIII BIBLIOGRAFÍA

1. Benítez, C. 1994. *Mecanismo para el manejo de residuos en los laboratorios del departamento de nutrición*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, pp 4-6.
2. Cortinas de Nava y C. Mosler. 2002. *Gestión de residuos peligrosos*. 1ª ed. PROGRAMA UNIVERSITARIO DEL MEDIO AMBIENTE, Universidad Nacional Autónoma de México, 449 p.
3. INE- SEMARNAT. 13 dic de 1996. ley general de equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA.) <http://www.ine.gob.mx/uej/igepa/index.html>
4. *Laboratory Waste Management. A guide book. ACS task force on Laboratory Waste Management. American Chemical Society Washington D.C. 1994.*
5. 1998. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente (LGEEPA) y disposiciones complementarias. 16ª ed. Porrúa.
6. Rodríguez, J. 1998. *Introducción a la Administración con enfoque de sistemas*. 3ª ed. ECAFSA, México, 247 p.
7. Walton, M. 1992. *¿Cómo administrar con el método de Deming?* NORMA. (20):89 p.
8. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. Instituto nacional de ecología. Dirección general de materiales residuos y actividades riesgosas.
9. Martínez, H. 2001. *Sistema de administración de los residuos peligrosos para la industria química*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, pp. 15-23.
10. Normas oficiales mexicanas para la protección ambiental para el control de residuos peligrosos <http://www.ine.gob.mx/dgra/normas/respel/index.htm>
11. George, L. y Sansone, B. 1990. *Wiley Destruction of Hazardous Chemical in the laboratory*. Interscience publication, USA.
12. Programa para la minimización y manejo integral de residuos Industriales peligrosos en México 1996- 2000. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.
13. D.D. 1983. *Prudent practices for handling hazardous chemicals in laboratories*. National Academy Press, Washington.
14. 2001. *Química orgánica: experimentos con enfoque ecológico*. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. UNAM, México.
15. 1988. SEDUE. Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos, DOF 25 nov de 1
16. Secherkenbach, W. 1995. *La ruta de Deming hacia la mejora continúa*. CECSA, México.
17. Sánchez, S. Diseño del mecanismo de gestión ambiental de materiales y residuos peligrosos para el Instituto de Fisiología Celular. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México, 1998.
18. Kaufman, J. Y L. Chelsa. 1990. *Waste disposal in academic institutions*. Miami, Florida.
19. <http://www.limatercu.unam.mx/labs.htm>
20. 1996. Hazardous Laboratory Chemicals disposal guide. Margaret-Ann Armor Lewis Publishers. 2a Ed., USA.