

26
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

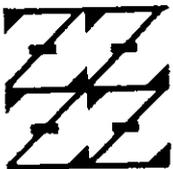
ASPECTOS BASICOS EN LA PLANEACION Y EJECUCION DE AUDITORIAS AMBIENTALES EN MATERIA DE RESIDUOS SOLIDOS, RESIDUOS PELIGROSOS Y CONTAMINACION AL SUELO, SUBSUELO Y AGUAS SUBTERRANEAS EN INSTALACIONES PETROQUIMICAS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO PRESENTA :

MARTIN ORLANDO MIRANDA HERRERA

UNAM
FES
ZARAGOZA



LO HEMOS HECHO
DE NUESTRA ESPERANZA

MEXICO, D. F.

ENERO 1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

258427



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
JEFATURA DE INGENIERIA QUIMICA
OFICIO: 082/001/97

C. Martín Orlando Miranda Herrera
Presente

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

Presidente: I.Q. Miguel José Flores Galaz
Vocal: I.B.Q. Marco Antonio Romero Gil
Secretario: M. en C. Alberta Lourdes Castillo Granada
Suplente: I.Q. José Antonio Zamora Plata
Suplente: I.Q. Balbina Patricia García Aguilar

A T E N T A M E N T E
"LO HUMANO EJE DE NUESTRA REFLEXION"
México, D.F., 27 de Octubre de 1998

I.Q. Magín Enrique Juárez Villar
Jefe de la Carrera

Irm

**EL PRESENTE TRABAJO HA SIDO REALIZADO BAJO EL
AUSPICIO DE GRUPO CONSAMIN, S.A. DE C.V.**

AGRADECIMIENTOS:

Al Ing. Marco Antonio Romero Gil, por su apoyo y valiosa colaboración para la realización del presente trabajo.

Al Biol. José Luis Lacer Lara, por haberme brindado todas las facilidades y recursos para la elaboración de esta tesis.

A los Ingenieros Balbina P. Aguilar García A., Miguel J. Flores G., José A. Zamora P. y a la Maestra en Ciencias Alberta L. Castillo G. por sus acertados comentarios y correcciones.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

DEDICO ESTE TRABAJO A:

MIS PADRES.

María de Lourdes: Porque eres lo más significativo en mi vida, por haberme dado todo de tí y porque, aunque no soy el hijo que Tú te mereces, te voy a querer por siempre.

Nabor: Por toda tu generosidad de espíritu, por dejarme crecer y ser feliz a tu lado y por todo lo que te debo. Gracias papá, te quiero.

MI HERMANO.

Héctor Manuel. Porque dame tu cariño, por ser mi hermano y mi amigo, porque te quiero mucho.

MI ESPOSA.

Mónica Jazmín. Por compartir conmigo tu vida, y construir juntos el destino que queremos. Te amo.

MIS AMIGOS.

A quienes no nombro por miedo a olvidarme de alguien. Gracias por estar conmigo en los buenos y malos tiempos, por brindarme su amistad y hacer mi vida mejor. Ojalá y siempre estemos cerca.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION.....	2
1.1 Antecedentes y generalidades en la realización de Auditorías Ambientales.....	2
1.2 Forma de organización de la Auditoría Ambiental Integral.....	3
1.3 Auditoría Ambiental en Materia de Residuos Sólidos y Residuos Peligrosos. Generalidades.....	4
1.4 Auditoría Ambiental en Materia de Contaminación del Suelo, Subsuelo y Aguas Subterráneas. Generalidades.....	13
2. MARCO LEGAL.....	15
2.1 Antecedentes.....	15
2.2 Sustento legal para la realización de Auditorías Ambientales.....	18
2.3 Normatividad y reglamentación aplicable en materia de Residuos Sólidos y Residuos Peligrosos y control de la Contaminación del Suelo, Subsuelo y Aguas Subterráneas.....	18
2.3.1 Estado de la legislación mexicana en materia de prevención y control de la Contaminación del Suelo por Residuos Sólidos y Peligrosos.....	31
3. PREPARACION DE AUDITORIA.....	33
3.1 Industria petroquímica. Generalidades.....	33
3.1.1 Generación de residuos en las operaciones de la industria petroquímica.....	50
3.2 Residuos industriales generados en la industria petroquímica.....	60
3.3 Actividades de preauditoria.....	63
3.3.1 Procedimientos de auditoría.....	63
4. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE AUDITORIA EN CAMPO.....	104
4.1 Detección y análisis de las fuentes de generación de residuos industriales.....	104
4.2 Levantamiento del inventario de residuos industriales.....	107
4.3 Caracterización de residuos industriales.....	109
4.4 Residuos peligrosos.....	111
4.4.1 Bifenilos policlorados.....	117
4.4.2 Asbestos.....	119
4.5 Contaminación del Suelo.....	122
4.5.1 Contaminación del suelo y subsuelo.....	123
4.5.2 Contaminación del manto freático.....	132
5. TRABAJO EN GABINETE.....	139
6. ANALISIS DE RESULTADOS Y DICTAMINACION.....	147
7. CONCLUSIONES.....	156
8. ANEXOS.....	158
Anexo I. Formatos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente para la realización de auditorías ambientales.....	158
Anexo II. Extracto de la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93.....	166
Anexo III. Criterios para agua subterránea y suelo contaminados con hidrocarburos del estado de Arizona (E.U.A.).....	167
Anexo IV. Criterios de remediación de suelo del Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente.....	167
9. BIBLIOGRAFÍA.....	167

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. DATOS DE LA EXPOSICIÓN DE POBLACIONES HUMANAS A METALES. 8

Tabla 2. EJEMPLOS DE EXPOSICIÓN DE POBLACIONES A CONFINAMIENTOS NO
CONTROLADOS DE RESIDUOS INDUSTRIALES. 9

Tabla 3. ACCIDENTES QUÍMICOS AMPLIAMENTE PUBLICITADOS. 9

Tabla 4. EJEMPLOS DE DISPOSICIÓN INADECUADA DE RESIDUOS EN MÉXICO. 10

Tabla 5 RESUMEN DE PROCESOS DE REFINACIÓN. 33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 ORGANIGRAMA DE AUDITORÍA AMBIENTAL.....6

Figura 2. ESTRUCTURA JURÍDICA VIGENTE EN LA REPÚBLICA MEXICANA 17

Figura 3. ESTRUCTURA LEGISLATIVA EN MATERIA AMBIENTAL..... 19

Figura 4. ESTRUCTURA LEGISLATIVA EN MATERIA AMBIENTAL.....20

Figura 5 SEPARACIÓN DE PRODUCTOS DE DESINTEGRACIÓN TÉRMICA.....33

Figura 6 PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO33

Figura 7 OBTENCIÓN DE AMONIACO33

Figura 8 OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO.....33

Figura 9 OBTENCIÓN DE GLICOLES DE ETILENO33

Figura 10 OBTENCIÓN DE CLORURO DE ALILO33

Figura 11. OBTENCIÓN DE BUTADIENO33

Figura 12 OBTENCIÓN DE DETERGENTES ALQUILADOS.....33

Figura 13 OBTENCIÓN DE POLIBUTENOS33

Figura 14 OBTENCIÓN DE POLIETILENO A PRESIÓN MEDIA33

Figura 15 OBTENCIÓN DE POLIETILENO A BAJA PRESIÓN33

Figura 16 OBTENCIÓN DE POLIETILENO A ALTA PRESIÓN.....33

Figura 17 OPERACIÓN DE ABSORCIÓN.....33

Figura 18. OPERACIÓN DE ADSORCIÓN.....33

Figura 19. OPERACIÓN DE CENTRIFUGACIÓN.....33

Figura 20. OPERACIÓN DE CONDENSACIÓN33

Figura 21. OPERACIÓN DE DESTILACIÓN.....33

Figura 22. OPERACIÓN DE EVAPORACIÓN33

Figura 23. OPERACIÓN DE EXTRACCIÓN33

Figura 24. OPERACIÓN DE FILTRACIÓN33

Figura 25. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE REACTORES.....33

Figura 26. OPERACIÓN DE INTERCAMBIO IÓNICO33

Figura 27. REPRESENTACIÓN DE UN TREN DE TRATAMIENTO DE AGUAS33

Figura 28. OPERACIÓN DE SEDIMENTACIÓN33

Figura 29. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS SEGÚN SU CLAVE
CRETIB33

Figura 30. ESTRUCTURA DE ALGUNOS BIFENILOS POLICLORADOS.....33

Figura 31. LEVANTAMIENTO DE RESISTIVIDADES EN EL TERRENO.....33

Figura 32. ZONAS PRINCIPALES DEL AGUA SUBTERRÁNEA33

Figura 33. ESQUEMA DE POZO PARA MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA33

Figura 34. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL DICTAMEN DE AUDITORÍA.....33

Figura 35 FILOSOFÍA ACTUAL EN EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS33

RESUMEN

En el presente trabajo se incluyen los aspectos básicos para la realización de auditorías ambientales en materia de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo en plantas petroquímicas.

Inicialmente se tratan los aspectos sobre antecedentes, características y estructura de las auditorías ambientales. A continuación se establecen las generalidades referentes a residuos sólidos, residuos peligrosos y la contaminación al suelo, subsuelo y manto freático.

Una vez establecido lo anterior, se trata el tema de la legislación ambiental, su aplicación y características dentro del entorno legislativo mexicano, mencionándose los fundamentos legales para la realización de auditorías ambientales y la legislación y normatividad aplicable a los rubros estudiados.

A continuación se presentan los elementos relacionados con la preparación de una auditoría ambiental en materia de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo, mediante una semblanza referente a las características de la industria petroquímica, su ámbito y situación, para proceder a vincular los procesos petroquímicos con la generación de residuos industriales y la afectación al suelo, identificando los procesos y operaciones representativos, así como los residuos generados en las actividades mencionadas. Con base en lo anterior, se desarrollan procedimientos de auditoría, que constituyen la base de la preparación de la auditoría.

En el siguiente apartado se proporcionan guías útiles para el desempeño del proyecto en campo, destacando puntos de interés para cada rubro de estudio.

Por último, se proporcionan las características requeridas para el reporte de los resultados a la autoridad y se establecen las conclusiones del trabajo, destacándose la importancia de la aplicación de mecanismos de gestión ambiental, tales como las auditorías ambientales para el monitoreo y control de las actividades que representan el riesgo potencial de ocasionar deterioros al ambiente y la necesidad de complementar y actualizar la legislación en materia de manejo de residuos y prevención y control de contaminación al suelo.

1. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes y generalidades en la realización de Auditorías Ambientales.

Las Auditorías Ambientales surgen a mediados de los años 70's en los Estados Unidos como una necesidad de las corporaciones industriales para reconocer problemas actuales y potenciales en los campos de contaminación ambiental, salud y seguridad con consecuencias potenciales o reales, tanto a la organización corporativa como a su administración^[5].

A finales de los años 70's la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), consideró como parte de los procesos de otorgamiento de permisos a la industria, la aplicación de Auditorías Ambientales, cuyos resultados deberían ser reportados a las autoridades ambientales y a la E.P.A. Sin embargo, muchos empresarios objetaron estos requerimientos. No fue hasta 1986 cuando la USEPA estableció un acuerdo en el que se recomendaba su aplicación para lo que este organismo apoyaba con información y metodología a las compañías interesadas dentro de los Estados Unidos. Por otro lado, en los últimos años, la E.P.A. ha convenido el uso de programas de Auditorías Ambientales en intercambio de reducción de multas^[5].

En 1992, dentro del seno de la Secretaría de Desarrollo Social (hoy SEMARNAP), nace en México la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente la cual a su vez instituye la Subprocuraduría de Auditorías Ambientales, cuyo propósito es promover y realizar auditorías ambientales y peritajes a las empresas o entidades públicas y privadas de jurisdicción federal respecto de los sistemas de explotación, almacenamiento, transporte, producción, transformación, comercialización, uso y disposición de desechos, de compuestos o actividades que por su naturaleza constituyan un riesgo potencial para el ambiente, verificando los sistemas y dispositivos necesarios para el cumplimiento de la normatividad ambiental, así como las medidas y capacidad de las empresas o entidades, para prevenir y actuar en caso de contingencias y emergencias ambientales^[29].

Actualmente, las Auditorías Ambientales se ven como una herramienta que puede asegurar tanto a los legisladores ambientales como a los empresarios, un cumplimiento adecuado de las leyes ambientales e indicar las deficiencias en una empresa que pueden y deben ser corregidas. El cumplimiento de las leyes y regulaciones en materia ambiental, es la principal razón en el desarrollo de un Programa de Auditoría.

Las auditorías ambientales consisten en la revisión exhaustiva de las actividades realizadas por una planta industrial (u otro tipo de centros de trabajo), identificando las prácticas de control de contaminación ambiental aplicadas para mitigar y/o minimizar el impacto ambiental y el riesgo potencial del proceso que utiliza, en términos del cumplimiento con la legislación ambiental vigente y de la observancia de prácticas seguras de ingeniería^[5].

La Subprocuraduría de Auditorías Ambientales, dentro del ámbito de sus funciones, se encarga de la autorización y selección de las empresas privadas que participan en la realización de auditorías ambientales, debido a que no sería posible contar con los recursos requeridos para auditar la planta

productiva nacional en el interior de la Subprocuraduría. No obstante, todas las auditorías ambientales son supervisadas durante su realización por empresas encargadas de verificar el cumplimiento de las disposiciones normativas, además de que todos los documentos finales son revisados y autorizados por personal directamente adscrito a la Subprocuraduría, con lo que se asegura que los trabajos cumplan en forma y contenido con los alcances planteados.

En México, las Auditorías Ambientales no son aún un requisito obligatorio por Ley, sin embargo, pueden ser requeridas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) cuando a juicio de ella, una instalación industrial represente un problema potencial de generación de contaminación ambiental y de riesgo al entorno físico de la planta y fuera de ella.

Aún así, desde 1992, se ha llevado a cabo un Programa de Auditorías Ambientales a nivel nacional en el que se incluyeron, por orden del gobierno, diversas instalaciones industriales, tanto de entidades públicas como privadas, seleccionadas bajo un criterio arbitrario de riesgo asociado al proceso de producción. Sin embargo, y desafortunadamente, para los intereses industriales y la buena intención hacia las políticas de control ambiental, los procedimientos de las Auditorías Ambientales, presentan todavía diversos problemas en México, lo que ha creado desconfianza en el sector industrial en virtud de la poca capacidad y profesionalismo de un gran número de firmas de Auditoría Ambiental⁽⁵⁾.

En este punto, vale la pena mencionar que una Auditoría Ambiental no sólo representa una herramienta para detectar puntos de incumplimiento con la normatividad y reglamentación, y por consecuencia el pago de multas y/o el peligro de clausuras. Presenta además los siguientes beneficios potenciales:

1. Permite identificar puntos en los que es factible incrementar las condiciones de seguridad en aquellas situaciones de riesgo detectadas.
2. Mantiene actualizadas las actividades de control ambiental;
3. Mejora las relaciones entre el corporativo y las autoridades;
4. Fortalece la efectividad de la gerencia ambiental;
5. Mejora la planeación financiera;
6. Protege contra demandas civiles;
7. Mejora las relaciones públicas con la comunidad.

1.2 Forma de organización de la Auditoría Ambiental Integral.

Segmentos de estudio dentro de la realización de la Auditoría Ambiental.

Para cubrir toda la gama de objetivos y alcances previamente descritos, resulta indispensable combinar los esfuerzos de una gama de profesionales dedicados al estudio de las distintas áreas de interés en el desarrollo de la Auditoría.

El concepto de la Auditoría Ambiental Integral involucra toda la serie de aspectos relacionados con la interacción entre la instalación y el medio ambiente e incluye cuestiones aparentemente tan independientes como el liderazgo que ejerce la dirección de la empresa y el cumplimiento de las funciones marcadas por el organigrama funcional de la empresa.

Para poder abarcar toda la serie de aspectos a auditar se ha realizado la división de los segmentos de auditoría para que los encargados de cada uno de ellos se concentren en el estudio de su respectiva área. Lógicamente existe una gran interacción entre los grupos, no obstante la serie de temas a atacar exige la especialización de acuerdo con los respectivos segmentos. Es de importancia primordial que, además del cumplimiento de los objetivos de cada grupo de estudio, se trabaje interdisciplinariamente dado que esto permite otorgar a los trabajos de auditoría el carácter de integral.

Los segmentos de estudio que integran el trabajo de auditoría pueden variar dependiendo principalmente de las dimensiones de la instalación por auditar. En el caso de las plantas petroquímicas se requieren, en general, grupos numerosos, debido lógicamente a la complejidad de los procesos por analizar y a la extensión de las instalaciones mismas. En forma general puede mencionarse que los segmentos de una auditoría tipo son los siguientes:

- ✓ Riesgo.
- ✓ Diseño, Construcción y Operación.
- ✓ Seguridad e Higiene Industrial.
- ✓ Contaminación al Aire.
- ✓ Contaminación por ruido y otro tipo de emisiones contaminantes.
- ✓ Contaminación al Agua.
- ✓ Manejo de Residuos Sólidos.
- ✓ Manejo de Residuos Peligrosos.
- ✓ Contaminación al Suelo, Subsuelo y Manto Freático.
- ✓ Entorno natural y aspectos socioeconómicos.

En ocasiones, el segmento de Riesgo se integra con el de Diseño, Construcción y Operación y es realizado por el mismo grupo. De forma análoga, la auditoría en materia de Residuos Peligrosos y Residuos Sólidos es realizada por el mismo equipo de personas. Un organigrama típico para la realización de una auditoría ambiental es mostrado en la Figura 1. En esta figura se agrupan los segmentos de Residuos Sólidos, Residuos Peligrosos y Contaminación al Suelo, Subsuelo y Manto Freático, debido a esto también llega a realizarse en trabajos de auditoría, dado que la problemática puede estar muy relacionada en estas ramas.

En el presente trabajo, se pretende cubrir los segmentos de Auditoría Ambiental Integral correspondientes a las auditorías de Manejo de Residuos Sólidos, Residuos Peligrosos y Contaminación del Suelo, Subsuelo y Aguas Subterráneas (Manto Freático), para lo cual, a continuación se presenta una breve descripción del panorama involucrado.

1.3 Auditoría Ambiental en Materia de Residuos Sólidos y Residuos Peligrosos. Generalidades.

La generación de residuos durante las actividades humanas es un tema que en la actualidad ha adquirido una importancia primordial dentro de todos los ámbitos, dado que involucra repercusiones económicas, de salud, político - sociales y legales.

Legalmente, un residuo es 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^[27].

Los residuos sólidos no peligrosos pueden definirse como todos aquellos residuos que no presentan características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico - infecciosas, ni se encuentran listados por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL/93^[18]. El inconveniente principal de este tipo de residuos es que debido a su volumen de generación y a su persistencia en el medio se acumulan en grandes cantidades y por periodos prolongados de tiempo sin que se disponga en muchas ocasiones de medidas efectivas que permitan su eliminación. Este tipo de residuos se generan en prácticamente todas las actividades humanas tanto domésticas como en la industria, el comercio y la recreación.

Por su parte, los residuos peligrosos se definen como todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características CRETIB (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, biológicas infecciosas), representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente^[18]. La generación de residuos peligrosos está predominantemente asociada con las actividades industriales aunque otras ramas como la práctica médica y la investigación constituyen también fuentes de generación de este tipo de residuos.

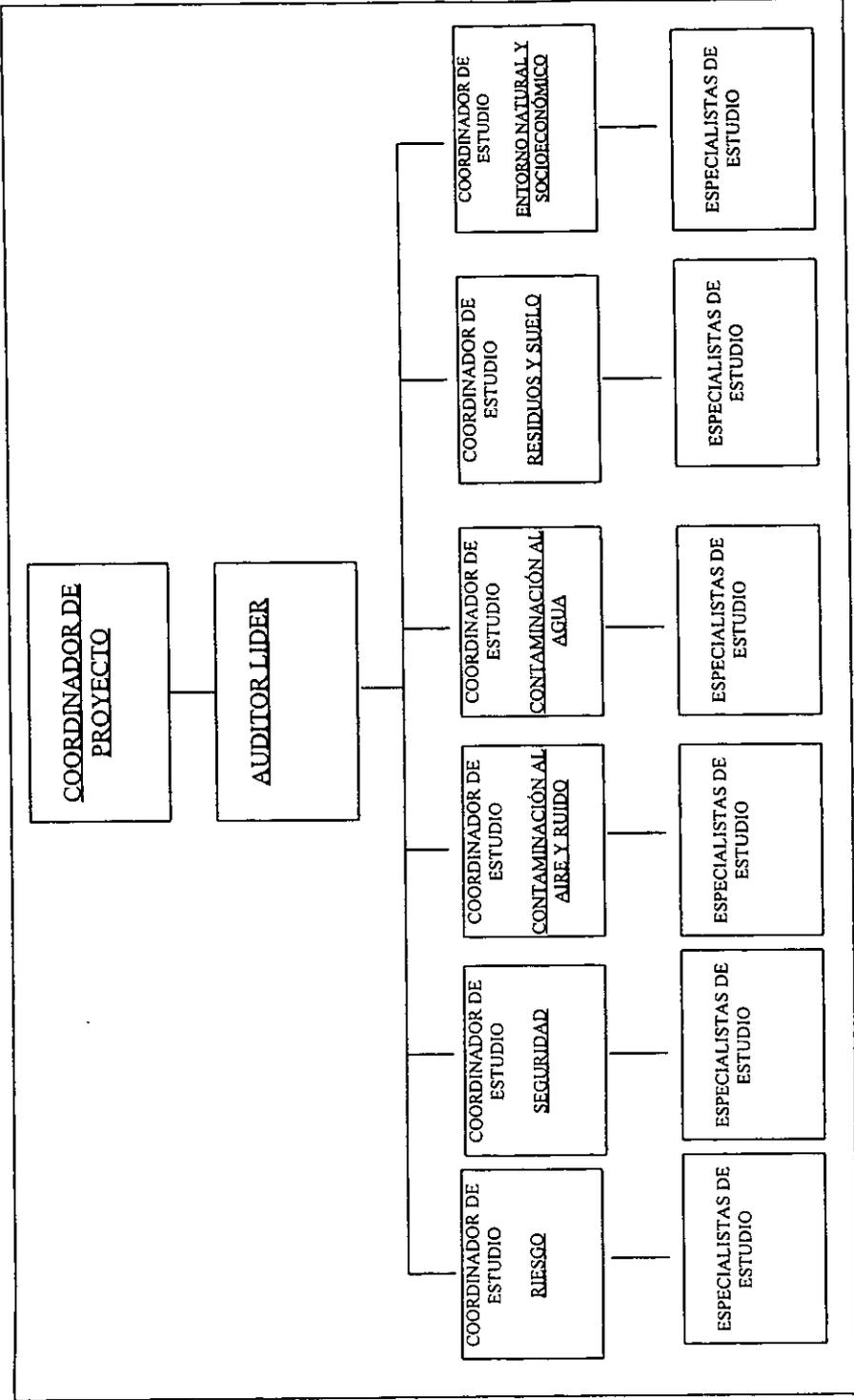


Figura 1 ORGANIGRAMA DE AUDITORÍA AMBIENTAL

Toda vez que los residuos son generados, se requiere efectuar su manejo. La palabra manejo tiene legalmente un significado muy amplio, dado que corresponde al conjunto de operaciones que incluyen el almacenamiento, recolección, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos^[28]. Es por ello que las auditorías en materia de residuos sólidos y residuos peligrosos se enfocan básicamente al análisis de las características y condiciones de manejo de residuos. Este análisis inicia con la detección y verificación de las fuentes de generación, mecanismos de recolección, transporte en el interior del centro de trabajo, almacenamiento temporal, identificación, control, transportación externa, tratamiento, disposición final y reuso o reciclaje de residuos.

Como se ha mencionado, la generación de residuos tanto del tipo peligroso como no peligroso es una característica de las actividades humanas. En términos estrictos, todo proceso, natural o no, ocasiona la generación de desechos, ya sea en forma de materiales o de transformación de energía útil en energía no útil^[9]. La diferencia entre la mayoría de los procesos naturales y las actividades desarrolladas por las sociedades civilizadas actuales en este sentido, consiste en que los materiales generados durante los procesos artificiales, al no formar parte de los procesos naturales, no están incluidos dentro de las cadenas degradativas que permiten la autolimpieza de los ambientes. En ocasiones, los materiales de origen antropogénico pueden ser degradados por microorganismos, pero debido al gran volumen en el que se generan la acción microbiana no es capaz de degradarlos a la misma velocidad que aparecen. En otras ocasiones la capacidad de degradación de las cadenas microbianas sobre estos materiales es tan limitada en términos de su velocidad que se considera que son prácticamente inmunes al ataque microbiano. Estos contaminantes no sólo se acumulan, sino que además resultan a menudo "magnificados biológicamente" a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos y a lo largo de las cadenas de alimentos. Además se combinan con frecuencia con otras sustancias del medio para producir toxinas complementarias^[9].

En la actualidad esta situación es un asunto de interés prioritario y una de las preocupaciones principales está enfocada a su relación con las actividades industriales. Tradicionalmente, las labores de manejo y disposición final de residuos industriales se han realizado como actividades necesarias, pero marginales y molestas. Al tratar con los materiales de desecho, en el pasado se ha optado por verterlos sin tratamiento en el medio apropiado más cercano, como un río, lago, el suelo, un pozo o el mar. Esta actitud se basa en la idea de que la solución de la contaminación está en la disolución. Así por ejemplo, las industrias y las ciudades frecuentemente se han concentrado a lo largo de las corrientes de agua, que proporcionan cloacas gratuitas. Por supuesto, esta "solución" ya no puede seguir practicándose por más tiempo^[9].

Residuos Peligrosos.

Una gran parte de los residuos peligrosos proviene de industrias que contribuyen en forma importante a la economía de las sociedades industriales. Entre ellas están las industrias metalúrgicas del hierro y del acero o de metales no ferrosos y la industria química y petroquímica. Se suman otras fuentes, como las actividades agrícolas - generadoras de residuos de plaguicidas-, extractivas y las de servicios (como los talleres automotrices que desechan aceites gastados).

La peligrosidad de tales residuos depende de su composición, ya que en la mayoría de los casos se trata de mezclas complejas que contienen diversos tipos de sustancias. De ahí la importancia de contar con métodos analíticos que permitan realizar su caracterización.

Cabe señalar que en el comercio existen más de 100 000 sustancias, y que sólo para un número reducido de ellas se cuenta con información acerca de sus propiedades físicas y químicas, su toxicidad y biodegradabilidad, aspectos que definen su peligrosidad para la salud humana y el ambiente^[29].

En función de esas propiedades y de la forma en que se presentan los residuos se puede determinar su peligrosidad^[30]. Así por ejemplo, residuos peligrosos en forma líquida pueden constituir un riesgo para los mantos freáticos si penetran a través de los suelos, en tanto que residuos particulados de pequeñas dimensiones pueden ser diseminados por el viento. En uno u otro caso, los residuos peligrosos pueden dar lugar a problemas transfronterizos si son arrastrados por agua o aire hacia países vecinos de los que los generaron^[29].

Las implicaciones de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos para la salud y el bienestar público, así como para el ambiente, han quedado ampliamente evidenciadas por sucesos que pusieron de relieve que es más costoso remediar que prevenir. Tal es el caso de los episodios de intoxicación por mercurio y cadmio acaecidos en Japón, en los que grupos de individuos que ingirieron alimentos contaminados con residuos industriales y mineros surgieron graves problemas de salud que llevaron a algunos a la muerte. En la Tabla 1, se muestran datos referentes a este trágico incidente.

Otros antecedentes lamentables se constituyeron en Love Canal, Nueva York, Estados Unidos y en Lekkerkerk, Países Bajos al tenerse que evacuar a los residentes de estas dos comunidades asentadas en áreas en las que se construyeron y abandonaron entierros de residuos químicos industriales lo cual causó además un impacto económico considerable al tenerse que indemnizar a las personas evacuadas. Las generalidades de estos incidentes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. DATOS DE LA EXPOSICIÓN DE POBLACIONES HUMANAS A METALES.

ANO	LUGAR	CAUSA	METAL	CONSECUENCIAS
1953	Japón	Descargas de mercurio en la Bahía de Minamata.	Metilmercurio	En 83 adultos y 40 recién nacidos de la población que ingirió pescado contaminado se desarrolló una intoxicación crónica que afectó principalmente su sistema nervioso central.
1960	Japón	Descargas de cadmio, plomo y zinc	Cadmio	La población que utilizaba el agua para bebida e irrigación desarrolló una intoxicación crónica por Cadmio (enfermedad de Itai-Itai).

Fuente : SEDESOL, Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. México, 1993.

Tabla 2. EJEMPLOS DE EXPOSICIÓN DE POBLACIONES A CONFINAMIENTOS NO CONTROLADOS DE RESIDUOS INDUSTRIALES.

PERIODO DE OPERACION	SITIO	RESIDUOS	AÑO DEL ESTUDIO	HALLAZGOS EN LA POBLACION EXPUESTA
1920-1953	Love Canal, New York, E.U.	Compuestos orgánicos	1978	Bajo peso al nacer y menor desarrollo físico.
1940-1977	New Bedford, Massachusetts, E.U.	Bifenilos Policlorados (BPC's)	1983	Niveles sanguíneos de BPC's.
1947-1971	Triana, Alabama, E.U.	Plaguicidas	1983	Hipertensión arterial.
1964-1972	Hardeman County, Tennessee, E.U.	Tetracloruro de carbono Hexacloro Pentadieno Hexacloro Heptadieno	1978	Lesiones Hepáticas transitorias.
1970-1976	Lekkerkerk, Países Bajos	Solventes Orgánicos, metales	1980	Niveles sanguíneos de hidrocarburos aromáticos.

Fuente: SEDESOL, Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. México, 1993.

Dichos sucesos fueron ampliamente difundidos por los medios de comunicación y, junto con los accidentes químicos acaecidos en Seveso, Italia, y Bophal, India, contribuyeron a desarrollar una actitud negativa por parte de las comunidades hacia el establecimiento y operación de instalaciones peligrosas en sus localidades. Datos correspondientes a los sucesos mencionados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. ACCIDENTES QUÍMICOS AMPLIAMENTE PUBLICITADOS.

AÑO	LUGAR	SUSTANCIAS INVOLUCRADAS	CONSECUENCIAS
1977	Seveso, Italia	Dioxinas	193 personas con efectos adversos en la piel (cloracné). 733 personas evacuadas. 100 000 animales muertos.
1984	Bophal, India	Isocianato de metilo	2 000 muertes 10 000 personas con efectos agudos. 100 000 personas afectadas en su bienestar
1986	Basilea, Suiza	Plaguicidas,	Contaminación del Río Rhin.

Fuente: SEDESOL, Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. México, 1993.

En México se han presentado también diversos negativos por las deficiencias en el control y manejo de residuos industriales peligrosos.

Por ejemplo, la empresa Cromatos de México, que operó en el municipio de Tultitlán durante 20 años, generó durante sus actividades grandes cantidades de residuos de cromo hexavalente, causando afectaciones a la población circundante, hasta que se determinó la clausura definitiva de la planta y la construcción de un cementerio industrial en el que se depositaron 75,000 toneladas de residuos^[30].

La empresa Alco Pacífico de México, S.A. de C.V. se dedicó durante 4 años al reciclado de plomo, utilizando como materia prima baterías automotrices, residuos de óxido de plomo, separadores de baterías trituradas y sulfato de plomo. Al concluir operaciones, se dejaron en los patios alrededor de 12,000 metros cúbicos de residuos peligrosos y 18,000 metros cúbicos de suelos contaminados. Actualmente, estos materiales se encuentran en el sitio, cubiertos por una membrana de polietileno de alta densidad, en espera de las acciones correctivas definitivas^[30].

Una empresa ubicada en el municipio de San Francisco del Rincón, Gto. ha generado residuos del proceso de obtención de sales de cromo y ácido crómico a partir de cromita. En virtud de que actualmente existen almacenadas en la instalación 13,000 toneladas de residuos de alúmina y 300,000 de residuos de cromo, se están llevando a cabo acciones para disminuir su peligrosidad y lograr su aprovechamiento^[30].

A continuación se presentan ejemplos de disposición inadecuada de residuos peligrosos, detectados en México entre 1994 y 1996.

Tabla 4. EJEMPLOS DE DISPOSICIÓN INADECUADA DE RESIDUOS EN MÉXICO.

SITIO	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD (Toneladas)
Carretera Pachuca - Hidalgo	Escorias con alto contenido de plomo	19,000
Chimalhuacán, Edo. Méx.	Asbestos	672
Huixquilucan, Edo. Méx.	Farmoquímicos	13
Atotonilco, Hgo.	Escorias con alto contenido de plomo	474
Acolman, Edo. Méx.	Solventes gastados y lodos de tratamiento de efluentes	9,639
Iztapalapa, D.F.	Plaguicidas caducos	111

Fuente: Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México. SEMARNAP, 1997.

Esto ha originado una posición conocida con el nombre de síndrome de "no en mi patio trasero" (Nimby, por sus iniciales en inglés) y ha tenido su equivalente en la actitud de funcionarios públicos temerosos de las repercusiones de sus decisiones, quienes se niegan a firmar autorizaciones para construir u operar instalaciones o plantas para el tratamiento y disposición final de residuos peligrosos^[29].

Esta actitud no sólo está en contra del desarrollo de las economías nacionales, sino que además es peligrosa, en la medida en que impide establecer la infraestructura necesaria para dar un manejo ambientalmente seguro a los residuos y conduce a la disposición final inadecuada de éstos, lo que incrementa los riesgos^[30].

Lo anterior es evidente si consideramos que resulta ingenuo pensar que el manejo, generación y disposición de residuos peligrosos no se va a efectuar simplemente por que no se expidan las licencias y permisos respectivos.

El manejo de sustancias peligrosas y la generación de residuos peligrosos es intrínseca a una gran cantidad de actividades humanas y permite que las personas disfruten de una diversidad de satisfactores necesarios para la ejecución de tareas o simplemente para el uso cotidiano y aún el descanso y el esparcimiento. Debido a ello, no resulta razonable pensar en no generar absolutamente residuos peligrosos; lo razonable es establecer los procedimientos y tecnologías apropiadas para el manejo y disposición de los mismos. De otra manera, simplemente se estará fomentando la proliferación de prácticas de manejo y disposición clandestinas y que en la generalidad de los casos resultan mucho más riesgosas para la misma comunidad que se opone al establecimiento de las tecnologías adecuadas.

Se ha respondido al problema citado con la elaboración y desarrollo de legislaciones y estrategias que permitan dar acceso a la información a las comunidades, en forma tal que éstas puedan establecer juicios fundamentados y tomar parte en la planeación sobre el sitio de asentamiento de las instalaciones de tratamiento de residuos, así como estar al tanto de las medidas de seguridad y emergencias implantadas en dichas instalaciones^[29].

En México, se estima que la generación total de residuos peligrosos de origen industrial asciende aproximadamente a ocho millones de toneladas al año (sin incluir jales mineros)^[30]. Por su parte la infraestructura y los sistemas de manejo en operación son sumamente precarios. De acuerdo con el giro de las empresas, las industrias Química Básica, Química Secundaria y Petroquímica son las principales generadoras de residuos industriales peligrosos, ya que aportan un cuarenta por ciento de la generación total. El porcentaje generado por la industria Petroquímica es un poco superior al diez por ciento del total^[30]. De acuerdo con esto, la importancia y repercusiones que tiene la realización de auditorías ambientales en la planta petroquímica nacional es fundamental, y particularmente en los rubros de generación y manejo de residuos sólidos y peligrosos.

Residuos Sólidos.

La problemática referente a los residuos sólidos se refiere a todos aquellos que no presentan características de peligrosidad. Al respecto, es necesario establecer algunas generalidades.

La masa de la Tierra constituye una cantidad relativamente constante. En términos de intervalos variados, los movimientos naturales de la materia están equilibrados y son típicos (por ejemplo, la evaporación compensa la precipitación). Las instalaciones industriales del hombre consumen materia prima para manufacturar productos que acaban siendo descartados como desechos. Los productos de desecho de los organismos vivos son consumidos como materia prima por otros organismos. Si esto no fuera así, los productos de desecho se irían acumulando incesantemente, de lo que resultaría la destrucción del ecosistema^[9].

No obstante, los procesos industriales difieren de los que tienen lugar en las plantas o en los animales vivos, y de aquí que la materia que pasa por las fábricas siga nuevos caminos. Por ejemplo, el coque, que es producido a partir del carbón, se utiliza como nueva materia prima para la manufactura del gas acetileno, el cual es utilizado a su vez para manufacturar diversos plásticos y caucho sintético. Los plásticos y el caucho acaban acumulándose, por lo general en un depósito de basura, y no regresan a una mina de carbón, donde se originaron en primera instancia. En realidad, muchos de los nuevos materiales sintéticos, especialmente los plásticos y los recubrimientos resistentes a la corrosión para metales, fueron desarrollados para resistir a los cambios químicos de modo que no se deterioraran durante su tiempo de servicio útil⁹¹.

Debido al panorama planteado, se hace necesario evaluar y eficientar los mecanismos de manejo de residuos y una forma de comenzar es identificando los aspectos susceptibles de mejoras. De acuerdo con esto, el objetivo del auditor en materia de manejo de residuos estriba fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- ✓ Identificar las fuentes de generación de residuos en el centro de trabajo.
- ✓ Verificar el tipo y cantidad de los residuos generados.
- ✓ Identificar y evaluar los mecanismos de manejo de los residuos incluyendo: recolección, transporte, almacenamiento temporal, etiquetado y señalización, y disposición final.
- ✓ Determinar el grado de cumplimiento de la empresa con respecto a las obligaciones legales en materia de residuos.

1.4 Auditoría Ambiental en Materia de Contaminación del Suelo, Subsuelo y Aguas Subterráneas. Generalidades.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece que los residuos deben ser controlados en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos y que es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición eficientes^[27]. Estas afirmaciones son acertadas en todos los sentidos dado que el control ineficiente de los residuos tanto municipales como industriales ha ocasionado el deterioro paulatino del suelo, aunado esto a elementos tales como la deforestación irracional, las malas prácticas agrícolas y otros elementos trágicamente célebres en la actualidad.

La relación directa entre las actividades de manejo de residuos y la afectación ocasionada a los suelos implica que lo uno es consecuencia de lo otro. Sin prácticas racionales de manejo y generación de residuos es impracticable una verdadera política de prevención de contaminación del suelo.

La afectación del suelo es la consecuencia de las prácticas de acopio, almacenamiento, transportación y disposición de residuos que hasta el momento se han llevado a cabo, junto con la ocurrencia de fugas, derrames y otros factores previamente mencionados. Es necesario entre las actividades de la auditoría ambiental buscar evidencias de fugas, derrames y contingencias afines durante las cuales se hallan registrado liberaciones de materiales al suelo y subsuelo^[9].

En el pasado, debido a la falta de las prácticas de control ambiental, como ya se ha mencionado, se realizaron disposiciones de residuos en los terrenos de las instalaciones industriales. Estas actividades se realizaron por constituir una forma fácil y sin mayor problemática de eliminar los residuos generados. La disposición consistía simplemente en efectuar una excavación o aprovechar una cavidad preexistente en alguna zona no utilizada para otras actividades dentro de la instalación y cubrir con materiales tales como cascajo, diversos materiales de cubierta o inclusive material de la misma zona. Debido a lo anterior, durante las actividades de auditoría es necesario ubicar las zonas donde se puedan haber realizado las disposiciones históricas y definir cuales han sido los resultados de tales actividades.

Como para realizar estas disposiciones no se consideraban factores tales como la compatibilidad de los residuos, el tipo de terreno en el que se efectuaron las disposiciones, la existencia de grietas o la porosidad del suelo y la vulnerabilidad del manto acuífero subterráneo, las prácticas de disposición mencionadas, junto con la ocurrencia de fugas, derrames y diversas infiltraciones de sustancias al suelo y subsuelo involucra también la generación de plumas contaminantes en el subsuelo que terminan por afectar al manto freático, llegando de esta manera la contaminación a las aguas subterráneas que, en muchas ocasiones, constituyen la fuente de abastecimiento principal de agua de las poblaciones aledañas. Es necesario recordar también que, dependiendo de las condiciones geohidrológicas, los efectos de la contaminación al manto freático pueden evidenciarse en lugares remotos a donde se originó el problema.

Este panorama hace indispensable que se efectúe un cambio radical en los procedimientos de manejo de residuos y de prevención y control de contaminación del suelo, pero una de las partes iniciales y de

importancia primordial de la solución de la problemática ambiental actual consiste en el diagnóstico de la situación real para determinar el grado de deterioro causado y en la sistematización de la búsqueda de los factores que han ocasionado los problemas que ahora enfrentamos como sociedad. En este sentido, los objetivos principales de la auditoría en materia de contaminación al suelo, subsuelo y aguas subterráneas consisten en los siguientes puntos:

- ✓ Identificar las posibles fuentes de emisiones contaminantes al suelo provenientes de la instalación.
- ✓ Evaluar la magnitud de la afectación causada por las emisiones contaminantes.
- ✓ Proponer alternativas de remediación para las afectaciones detectadas.
- ✓ Determinar el grado de cumplimiento de la empresa en lo referente a permisos de ocupación y uso de suelo.
- ✓ Determinar la posible afectación al subsuelo y manto freático ocasionada por las actividades del centro de trabajo.

2. MARCO LEGAL.

2.1 Antecedentes.

El control ambiental se inició en México durante la década de los 70's por lo que el país participa en la Conferencia sobre Medio Ambiente Humano, celebrado en Estocolmo, Suecia, en 1972. Esta conferencia marcó el inicio de la protección ambiental en muchos países. Sin embargo en otros, como en México, se reafirmó un año antes (1971)^[30], habiéndose promulgado una de las primeras leyes ambientales en el mundo. De esta manera se despertó la conciencia ambiental, primeramente como principio político y posteriormente como preocupación real.

En este período es donde se crea la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente dentro de la extinta Secretaría de Salubridad y Asistencia, en el año de 1972^[34].

Como apoyo jurídico se expide la primera Ley de Protección Ambiental, con sus reglamentos respectivos. Dentro de este primer ordenamiento Legal - Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental -, se incluía como parte esencial el control de actividades industriales contaminantes para proteger y mejorar la calidad del aire y del agua, principalmente^[34].

En el año de 1977, se llevó a cabo la primera reorganización de esta dependencia tratando de dar congruencia a sus funciones y realidad de los problemas ambientales. Con ello se pretendía atender los problemas relacionados con la contaminación del agua, atmósfera, suelo, alimentos, desechos, fauna, flora e higiene ocupacional. Con base en lo anterior, la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente le dio un carácter esencialmente técnico, normativo y de vigilancia^[34].

Sin embargo, se reconoce que no se puede ni se debe dejar de aprovechar racionalmente los recursos, aún a costa de provocar cierto desequilibrio que lleva aparejado y que puede constituir un riesgo sanitario.

En 1978, por disposición presidencial se formó la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental, con el objeto de planear y conducir la política ambiental y formular las bases de coordinación entre las dependencias cuya competencia está relacionada con el mejoramiento del ambiente^[34].

Posteriormente, se actualizó la legislación ambiental y se expidió un segundo ordenamiento más amplio en el año de 1982: la Ley Federal de Protección al Ambiente, misma que fue modificada dos años después. En esta ley, el objetivo primordial se amplía no sólo al control del deterioro ambiental sino a la aplicación de las medidas para prevenir la contaminación ambiental y restaurar áreas muy perturbadas^[34].

Para 1983, se crea la Secretaría de Ecología, órgano de gestión ambiental, separando las funciones relacionadas con la salud, pero integrando aquellas que se refieren al aprovechamiento de los recursos naturales del país. Así, no sólo se trataba el grave problema de la contaminación ambiental y sus consecuencias en la salud, sino del ambiente en su conjunto, de su pleno desarrollo como patrimonio y como sustento de vida, con un enfoque intersectorial y multidisciplinario en que se incorporan conceptos de economía, educación, responsabilidad social, participación activa en la protección y restauración de los recursos renovables y legislación en materia ecológica^[34].

Posteriormente, se publica en México la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), misma que entró en vigor en 1988. Para poder expedir esta Ley se hacen modificaciones a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 27 y 73, elevando a rango constitucional la protección al ambiente y la preservación y restauración del equilibrio ecológico, con el objeto de lograr un cambio sustancial al control ambiental y de esta manera lograr un desarrollo armónico con la naturaleza^[34].

En esta nueva Ley se reconoce que un desarrollo sostenido y ambientalmente sano solo se puede lograr con la intervención de todos los niveles de gobierno y que la prevención y la conservación, son los medios más eficaces para preservar el equilibrio de los ecosistemas. La Ley establece la descentralización de funciones, impulsa la creación de leyes estatales de categoría y promueve el surgimiento de órganos ambientales en las estructuras de los gobiernos de cada entidad.

En 1992 la SEDUE se transforma en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), convirtiendo a la Subsecretaría de Ecología en dos órganos de ámbito Federal, uno el Instituto Nacional de Ecología (INE) con funciones normativas y el otro la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) con funciones de inspección y vigilancia^[34].

Dentro de la PROFEPA existe una Subprocuraduría dedicada a Auditorías Ambientales, que se encarga de devolver el concepto de Auditoría Ambiental y más aún de hacer obligatoria su realización. Condición que representa una ventaja ya que el industrial debe ser instruido en la metodología y tomar conciencia y responsabilidad a pesar de las implicaciones asociadas y reconocer su utilidad como instrumento ideal para manejar toda la información implicada en la cada vez más compleja administración ambiental.

Para el año de 1995 el manejo de la gestión ambiental deja de pertenecer a la SEDESOL para pasar a formar parte de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, conservando los órganos para la gestión ambiental (INE y PROFEPA).

En diciembre de 1996 se publicó el decreto que reformó, adicionó y derogó diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico, con lo cual quedó conformada la Legislación vigente en la actualidad^[27].

Leyes, reglamentos y normas.

Se entiende como Marco Jurídico al conjunto de preceptos de Derecho en vigor, que en determinado tiempo y lugar el Estado exige como obligatorio.

Jerarquización.

En México las Normas Jurídicas que conforman el Derecho llevan un ordenamiento jerárquico, porque todas ellas derivan de la misma Norma fundamental que le da origen. (Fig. 2).

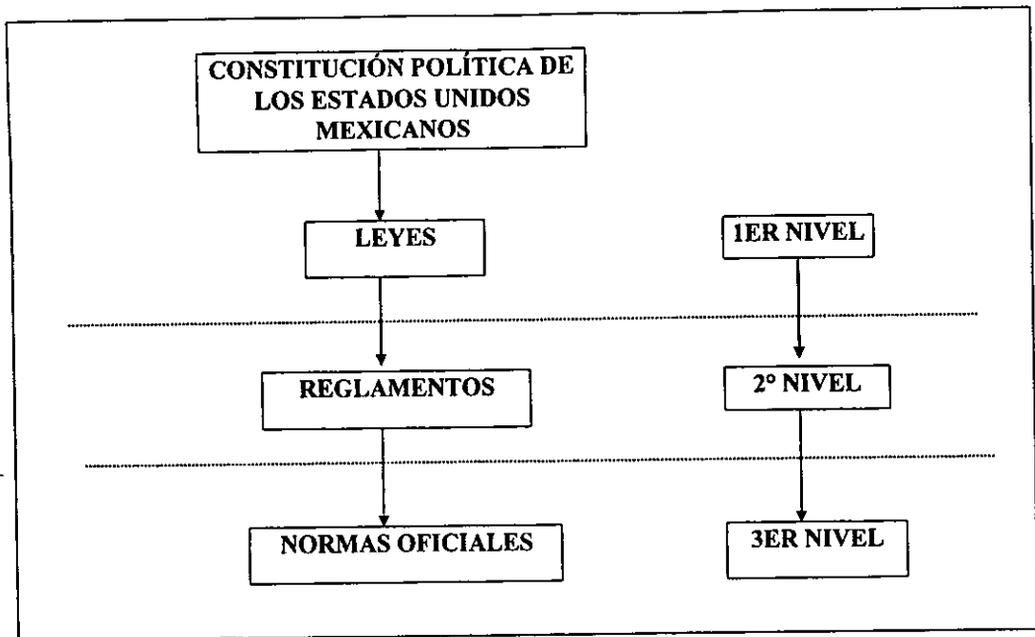


Figura 2. ESTRUCTURA JURÍDICA VIGENTE EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

La Norma Básica del Sistema Jurídico Mexicano es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la cual fue redactada y aprobada por un congreso Constituyente en la ciudad de Querétaro, promulgándose, el 5 de febrero de 1917^[29].

En el artículo 73, se faculta al Congreso de la Unión para expedir las leyes del trabajo, reglamentarias del Artículo 123 (Fracción X); para dictar leyes sobre salubridad general de la República (Fracción XVI); así como para expedir leyes del trabajo que establezcan la concurrencia del Gobierno de los Estados y de los Municipios en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico (Fracción XXIX-G)^[30].

Las Leyes.

En un primer nivel jerárquico en el Sistema Jurídico, son Normas Generales y Permanentes, emanadas de los textos Constitucionales, que deben guardar congruencia, sin contradecirlos, contrariarlos, rebasarlos o modificarlos^[34].

En nuestro Sistema Jurídico las leyes son Resoluciones del Congreso de la Unión (Poder Legislativo) enviadas para su promulgación al Presidente de la República quien provee en la esfera administrativa su exacta observancia^[30] (Ver Figura 3).

Los Reglamentos.

Los Reglamentos son colocados en un segundo nivel de la escala jerárquica del Sistema Jurídico. Generalmente el Reglamento es una derivación complementaria de la Ley, que amplía los principios señalados por ésta^[30] (Ver Figura 4).

Normas Oficiales.

En la jerarquía del Orden Legal Mexicano, las Normas Oficiales ocupan el tercer nivel y son en esencia Resoluciones Administrativas, esto es, decisiones dictadas por una Autoridad de la Administración Pública luego de seguir un proceso de elaboración por la Dirección General de Normas^[30].

2.2 Sustento legal para la realización de Auditorías Ambientales.

De acuerdo con el Cap. XII, Art. 62, Frac. VIII del Reglamento Interior de la SEMARNAP, la PROFEPA debe realizar auditorías ambientales, respecto de los sistemas de explotación, almacenamiento, transporte, producción, transformación comercialización, uso, disposición de desechos y compuestos, así como respecto a la realización de actividades que por su naturaleza constituyen un riesgo para el ambiente^[30].

Con referencia a las auditorías ambientales, el Cap. XII, Art. 67, Frac. I del Reglamento Interior de la SEMARNAP, establece que la PROFEPA debe coordinar y realizarlas, en su caso, por sí misma o a través de terceros, considerando las disposiciones que, en materia de secretos industriales, prevé la ley en la materia, a las empresas y entidades públicas y privadas, respecto de los sistemas de actividades que por su naturaleza constituyen un riesgo para la población, sus bienes o el ambiente, así como las medidas y la capacidad de las empresas para prevenir o actuar en casos de contingencias y emergencias ambientales^[30].

Por otra parte en el Cap. XII, Art. 67, Frac. II, se establece que debe emitir las recomendaciones que resulten de las auditorías ambientales que practique, determinando las medidas preventivas y correctivas, acciones, estudios, proyectos, obras, procedimientos y programas que deberá realizar la empresa o entidad auditada, así como los plazos para su cumplimiento^[30].

2.3 Normatividad y reglamentación aplicable en materia de Residuos Sólidos y Residuos Peligrosos y control de la Contaminación del Suelo, Subsuelo y Aguas Subterráneas.

A continuación, se presenta el marco legal en el cual se fundamentan los dictámenes que se elaboran como resultado de las auditorías en materia de suelo, residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación del suelo y subsuelo. Es indispensable que el auditor analice cada uno de los documentos legales y los interprete de acuerdo con la situación específica en la cual deben ser aplicados.

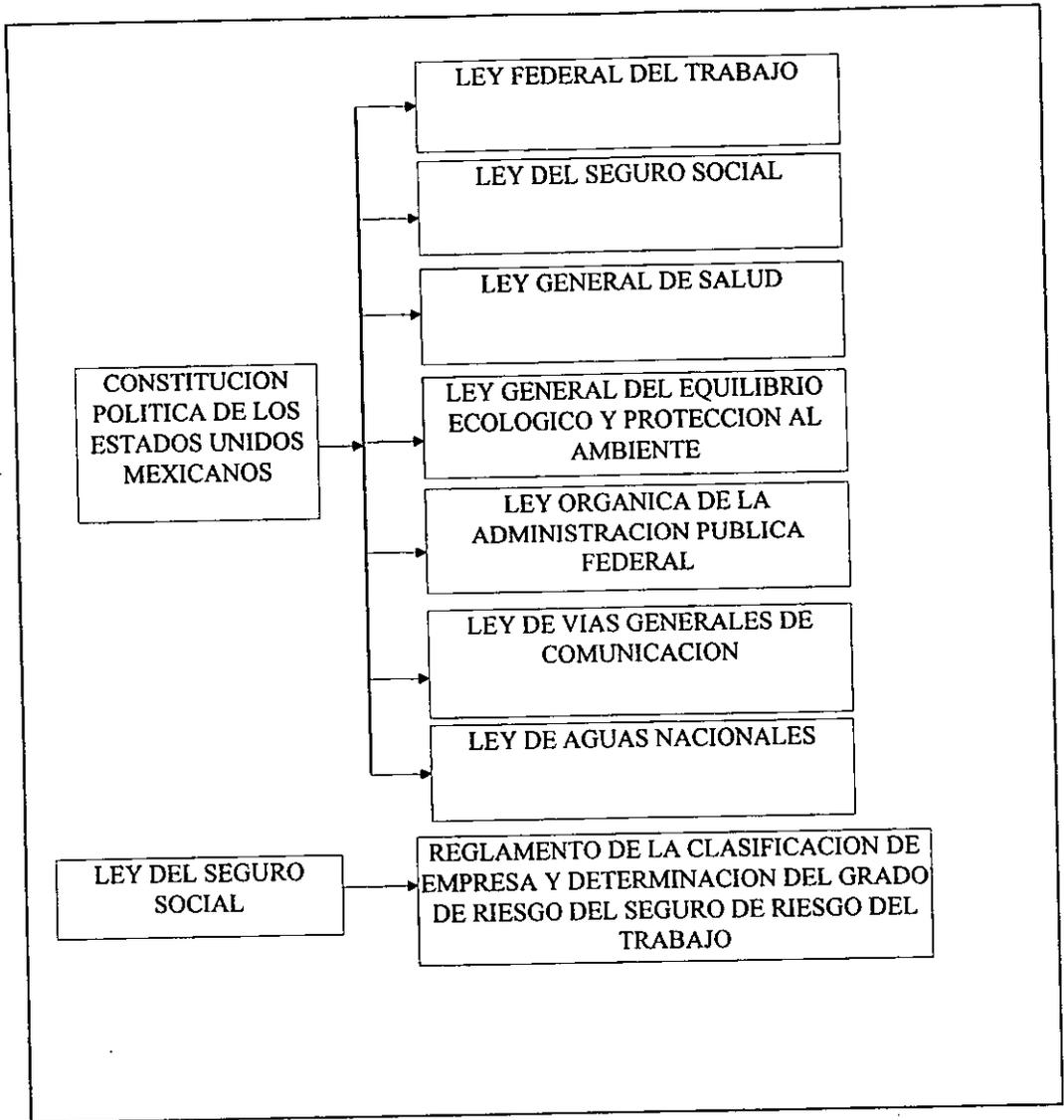


Figura 3. ESTRUCTURA LEGISLATIVA EN MATERIA AMBIENTAL

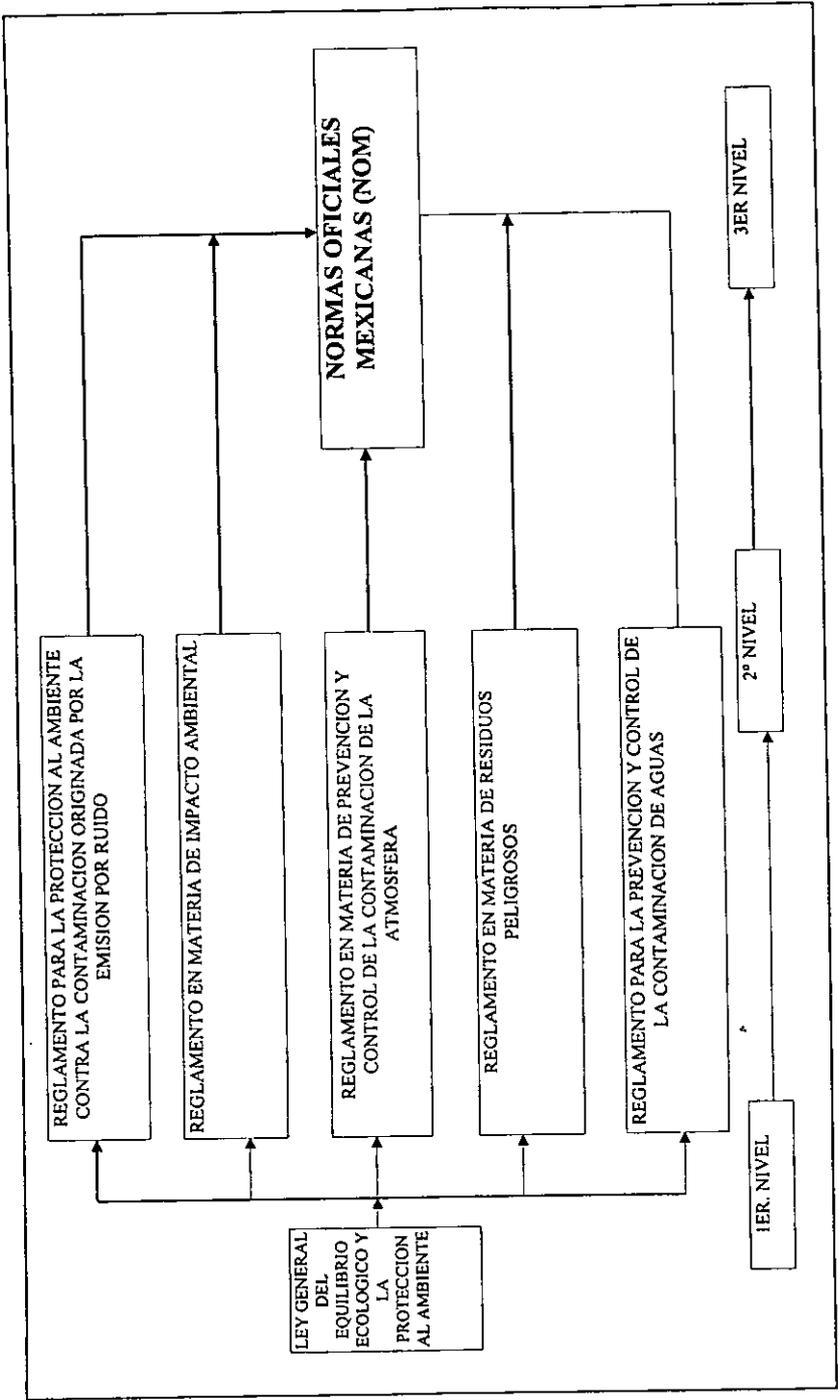


Figura 4. ESTRUCTURA LEGISLATIVA EN MATERIA AMBIENTAL

Las leyes y reglamentos admiten diversos grados de interpretación. Lo cual no sucede, o no debe suceder con las normas oficiales, las cuales están hechas con la finalidad de proporcionar especificaciones muy definidas sobre aspectos completamente delimitados^[34].

De cualquier forma, el marco legal no permanece estático; por el contrario, las leyes, reglamentos, normas, criterios y demás figuras legales, están sujetas a revisión, modificación y complementación constante^[34]. Debido a lo anterior, es una obligación crítica e imprescindible que el auditor se mantenga constantemente actualizado en lo que se refiere a la aparición de cambios a los documentos legales existentes, así como a la aparición de nuevas fuentes legales.

La base más sólida que se tiene en el proceso de auditoría está constituida por la normatividad aplicable de acuerdo con la disciplina en particular. En lo referente a residuos peligrosos e igual que en otros aspectos relativos al ambiente y la salud humana, el proceso que se sigue para establecer normas consiste en fijar límites y condiciones considerados como aceptables^[29], para lo cual es necesario:

- Identificar si existe un peligro y si es necesario desarrollar medidas para proteger la salud o el ambiente de tal peligro.
- Conocer los posibles efectos dañinos asociados con el peligro detectado; tener conocimiento de lo que se quiere proteger (la salud, el ambiente o ambos) y de cuáles son las poblaciones, grupos y recursos naturales más sensibles a sus efectos.
- Calcular el riesgo, es decir, la probabilidad de que la existencia del peligro ocasione daños a la salud o al ambiente.

La distinción entre peligro y riesgo es sumamente importante. Un peligro está directamente relacionado con las propiedades del residuo peligroso, ya sea físico - químicas o toxicológicas^[29]. En el primer caso, si se trata de una sustancia química o de una mezcla de varias sustancias. En el segundo, del tipo infeccioso, si se trata de residuos biológicos.

El riesgo depende del grado de daño que podría ocasionar el residuo peligroso^[29], en función de la exposición humana a él, de su difusión en el ambiente o de la magnitud de los siniestros que pueda ocasionar.

Al evaluar un peligro se pretende cuantificar la potencia (corrosiva, reactiva, explosiva, tóxica, inflamable e infecciosa) de los residuos; en tanto que al evaluar sus riesgos se intenta calcular o estimar la magnitud de sus impactos (número de individuos posiblemente afectados o dimensión del área que puede ser dañada)^[29].

Como no existe un grado de riesgo cero - en la naturaleza nos enfrentamos cotidianamente con diversos riesgos - y como disminuir todo tipo de riesgos es una acción que involucra costos y recursos, para establecer una norma se hace necesario definir el grado de riesgo aceptable^[29].

Así por ejemplo, si se quiere establecer una normatividad respecto de las emisiones de un incinerador de residuos peligrosos, la situación es diferente si lo que se quiere hacer es evitar que ocurran muertes

como resultado de la exposición a tales emisiones, que si se desea evitar molestias ocasionadas por olores desagradables. En el primer caso, a pesar de que la probabilidad de que se produzcan defunciones es remota, el riesgo aceptable es bajo; en el segundo, es posible que este tipo de riesgo sea superior^[29].

En el ejemplo citado se percibe otra característica de las normas ambientales, ocupacionales y de salud pública; el que pueden referirse a aspectos cuantificables o solamente cualitativos^[29].

En el caso de daños cuantificables (como el número de muertes o individuos enfermos) el establecimiento de las normas - es decir, de límites aceptables - es más fácil. No ocurre lo mismo en el caso de aspectos subjetivos, como las molestias provocadas por olores, en los cuales los individuos difieren en su capacidad de percibirlos y tolerarlos; las sociedades también pueden diferir en la atención que desean prestar a tales problemas.

El establecimiento de este tipo de normas conlleva elementos políticos y éticos, los cuales conducen a definir riesgos aceptables de diferente magnitud por parte de distintas sociedades^[29].

Se considera que existe una relación directa entre seguridad y riesgo, y que un alto grado de seguridad es, por tanto, sinónimo de un bajo grado de riesgo.

Se admite también que existe una relación directa entre el grado de seguridad que se busca alcanzar y los costos y requerimientos tecnológicos para lograrlo. De ahí que se apliquen análisis costo - beneficio para determinar las normas y que se busque definir previamente el riesgo socialmente aceptable^[29].

De lo anterior se desprende que al elaborar normas de seguridad sobre los residuos peligrosos es preciso tener al alcance información relativa a las propiedades de las sustancias que los conforman y conocer las condiciones posibles de exposición que puedan generar un riesgo inaceptable.

Las normas y controles son particularmente necesarias en el caso de que exista una amenaza seria para la salud, la seguridad o el ambiente^[29].

La Legislación y Normatividad que pueden considerarse para determinar el cumplimiento o deficiencias en materia de contaminación del suelo y de manejo de residuos sólidos y peligrosos, es la siguiente:

-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicada el 28 de Enero de 1988 en el diario Oficial de la Federación y el decreto que la reformó y adicionó, publicado el 13 de diciembre de 1996.

-Ley General de Asentamientos Humanos

-Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992.

-Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, publicado el día 25 de Noviembre de 1988 en el diario Oficial de la Federación.

-Reglamento de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, publicado el 7 de abril de 1993 en el Diario Oficial de la Federación.

Normas Oficiales Mexicanas.

-NOM-ECOL-052-ECOL/93.

Que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso^[18].

-NOM-ECOL-053-ECOL/93.

Que establece el procedimiento para prueba de extracción (PECT) para determinar constituyentes que hacen a un residuo peligroso^[19].

-NOM-054-ECOL/93.

Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL/93^[20].

-NOM-055-ECOL/93.

Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radioactivos^[21].

-NOM-056-ECOL/93.

Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.^[22]

-NOM-057-ECOL/93.

Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de confinamiento controlado para residuos peligrosos^[23].

-NOM-058-ECOL/93

Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos^[24].

-NOM-002-SCT2-1994

Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados^[11].

-NOM-003-SCT2-1994

Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos^[12].

-Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT2-1993

Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos^[13].

Norma Oficial Mexicana NOM-006-SCT2-1993

Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos^[14].

-NOM-010-SCT2-1994

Disposiciones de compatibilidad y segregación para almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos^[15].

-Norma Oficial Mexicana NOM-011-SCT2/1994

Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas^[16].

-NOM-043-SCT2-1994

Documento para transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos^[17].

- Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89.

Criterios Ecológicos, con base en los cuales la autoridad competente podrá calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable, en actividades recreativas con contacto primario, para riego agrícola, para uso pecuario, en la acuicultura, o para la protección de la vida acuática^[25].

Documentos de carácter legal ambiental

Dentro de las obligaciones legales de las instalaciones industriales en materia de suelo y residuos se encuentra el trámite y obtención de una serie de documentos que tienen como función registrar y controlar condiciones y características relativas al giro de las actividades que se realizan en el predio, las condiciones de manejo de los residuos generados y aspectos afines. Estos documentos tienen un carácter fundamentalmente ambiental, debido a que se relacionan directamente con aspectos relativos al tipo de actividades realizadas en el predio, desde el punto de vista del tipo de uso de suelo permitido y la generación y manejo de residuos. A continuación se mencionan estos requisitos legales junto con el fundamento normativo que los sustenta.

Permiso de uso de suelo.

La fracción X del artículo 9 de la Ley General de Asentamientos Humanos establece que "Corresponde a los municipios en el ámbito de sus respectivas jurisdicciones, las siguientes atribuciones: ..."Expedir las autorizaciones, licencia y permisos de uso de suelo,..., de conformidad con las disposiciones jurídicas locales, planes, programas de desarrollo urbano y reservas, usos y destinos de área y predios".

Registro como empresa generadora de residuos industriales.

De acuerdo a la fracción I del artículo 8, capítulo II del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, que indica "Inscribirse en el registro que para tal efecto (generación de residuos peligrosos) establezca la Secretaría." De acuerdo al artículo 7, capítulo II del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, se debe señalar, en la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente, los residuos peligrosos que vayan a generarse o manejarse con motivo de la actividad de que se trate, así como las cantidades de los mismos.

Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclo, tratamiento, incineración o confinamiento.

De acuerdo a la fracción XI, del artículo 8, Capítulo II del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, que indica "Remitir a la Secretaría, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus residuos peligrosos durante dicho período". Asimismo, de acuerdo con el artículo 25, Capítulo III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, que dice "El transportista y el destinatario de los residuos peligrosos deberán entregar a la Secretaría, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los residuos que hubiesen recibido durante dicho período para su transporte o para su disposición final, según sea el caso."

Manifiesto de entrega - transporte - recepción de residuos peligrosos.

De acuerdo a los párrafos 1 y 2 del artículo 23, capítulo III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, que dicen "Para transportar residuos peligrosos a cualquiera de las instalaciones de tratamiento o de disposición final, el generador deberá adquirir de la Secretaría, previo pago de los derechos que correspondan por este concepto, los formatos de manifiesto que requiera para el transporte de sus residuos". El segundo párrafo dice "Por cada volumen de transporte, el generador deberá entregar al transportista un manifiesto en original, debidamente firmado, y dos copias del mismo."

Manifiesto para casos de derrame de residuos peligrosos por accidente.

De acuerdo con el artículo 42 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, se establece que: "cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos peligrosos, durante cualquiera de las operaciones que comprende el manejo, el generador, y en su caso, la empresa que preste el servicio, deberá dar aviso de inmediato de los hechos a la Secretaría".

Análisis CRETIB de los residuos peligrosos.

De acuerdo con el artículo 6 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, se establece que: "las personas físicas o morales, públicas o privadas que con motivo de sus actividades generen residuos están obligadas a determinar si

estos son peligrosos. Para la determinación de residuos peligrosos deberán realizar las pruebas y análisis necesarios conforme a las normas oficiales mexicanas y al listado de residuos peligrosos".

Manifiesto como empresa generadora eventual de bifenilos policlorados.

De acuerdo a la fracción I del artículo 8, capítulo II del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, que indica "Inscribirse en el registro que para tal efecto (generación de residuos peligrosos) establezca la Secretaría". El Artículo 14 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. 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.

Disposiciones para el almacenamiento de residuos peligrosos.

Las condiciones y requerimientos para el almacenamiento de residuos peligrosos se encuentran primordialmente contenidos en la reglamentación ambiental vigente. Estas disposiciones deben ser contrastadas contra lo encontrado en campo para determinar el grado de cumplimiento del centro de trabajo.

De acuerdo al Artículo 15 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Las áreas de almacenamiento deberán reunir como mínimo, las siguientes condiciones:

- I. Estar separada de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;
- II. Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;
- III. Contar con muros de contención, y fosas de retención para la captación de los residuos o de los lixiviados;
- IV. Los pisos deberán contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado;
- V. Contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicas, electrónicas o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia;
- VI. Contar con los sistemas de extinción contra incendios. En el caso de hidrantes, éstos deberán mantener una presión mínima de 6 Kg/ cm² durante 15 minutos, y
- VII. Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

Además de lo dispuesto en el artículo anterior, el artículo 16 establece que las áreas de almacenamiento cerradas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- I. No deberá existir conexiones con drenajes en el piso o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida.
- II. Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables.
- III. Contar con ventilación natural o forzada.
- IV. Estar cubiertas o protegidas de la intemperie y con iluminación a prueba de explosión.

Por otra parte, el artículo 17 establece que las áreas abiertas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- I. No estar localizadas en sitios por debajo del nivel del agua alcanzando en la mayor tormenta registrada en la zona, más un factor de seguridad de 1.5;
- II. Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados;
- III. Contar con pararrayos, y
- IV. Contar con detectores de gases o vapores peligrosos con alarma audible, cuando se almacenen residuos volátiles.

El artículo 18 establece que en los casos de áreas abiertas no techadas, no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados.

El artículo 19 prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos en las siguientes condiciones:

- I. Incompatibles en los términos de la norma técnica ecológica correspondiente
- II. En cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento; y
- III. En áreas que no reúnan las condiciones previstas en los artículos 15 y 16 del Reglamento

En el artículo 21 se establece que los movimientos de entrada y salida de residuos peligrosos del almacenamiento deberán quedar registrados en una bitácora. En la bitácora se debe indicar fecha del movimiento, origen y destino del residuo peligroso.

Planes, programas y procedimientos.

Los planes, programas y procedimientos para el manejo de residuos peligrosos incluyen los mecanismos, filosofías y políticas de control de residuos generados en el centro de trabajo. En muchas ocasiones estas actividades se realizan sin contar con estos documentos formalmente establecidos por escrito. No obstante, la elaboración de estos documentos se requiere para asegurar la correcta ejecución de las actividades de manejo de residuos peligrosos, así como su control efectivo.

Programa para la disposición final de residuos peligrosos.

El artículo 8 fraccs. II, III, IX y X del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, establece que el generador de residuos peligrosos deberá:

II.-Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos."

III.-Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento...

IX.-Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento...

X.-Dar a sus residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el Reglamento.

Programa de disminución de residuos industriales.

El artículo 134 fraccs. II y III de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establecen que:

II.- Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos,

III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.

El artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, establecen que "Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las normas oficiales mexicanas que de él se deriven, los generadores de residuos peligrosos..."

Programa de manejo y disposición de residuos industriales

El artículo 134 fraccs. II y III de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establecen que:

II.- Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos,

III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.

El artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, establecen que "Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del Reglamento y de las normas oficiales mexicanas que de él se deriven, los generadores de residuos peligrosos..."

El artículo 8 fraccs. III, IX y X del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, establecen que el generador de residuos peligrosos deberá:

III.-Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento...

IX.-Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento...

X.-Dar a sus residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el Reglamento...

Procedimiento de control de residuos industriales

El artículo 8 fraccs. III, IX y X del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, establecen que el generador de residuos peligrosos deberá:

III.-Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento...

IX.-Dar a sus residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento...

X.-Dar a sus residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el Reglamento...

Programa de atención a contingencias y de capacitación de personal encargado del manejo de residuos peligrosos

El artículo 12 fraccs. I y III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, establece que:

"Las personas autorizadas para el manejo de residuos, deberán presentar previo al inicio de sus operaciones:

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.

II. Un programa de atención a contingencias.

Contrato de servicios de la empresa de manejo, tratamiento, y/o confinamiento de residuos peligrosos. El artículo 13 del Reglamento de la Ley General de Residuos Peligrosos establece que "El generador de residuos peligrosos podrá contratar los servicios de empresas de manejo de residuos peligrosos, para cualquiera de las operaciones de Manejo. Estas empresas deberán contar con autorización previa de la Secretaría..."

Convenio con el municipio para disposición final de residuos industriales no peligrosos. El artículo 138 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que: "La Secretaría promoverá la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para:

I. La implantación y mejoramiento de sistemas de recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos municipales.

II. La identificación de alternativas de reutilización y disposición final de residuos sólidos municipales, incluyendo el inventario de los mismos y sus fuentes generadoras."

Contratos para la comercialización de residuos. El artículo 134 fraccs. II y III de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establecen que:

II.- Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos,

III.- Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes."

Remediación de suelos. El artículo 134 fracc. V de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que:

En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

2.3.1 Estado de la legislación mexicana en materia de prevención y control de la Contaminación del Suelo por Residuos Sólidos y Peligrosos.

El aspecto fundamental en el desarrollo del trabajo de auditoría consiste en la comparación de lo detectado, observado y verificado en el centro de trabajo durante los trabajos con lo establecido en la legislación en la materia, que constituye el marco de referencia en el cual debe estructurarse el dictamen. En otras palabras, la legislación constituye el criterio de aceptación - rechazo bajo el cual deben juzgarse los aspectos auditados^[34].

De acuerdo con los términos de referencia de la PROFEPA, no pueden emitirse dictámenes basados en criterios personales, opiniones subjetivas o cualquier otro tipo de consideraciones análogas, dado que para lograr la evaluación objetiva del sistema auditado, cada deficiencia debe establecerse claramente fundamentada, indicando el requisito no cumplido y la evidencia objetiva que la avale. El requisito no cumplido que se menciona, está constituido por la legislación^[31].

Lo anterior está muy relacionado con el hecho de que si el auditor encuentra situaciones que juzgue deficientes, debe también proporcionar al menos una alternativa de remediación, es decir, una serie de acciones correctivas que permitan subsanar la condición deficiente detectada. La solución de la problemática encontrada, debe ser tal que satisfaga por completo el requisito que se empleó para elaborar el dictamen.

De lo anterior se desprende, que para que pueda dictaminarse una deficiencia, debe existir necesariamente un requisito legal no cumplido que constituya el criterio de aceptación^[31].

Esta situación adquiere un enfoque muy especial cuando se analiza bajo la perspectiva de la auditoría en materia de manejo de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo y subsuelo, debido a diferentes circunstancias muy específicas. Por ejemplo, las condiciones de manejo de residuos son obviamente deficientes en la mayoría de las instalaciones industriales en general y las petroquímicas en particular (aunque es justo mencionar que esta situación ha ido cambiando en fechas recientes). No obstante, al realizar el trabajo de auditoría, el auditor se encuentra con que existe muy poco sustento legal para elaborar sus dictámenes. Debido a lo anterior, se utilizan preceptos muy generales para sustentar deficiencias muy particulares. Más aun, pueden presentarse situaciones no previstas, que aunque sean evidentemente deficientes, carezcan de un sustento legal aplicable. Lo anterior provoca toda una serie de confusiones e inconformidades por parte de la organización auditada. Asimismo, puede ocasionar que se continúe con prácticas riesgosas desde todo punto de vista.

En el caso del manejo de residuos peligrosos, existe una serie de preceptos que, aunque son perfectibles y no cubren completamente los ámbitos requeridos para la prevención y control de la contaminación originada por el manejo de dichos residuos, han ido conformando una base legal - normativa que permite evaluar las condiciones encontradas contra lo dispuesto por la legislación y normatividad aplicables. El caso de los residuos sólidos no es el mismo, ya que este rubro ha quedado comparativamente rezagado, en relación con el desarrollo que ha habido en la normatividad para residuos peligrosos y en la actualidad existe una carencia notable de disposiciones normativas que puedan aplicarse en la determinación del grado de cumplimiento de las empresas durante sus actividades de manejo de residuos sólidos.

La situación actual es consecuencia, principalmente, de que la normatividad ambiental en general, y en materia de residuos en particular, se encuentra en una etapa muy temprana, todavía se está constituyendo y consolidando.

En lo que respecta a los aspectos de contaminación al suelo, subsuelo y manto freático, el panorama es aún más grave, en función de que la normatividad es todavía más escasa. La legislación actual establece que se debe prevenir la contaminación a los suelos y evitar todo tipo de infiltraciones que puedan afectar sus procesos naturales^[27].

El problema consiste en que fuera de principios generales, no existe el detalle necesario en los preceptos legales, de forma que las situaciones puedan ser evaluadas con la objetividad requerida.

Por ejemplo, en la actualidad no existen criterios para evaluar o delimitar la contaminación de suelos y subsuelos en nuestro país. Estos criterios deberían establecer la concentración máxima permisible de determinados contaminantes, dependiendo del uso del suelo en el área de interés. Estos límites sí se han establecido en diferentes países y diversas organizaciones interdisciplinarias nacionales e internacionales han propuesto también criterios para la evaluación de contaminación en suelos (Ver anexos 3 y 4). No obstante, todavía no se cuenta con criterios reconocidos por la autoridad nacional, lo cual dificulta de forma muy significativa la labor del auditor en esta materia y, todavía mucho más importante, ocasiona que se carezca de bases normativas nacionales para evaluar y jerarquizar la problemática concerniente a la afectación a suelos.

Recientemente, se han implementado herramientas de gestión para afrontar esta problemática, especialmente aplicando análisis en los cuales se caracterizan los contaminantes presentes en el terreno, se caracteriza el medio, tipo de suelo, geología y geohidrología, además de evaluar los posibles riesgos y vías de exposición. A partir de éstos estudios se fijan criterios que son válidos para la zona de estudio, pero que por lo mismo son extremadamente limitados y específicos.

En resumen, es necesario enfatizar las carencias que presenta la normatividad ambiental en esta área, con la intención de atraer la atención hacia este aspecto. Las lagunas legales que existen actualmente son consecuencia del poco desarrollo existente en la cultura e infraestructura del manejo de residuos y prevención de contaminación que existen en la actualidad, sin embargo, es una responsabilidad y ante todo una necesidad común subsanar dichas carencias con la mayor brevedad posible, así como someter a una revisión constante lo existente, para su mejoramiento y complementación.

3. PREPARACION DE AUDITORIA.

La importancia de la preparación previa en cuanto a la realización de la auditoría ambiental es fundamental para los resultados de la misma. El equipo auditor debe ser constituido por personal que tenga familiaridad con los reglamentos, leyes y normas estatales y/o federales a aplicarse, así como el conocimiento y preparación en las técnicas a aplicarse durante la auditoría^[5].

Por otra parte, es muy importante conseguir y analizar la mayor cantidad posible de información sobre la instalación a auditar con la finalidad de familiarizarse con los procesos que se realizan en la misma, la extensión que ocupa el predio, el tipo de terreno predominante, las condiciones naturales, etc. Para lo anterior, se deberán obtener planos y croquis, listas de equipo, listas de consumos de materias primas y copias de la documentación relativa a permisos, licencias de funcionamiento, análisis de riesgos, auditorías anteriores y manifiestos de impacto ambiental^[5].

Debe aclararse que no siempre es posible que el cuerpo auditor disponga de estos documentos antes de iniciar los trabajos de campo de la auditoría, debido a que la instalación auditada puede presentar mucha resistencia para facilitar la documentación antes de que se inicie formalmente la auditoría. Sin embargo, debe intentar obtenerse toda la información posible, la cual constituye la base inicial con la cual podrá proyectarse la estrategia de trabajo.

Dicha estrategia, se plasmará en la estructura y contenido de los procedimientos de auditoría que se elaborarán para su aplicación durante los trabajos. La elaboración de los procedimientos se basa en la experiencia previa del auditor, la consulta de normatividad aplicable, la definición de los objetivos y alcances de los trabajos y en las características del centro de trabajo a auditar. También pueden influir otros factores, como los recursos técnicos disponibles y la forma en la cual se organizarán los auditores. Posteriormente, se presentarán procedimientos de auditoría que ejemplifican una forma en la cual puede enfocarse el trabajo de auditoría en materia de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo, subsuelo y manto freático en el caso de una instalación petroquímica.

3.1 Industria petroquímica. Generalidades.

A continuación, se presenta una semblanza de la industria petroquímica en la cual se establecen las generalidades representativas de esta actividad, por medio de lo cual se pretende enmarcar el tipo de procesos y operaciones que el auditor puede esperar encontrar en diversas industrias petroquímicas. Asimismo, se enuncian los diversos residuos que se generan a partir de las operaciones referidas.

La industria petroquímica se caracteriza por ser uno de los sectores en el que se dan inicio las operaciones para la elaboración de materias primas básicas. Estas operaciones concluyen con la fabricación de productos que generalmente son utilizados como materias primas para otras industrias, e incluso para consumo final¹.

Esta industria juega un papel fundamental en las economías modernas. Es un factor clave ya que está presente en todas las áreas de la vida, tales como alimentación, vestido, vivienda, comunicaciones,

transporte, etc. Además, juega un papel decisivo en el desarrollo de otros sectores de la industria como el energético, informática, ambiental etc.; abastece a más de 40 ramas industriales y demanda bienes y servicios de más de 30 de ellas^[1].

A pesar de que la expropiación petrolera tuvo lugar en 1938, se puede decir que la Industria Petroquímica en México tiene su verdadero origen en 1951, al iniciarse la producción de Amoniaco y Resina de Poliestireno. Durante los años siguientes, se comenzaron a elaborar diferentes tipos de resinas, algunos productos diversos como dodecibencensulfonato de sodio, nitrato de amonio explosivo y ácido acetilsalicílico, así como productos intermedios como formaldehído y ácido salicílico^[1].

Ya en la cultura prehispánica, se tenía conocimiento sobre la transformación de productos naturales y se utilizaba el petróleo como combustible. A partir de 1910 se inician las bases para la industrialización del país y en 1916 se crea la primera escuela de química industrial. La industria química moderna mexicana experimentó un considerable impulso inicial con motivo de la expropiación petrolera y del desarrollo de tecnologías para la fabricación de hormonas, a finales de los años treinta en este siglo^[1].

En adición a lo anterior, México es uno de los principales productores de petróleo y gas natural. Por otra parte, la Industria Petroquímica privada, así como la Industria Química extranjera establecida en México, están íntimamente vinculadas con PEMEX (Petróleos Mexicanos) como proveedoras de insumos y como clientes para sus productos^[1].

En 1957 se inicia la producción de fibras sintéticas con el nylon 6 y la producción de policloruro de vinilo (PVC). En 1959 se elabora nitrato de amonio para uso fertilizante y se inicia la fabricación del plaguicida D.D.T., por su parte el sector básico procesaba azufre, tetrámero de propileno y dodecibenceno^[1].

La Industria Petroquímica en México está regida por la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, promulgada el 29 de noviembre de 1958. En 1971 se inicia la reglamentación en donde se permitió institucionalizar las políticas de desarrollo de la Industria Petroquímica, dividiéndola en dos sectores llamados Petroquímica Básica y Petroquímica Secundaria. La regulación citada establecía que la extracción, refinación y producción de petróleo y gas y de los productos que constituyen a la Industria Petroquímica Básica estarían reservados en forma exclusiva al Estado a través de Petróleos Mexicanos^[1].

La Petroquímica Secundaria comprende a los productos derivados de los procesos subsecuentes a los señalados anteriormente; en este caso la inversión privada juega un papel muy importante, así como la inversión extranjera^[1].

Así, al amparo de esta Ley Reglamentaria PEMEX se quedó con el dominio de prácticamente toda la producción de petroquímicos en México, aunque se reconoce que gracias al empuje sus inversiones, se conformó una infraestructura adecuada para el mercado interno.

A partir de 1975 y durante los siguientes 10 años, se desarrolló el plan nacional de desarrollo industrial, dando lugar a la construcción de complejos de PEMEX para la producción de productos petroquímicos

como La Cangrejera, Cosoleacaque, Pajaritos y Morelos, así como centros de menor tamaño como Escolín, Camargo, Salamanca, Tula e Independencia⁽¹⁾.

Debido a diversos factores, entre los que se destacaron grandes presiones de mercado, el Gobierno Federal se vio ante la necesidad de realizar la reestructura de la Industria Petroquímica y dio los primeros pasos al reclasificar, en agosto de 1989, a la mayoría de los llamados petroquímicos básicos y abriéndolos a la iniciativa privada⁽¹⁾.

Las reformas a la Ley Reglamentaria establecían que la extracción, refinación y producción de petróleo y gas, así como la elaboración de los productos clasificados dentro de la Petroquímica Básica estarían reservados en forma exclusiva al Estado a través de PEMEX, mientras que los productos clasificados dentro de la Petroquímica Secundaria requerían permiso para su elaboración; dichos permisos serían otorgados por la entonces Comisión Petroquímica Mexicana⁽¹⁾.

Dentro de la Petroquímica Básica se encontraban 20 productos y la Petroquímica Secundaria contenía 66 productos⁽¹⁾. Posteriormente, se modificó esta disposición, reduciendo a ocho el número de petroquímicos básicos⁽¹⁾ (Etano, Propano, Butano, Pentano, Hexano, Heptano, Naftas y Materia Prima para Negro de Humo), además del Metano, cuando éste derive de hidrocarburos de petróleo, provenga de yacimientos en el territorio nacional y sirva de materia prima para procesos industriales.

En el presente documento no se sigue la diferenciación estricta entre los productos petroquímicos, dado que constituye una clasificación que tiene implicaciones propiamente económicas, políticas y administrativas. El objetivo consiste en proporcionar herramientas y guías útiles para la realización de auditorías ambientales en materia de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo y aguas subterráneas en instalaciones en las cuales se procesan productos químicos que se derivan de los hidrocarburos del petróleo y el gas natural.

La primera fase en el procesamiento industrial de los productos petrolíferos consiste en la refinación del crudo. Lo anterior se realiza por medio de procesos de destilación, a partir de los cuales se obtiene una serie de hidrocarburos.

Un resumen de los procesos de refinación se presenta en la Tabla siguiente^[2].

Tabla 5 RESUMEN DE PROCESOS DE REFINACIÓN.

NOMBRE COMERCIAL DEL PROCESO	MATERIAL COMÚN DE CARGA	PROPOSITO GENERAL	PRODUCTO PRINCIPAL	REACCION ILUSTRATIVA	CONDICIONES DE OPERACION		CATALIZADOR
					Lb/pulg ²	Temp. °F	
Desulfuración catalítica (ningún nombre en común)	Gasolina Buzano Aceite crudo reducido	Eliminar el azufre Hacer olefinas Reducir la viscosidad y producir gasóleo	Gasolina Buzano o butadieno Aceite combustible	$R(SH) = R + H_2S$ $C_2H_6 = C_2H_4 + H_2$ $C_3H_8 = C_3H_6 + 2H_2$ $C_4H_{10} = C_4H_8 + H_2$ $C_5H_{12} = C_5H_{10} + H_2$	40-70 Baja 230-250	700-800 850-1150 830-890	Bauxita o arcilla Óxido de cromo en Bauxita
Vis-Breaking							
Desintegración catalítica "Houmy" Desintegración catalítica en lecho fluidizado Desintegración catalítica "Thermoior" Cicloversión	Gasóleo ligero Gasóleo ligero Gasóleo ligero Gasóleo ligero	Índice de octano elevado Índice de octano elevado Índice de octano elevado Índice de octano elevado	Gasolina catalítica Gasolina catalítica Gasolina catalítica Gasolina catalítica		20-50 2-15 10-15 50-100	800-860 860-950 750-900 900-1100	Arcillas naturales, hidrocloratos de aluminio, bauxita, etc.
Desintegración térmica Reforming Cooquifreación	Gasóleo Gasolina pesada Combustóleo	Hacer gasolina Hacer gasolina Eliminar el aceite combustible	Gasolina de desintegración Gasolina de desintegración Gasolina de desintegración		300-700 400-800 300-500	880-950 960-1020 890-960	
Poiforming	Nafta y gas de refinería	Aumentar el rendimiento de la gasolina	Gasolina		1000-2000	1020-1120	
Hydroforming Hidrogenación Destructiva	Nafta o destilados Materias primas diversas	Gasolina aromática Materias primas parafínicas	Solventes varios	$C_2H_6 + H_2 = 2C_2H_5$ *	250 3000	950-1050 800-950	Trióxido de molibdeno
Ningún nombre en común	Heptano y metilciclohexano	Hidrocarburos aromáticos	Tolueno	$C_7H_8 = C_7H_6 + 2H_2$	Baja	1020	Cromo, molibdeno, etc. óxido
Polimerización térmica	Gases de desintegración	Recuperar gases	Gasolina de polimerización	$C_2H_4 + C_2H_6 = C_4H_{10}$	1500-2000	900-1025	
Alquilación con HF Alquilación con ácido sulfúrico	Buzano iso y normal Buzano, iso y normal	Aceite para mezclas con alto índice de octano Aceite para mezclas con alto índice de octano	Hidrocarburos alifáticos Hidrocarburos alifáticos	$C_2H_6 + C_2H_4 = C_4H_{10}$ $C_3H_8 + C_2H_4 = C_5H_{12}$ $C_4H_{10} + C_2H_4 = C_6H_{14}$ $C_5H_{12} + C_2H_4 = C_7H_{16}$	100-150 100-600 15	70-115 30-90 350-550 150-210	Acido fluohídrico Acido sulfúrico Acido fosfórico Cloruro de aluminio

NOMBRE COMERCIAL DEL PROCESO	MATERIAL COMÚN DE CARGA	PROPÓSITO GENERAL	PRODUCTO PRINCIPAL	REACCIÓN ILUSTRATIVA	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CATALIZADOR
					Lb/pulg	Temp. °F	
Ningún nombre en común	Propeno y benceno	Acetite para mezclas con alto índice de octano necesario para el estireno y el hule sintético	Cumeno	$C_3H_6 + 1C_6H_6 = C_9H_{12}$	3000-8000	900-1000	
Ningún nombre en común	Eteno y benceno	Recuperar gases	Etilbenceno				
Alquilación térmica	Eteno o propeno e isobutano	Recuperar gases	Neohexano				
Ningún nombre en común	Trimetilpenteno	Acetite para mezclas con alto índice de octano	Isooctano	$C_4H_{10} + H_2 = C_8H_{18}$	15-60	320-400	Niquel
Polymerización con ácido fosfórico	Gases de desintegración	Recuperar gases	Gasolina de polimerización	$23(C_2H_6) = C_{46}H_{96}$	300-600	300-450	Acido fosfórico
Polymerización con ácido sulfúrico	Gases de desintegración	Recuperar gases	Gasolina de polimerización	$x(C_2H_6) = C_2H_{4x}$	350-650	70-190 350-500	Acido sulfúrico Acido fosfórico
Ningún nombre en común	Isobuteno	Producto intermedio para el isooctano	Codimero (trimetilpenteno)	$2C_2H_6 = C_4H_{10}$			
Isomate Isomerización de butano	Nafta, pentano o hexano, butano	Gasolina de índice de octano elevado Hidrocarburos de cadena ramificada	Gasolina isomerizada Isobutano	$C_4H_{10} = C_4H_{10}$ $C_5H_{12} = C_5H_{12}$	120-200 200-350	150-220 100-210	Cloruro de aluminio Cloruro de aluminio

De esta forma, se obtienen las fracciones de hidrocarburos que se muestran a continuación.

FRACCIÓN No. DE ÁTOMOS DE CARBONO POR MOLÉCULA

- Gas Incondensable
- Gas Licuado (LP)
- Gasolina
- Kerosina
- Gasóleo
- Lubricantes y parafinas
- Combustóleo pesado
- Asfaltos

- C_1-C_2
- C_3-C_4
- C_5-C_9
- $C_{10}-C_{14}$
- $C_{15}-C_{23}$
- $C_{20}-C_{35}$
- $C_{25}-C_{35}$
- $>C_{39}$

Los productos obtenidos a partir de la refinación son empleados en diferentes usos, dependiendo de sus características. La Industria petroquímica emplea ante todo como materias primas básicas las olefinas y los aromáticos obtenidos a partir del gas natural y de los productos de refinación del petróleo: etileno, propileno, los butilenos y algunos pentenos entre las olefinas y el benceno, tolueno y xilenos como hidrocarburos aromáticos^[2].

Productos Petroquímicos Iniciales.

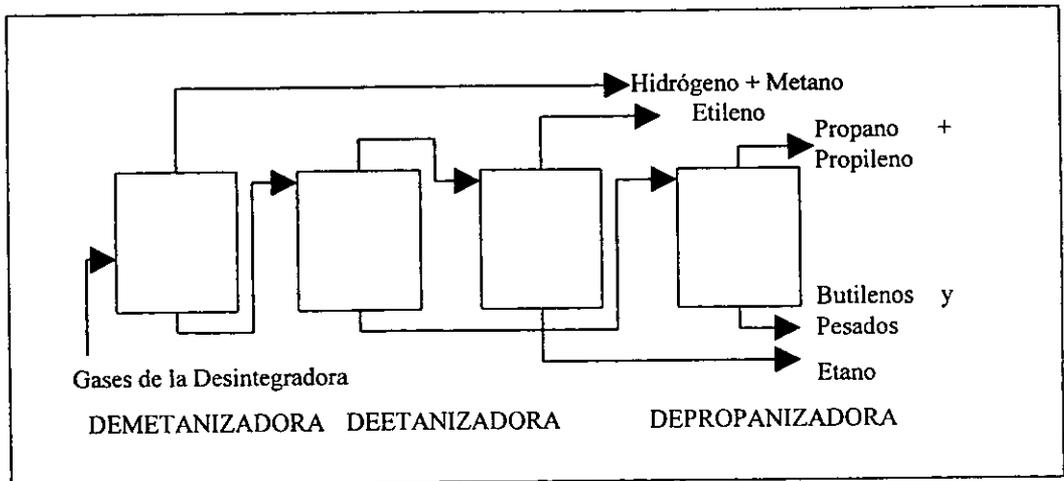
La fase inicial en el proceso petroquímico consiste en la obtención de olefinas o hidrocarburos acíclicos insaturados. Los de mayor interés en cuanto a sus aplicaciones son aquellos que poseen de dos a cinco átomos de carbono.

Para la obtención de las olefinas, se recurre al proceso de desintegración térmica utilizando como materia prima el etano, propano y el butano. Otra opción consiste en obtener las olefinas a partir de hidrocarburos saturados más pesados, provenientes de la fracción llamada nafta o gasolina pesada, cuyas moléculas contienen de cinco a doce átomos de carbono. Pueden llegar a utilizarse fracciones más pesadas como los gasóleos^[2].

Del proceso de desintegración térmica se obtienen diversos productos, tales como etileno, propileno, gasolina rica en aromáticos, gases ligeros, metano, hidrógeno, butilenos y combustóleos. El porcentaje de cada producto obtenido depende de la materia prima empleada inicialmente. En México, el etano es la opción más empleada, por lo que se obtiene principalmente etileno^[1].

Los productos obtenidos son separados mediante técnicas de separación en columnas de destilación, tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 5 SEPARACIÓN DE PRODUCTOS DE DESINTEGRACIÓN TÉRMICA



El grado de pureza al cual se requiere llegar en los procesos de separación depende del uso que se tenga destinado para cada producto y por ello, que pueden requerirse procedimientos de separación adicionales.

Otros productos importantes obtenidos a partir de las fracciones del petróleo son los hidrocarburos aromáticos. Los aromáticos de mayor importancia en la industria petroquímica son el benceno, tolueno y los xilenos. Estos hidrocarburos se encuentran en la gasolina natural, pero debido a su baja concentración resulta incosteable su extracción⁽¹⁾.

Para su obtención se utiliza la desintegración catalítica, empleando como carga gasolina natural o nafta pesada. Las parafinas lineales y cíclicas contenidas en ésta constituyen el precursor de los aromáticos. Uno de los procesos más comunes utiliza como catalizador Platino soportado sobre alúmina. Los productos líquidos de la reacción se someten a otros procesos en donde se separan los aromáticos del resto de los hidrocarburos⁽¹⁾.

Para la separación de los hidrocarburos aromáticos entre sí, se emplean métodos como destilación azeotrópica, destilación extractiva, extracción con solventes, adsorción sólida y cristalización.

Otro producto petroquímico importante es el negro de humo. Este material se obtiene principalmente a partir de gasóleos y residuos pesados. En general, estas cargas deben contener un alto porcentaje de aromáticos pesados o poliaromáticos y un bajo contenido de azufre⁽¹⁾. La carga es sometida a proceso térmico, en el cual se descomponen los productos por medio de calor.

Dentro de estos productos obtenidos en la etapa inicial del proceso petroquímico, debe mencionarse también el Azufre. Los derivados de este elemento se encuentran presentes en todas las fracciones de la destilación del crudo. Por lo tanto, es necesario someterlas a procesos de desulfuración, principalmente en lo que respecta a las fracciones de la destilación primaria⁽¹⁾.

Algunas tecnologías efectúan la desulfuración de las fracciones en presencia de hidrógeno, pero todas hacen uso de catalizadores⁽¹⁾.

Productos Petroquímicos Intermedios.

En procesos subsecuentes se obtienen productos formados a partir de la introducción de heteroátomos como el oxígeno, el nitrógeno y el cloro a las moléculas de olefinas e hidrocarburos aromáticos. También se forman productos por la adición de diferentes moléculas de hidrocarburos a los petroquímicos básicos antes mencionados⁽¹⁾.

Los productos iniciales del proceso petroquímico son empleados entonces para la formación de otro tipo de compuestos que pueden ser productos finales en sí, o precursores de otros productos para consumo⁽¹⁾.

Metano.

El metano se emplea como combustible a nivel industrial y también tiene aplicaciones en procesos petroquímicos. Una de éstas consiste en la generación de hidrógeno, monóxido de carbono y bióxido de carbono (gas de síntesis) para la síntesis de amoníaco y metanol. Para este mismo efecto, se pueden emplear también etano, propano o butano, aunque con menor rendimiento, debido a que éstos contienen menor cantidad de hidrógeno por átomo de carbono^[2]. La siguiente figura describe el diagrama de proceso para producir estos gases a partir de metano. A continuación se muestra un ejemplo de proceso de obtención del amoníaco, que como se ha mencionado, se obtiene a partir del gas de síntesis.

Figura 6 PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

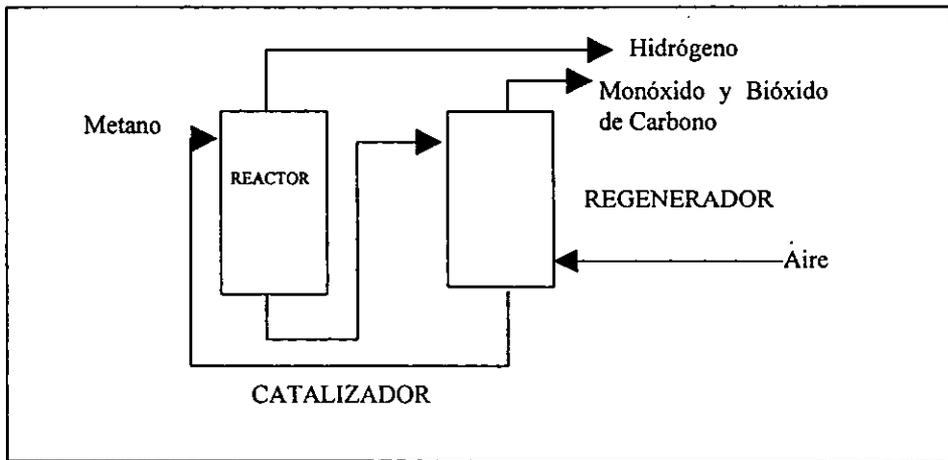
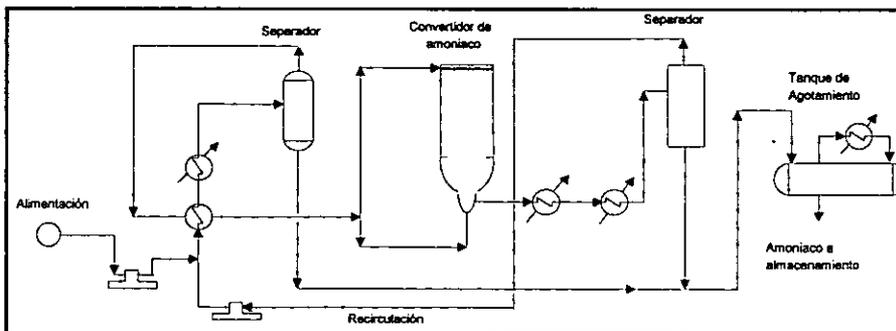


Figura 7 OBTENCIÓN DE AMONIACO



Como se muestra, el amoníaco puede obtenerse a partir del nitrógeno del aire y el hidrógeno del metano. Durante el proceso de obtención del amoníaco se obtiene bióxido de carbono como producto secundario^[4].

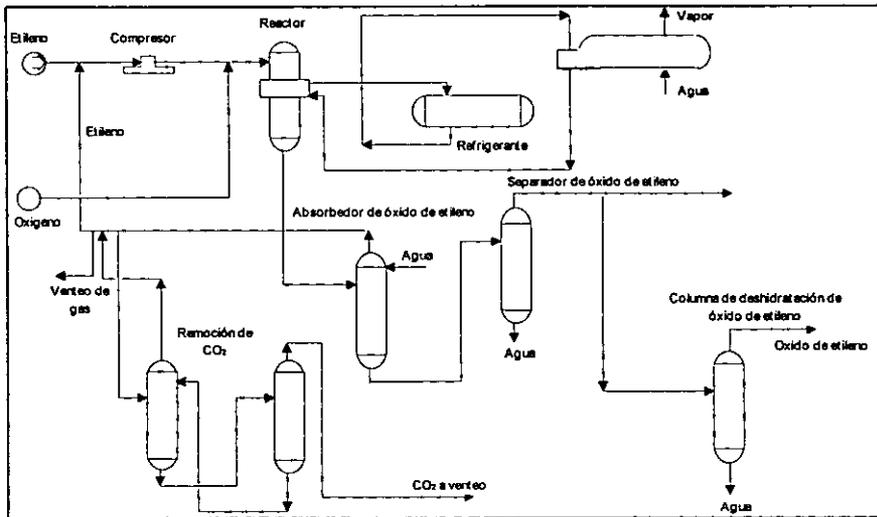
El amoniaco obtenido tiene una gran variedad de usos, aunque la mayor parte se utiliza para la fabricación de fertilizantes^[1].

Derivados del etileno.

Otra de las materias primas petroquímicas fundamentales es el etileno, el cual sirve para la fabricación de una gran variedad de productos, tales como el polietileno de alta y baja densidad, etanol, y propionaldehído. De igual forma, el etileno es necesario para la formación de productos intermedios que sirven para la fabricación de productos más complejos, además de utilizarse directamente en algunas ocasiones^[1].

Un ejemplo de lo anterior puede ilustrarse por medio del óxido de etileno, que se obtiene haciendo pasar etileno y oxígeno a través de una columna empacada con un catalizador a base de sales de plata. A continuación se representa un proceso de obtención de óxido de etileno^[4].

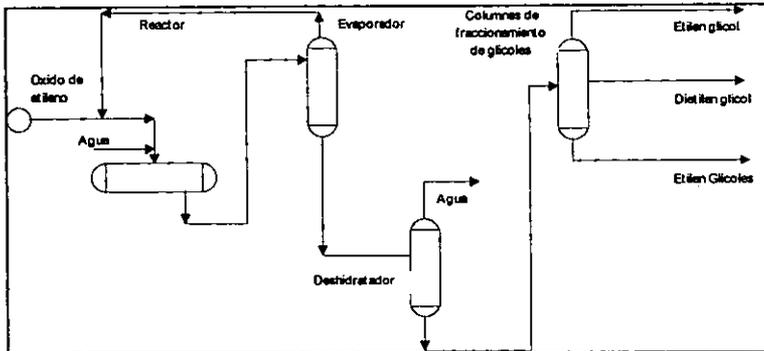
Figura 8 OBTENCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO



El óxido de etileno sirve como producto final, pero también se emplea para la producción de diversos productos petroquímicos, como el acetaldehído, que es otro de los productos obtenidos a partir de la oxidación del etileno. La forma más empleada para la obtención de acetaldehído consiste en hacer reaccionar ácido clorhídrico y etileno en presencia de cloros de paladio y de cobre como catalizadores. El acetaldehído es un intermediario muy importante en la fabricación de ácido acético y anhídrido acético. Estos productos se emplean ampliamente en la industria como agentes de acetilación para la obtención de ésteres, que resultan de la reacción de un alcohol, fenol o glicol con un ácido. A su vez, algunos de los ésteres derivados del ácido acético dan origen a los llamados acetatos de metil, etilo, propilo, isopropilo, isobutilo, amilo, isoamilo, n-octilo, feniletilo, etc^[2].

Existen otros productos que se fabrican a partir del óxido de etileno tales como el etilenglicol, polietilenglicol, éteres de glicol y etanolaminas. Otro uso del óxido de etileno consiste en la fabricación de poliuretanos^[2]. A continuación se muestra un proceso de obtención de glicoles de etileno.

Figura 9 OBTENCIÓN DE GLICOLES DE ETILENO



Los ésteres derivados del ácido acético también sirven como solventes para extraer la penicilina y otros antibióticos. También se emplean como materia prima para la obtención de fibras sintéticas como el acetato de celulosa y el acetato de vinilo^[4].

Además de utilizarse en la fabricación de ácido acético, el acetaldehído sirve para fabricar otro tipo de productos como el 2-etilhexanol, n-butanol, pentaeritrol, cloral, ácido cloroamincético, piridinas y ácido nicotínico^[4].

A partir del etileno también se obtiene el dicloroetano. Esto se realiza haciendo reaccionar etileno con cloro en presencia de un catalizador de cloruro férrico. A su vez, el dicloroetano se utiliza en la fabricación de cloruro de vinilo, tricloroetileno, percloroetileno, metilcloroformo, cloruro de etilo, tetraetilo de plomo, etilendiamina y otros productos aminados^[1].

A partir del etileno también puede sintetizarse el etilbenceno, utilizando benceno y el mismo etileno como reactivo, además de ácido fosfórico como catalizador. El etilbenceno se utiliza para la obtención de estireno, que a su vez se emplea para la obtención de plásticos de poliestireno. Cabe mencionar que el etilbenceno también puede obtenerse por medio de la extracción de aromáticos de las reformadoras^[1].

Otro de los usos más importantes del etileno consiste en la obtención de alcohol etílico. La síntesis de alcohol etílico puede realizarse agregándole agua a las moléculas de etileno en presencia de ácido sulfúrico^[2]. La otra vía para la obtención de este producto consiste en utilizar un proceso de alta presión que emplea un catalizador sólido de ácido fosfórico soportado sobre aceite. En el caso del alcohol etílico, también este producto tiene otras vías de obtención, especialmente en el caso de la obtención de diversas bebidas^[1].

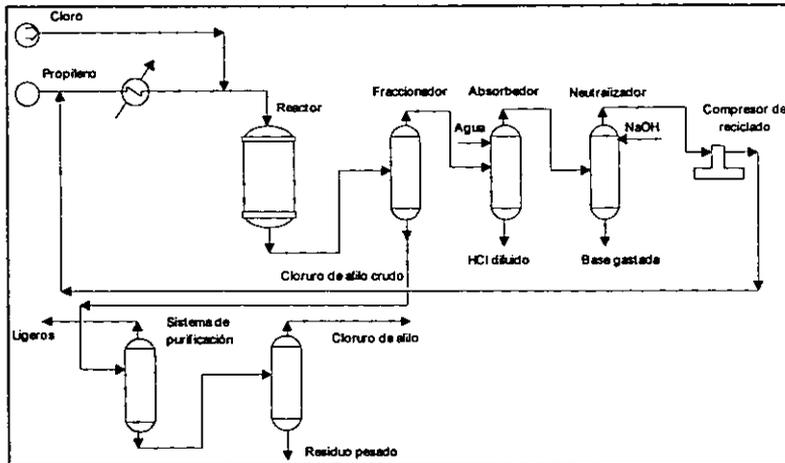
El alcohol etílico se utiliza a su vez como materia prima para la obtención de etilaminas, alcohol etílico y acetato de etilo^[1].

Por medio de la reacción de hidroformilación del etileno, se obtiene propionaldehído. Esto se realiza industrialmente haciendo reaccionar el etileno con gas de síntesis^[2]. El propionaldehído se utiliza para la fabricación de n-propanol y ácido propiónico^[1].

Derivados del propileno.

Los derivados del propileno se destinan tanto a productos de refinería como a productos petroquímicos. En este último caso, a partir del propileno se obtienen productos como el alcohol isopropílico, cloruro de alilo, 2-etilhexanol, n-butil alcohol, ácido acrílico, óxido de propileno, polipropileno, cumeno y dodeceno^[4].

Figura 10 OBTENCIÓN DE CLORURO DE ALILO



A su vez, estos productos son empleados para la obtención de otros productos, como el caso de la acetona a partir de alcohol isopropílico, la epíclorhidrina a partir de cloruro de alilo, el acrilato de butilo y 2-etilhexil acrilato a partir de 2-etilhexanol, n-butil alcohol y ácido acrílico, el propilenglicol a partir de óxido de propileno, fenol y acetona a partir de cumeno y dodecibenceno a partir de dodeceno^[2].

El óxido de propileno es uno de los productos importantes dentro de los derivados del propileno, debido a las múltiples ocupaciones que las sustancias originadas a partir de él tienen en diferentes áreas. Entre estas sustancias se encuentran los polioles poliéster, empleadas para fabricar poliuretanos, el propilenglicol utilizado para fabricar resinas poliéster, el dipropilenglicol empleado para la fabricación de lubricantes y jabones, el tripropilenglicol utilizado para fabricar jabones, textiles y lubricantes, polipropilenglicoles utilizados para la fabricación de lubricantes de hule, antiadherentes y fluidos hidráulicos, éteres de glicol, isopropilaminas, acrilonitrilo utilizado para fabricar fibras sintéticas, resinas, hule nitrilo, acrilatos, hexametildiamina, celulosa modificada y acrilamidas^[4].

La acroleína es otro producto que se obtiene por oxidación del propileno. Sirve como intermediario en la fabricación de glicerina, empleada para fabricar dinamita y metionina.

Por otra parte, el isopropanol antes mencionado se obtiene haciendo reaccionar el propileno con ácido sulfúrico. El isopropanol se emplea para la fabricación de acetona, agua oxigenada, tintes para el pelo, acetato de isopropilo, isopropilamina, y propilato de aluminio^[1].

Derivados de los butilenos.

Los butilenos se obtienen en la fase gaseosa de las desintegradoras y son separados por métodos que combinan los procesos de destilación y extracciones usando solventes y adsorbentes. Del buteno-1 se obtiene el polibuteno por polimerización^[2]. También se puede obtener el óxido de butileno. A partir del buteno-1 o del buteno-2 pueden obtenerse también productos como el sec-butanol, metil etil cetona, ácido acético, anhídrido maléico y el butadieno^[1].

Adicionalmente, el buteno-1 se emplea en la copolimerización con el etileno para la obtención de polietileno de baja densidad. El buteno-1 puede también convertirse a octeno-1, el cual sirve para fabricar ortoxileno y paraxileno, que se utiliza para fabricar ácido tereftálico^[1].

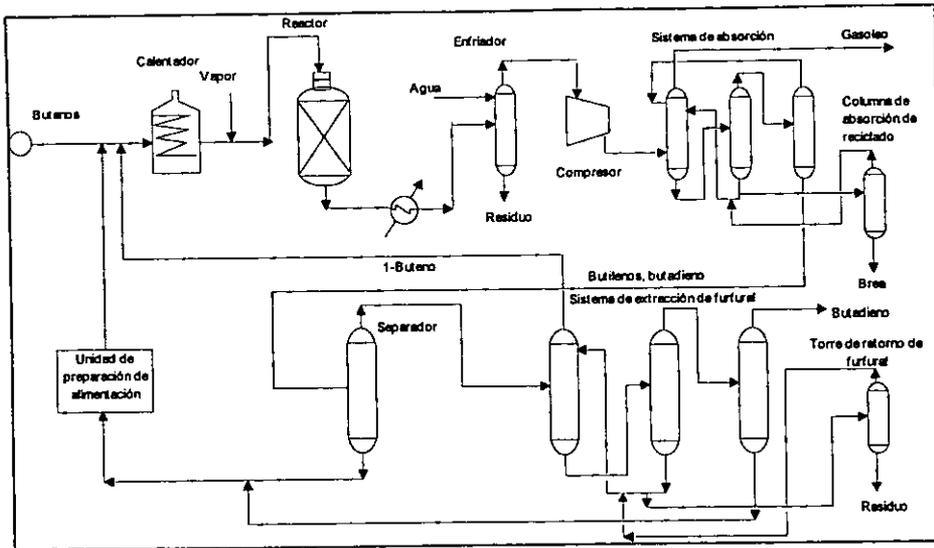
El anhídrido maléico se obtiene también a partir de la oxidación de los butenos. Este producto se utiliza para la fabricación de poliésteres insaturados, ácido fumárico, insecticidas y resinas alquídicas^[2].

Por su parte, el isobuteno se puede obtener tanto en los gases de la desintegradora como por isomerización de los n-butenos y por deshidrogenación del isobutano^[2]. Las principales aplicaciones del isobuteno consisten en la obtención de 1,2-diisobutilen glicol, 2,6-di-terbutil-p-cresol, alcohol terbutílico, metil-terbutil-éter, óxido de isobutileno, ácido metacrílico y diisobutileno^[1].

Tanto el isobuteno como sus polímeros de bajo peso molecular reaccionan con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores de sílica-alúmina, para dar mercaptanos que se utilizan como solventes e intermediarios químicos^[2]. Otro uso del isobuteno consiste en obtener alcohol terbutílico, el cual se emplea para fabricar p-terbutil fenol, principal intermediario en la fabricación de las resinas fenol-formaldehído^[4]. La principal aplicación del isobuteno es la producción de metil-terbutil-éter, haciéndolo reaccionar con metanol.

El butadieno se emplea en la producción de hules y resinas sintéticas, además de la fabricación de hexametilendiamina, que es un producto utilizado en la fabricación de nylon. Algunos de los productos obtenidos a partir del butadieno son los diclorobutenos, el ácido adipico, 1-4 diacetoxi-2-buteno, solfoleno, 3,4-dicloro-1-buteno y ciclopentadienos. Estos productos a su vez, son empleados para la producción de otros materiales petroquímicos, como es el caso del 1,4 butanodiol, utilizado para la fabricación del tetrahidrofurano y en la síntesis de los poliuretanos^[1]. A continuación se muestra el proceso de obtención de butadieno.

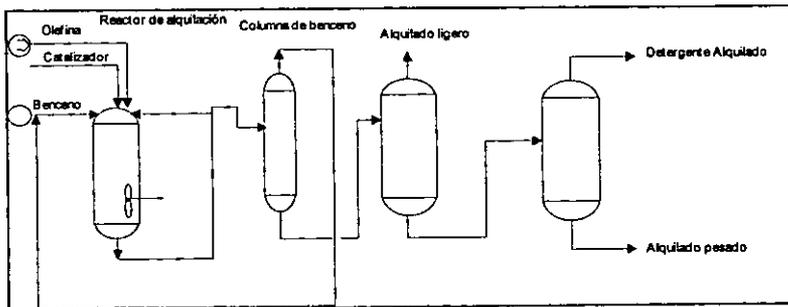
Figura 11. OBTENCIÓN DE BUTADIENO



Derivados del benceno.

El benceno se obtiene a partir de las reformadoras de naftas, de la desintegración térmica de la gasolina, de las plantas de etileno y por desalquilación del tolueno^[1]. Entre las aplicaciones del benceno se encuentran la fabricación de etilbenceno, anhídrido maléico, cumeno, ciclohexano y nitrobenzeno, así como la obtención de detergentes alquilados, que se muestra a continuación^[4].

Figura 12 OBTENCIÓN DE DETERGENTES ALQUILADOS



El etilbenceno se obtiene haciendo reaccionar el benceno con etileno. En el caso de la reacción entre benceno y propileno se obtiene cumeno, que es una materia prima para la fabricación del fenol y la acetona^[2]. Para obtener nitrobenzeno, se hace reaccionar al benceno con ácido nítrico en presencia de ácido sulfúrico. El nitrobenzeno así obtenido sirve para la fabricación de anilina principalmente. En el caso de la reacción entre el benceno y cloro, se obtiene el clorobenceno, a partir del cual se puede también obtener anilina, cloronitrobenzeno, bisfenilo y DDT^[1].

Derivados del tolueno.

A partir de tolueno se puede obtener trinitrotolueno o 2, 4 dinitrotolueno por nitración, benzaldehído o ácido benzóico por oxidación, cloruro de bencilo por cloración y p-tolualdehído por carbonilación, siendo posible además obtener benceno, metano y xilenos por otras vías^[4].

Entre los derivados del tolueno pueden destacarse el ácido benzóico, el benzaldehído y el cloruro de bencilo. El ácido benzóico se emplea en la fabricación de diversos productos de consumo final, así como intermediario en la fabricación de plastificantes y resinas^[4]. El benzaldehído se utiliza como solvente y como ingrediente en productos de la industria alimenticia y en la perfumería. Por último, el cloruro de bencilo se emplea en la fabricación de alcohol bencílico, el cual a su vez se emplea en la fabricación de acetato de bencilo y ácido fenilacético, que es la base para la producción de penicilina G^[2].

Derivados de los xilenos.

Como derivados del p-xileno se encuentran el ácido tereftálico y el dimetil tereftalato. Estos compuestos se emplean en producción de tereftalato de polietileno, así como en la fabricación de poliésteres insaturados y tereftalato de polibutileno^[4].

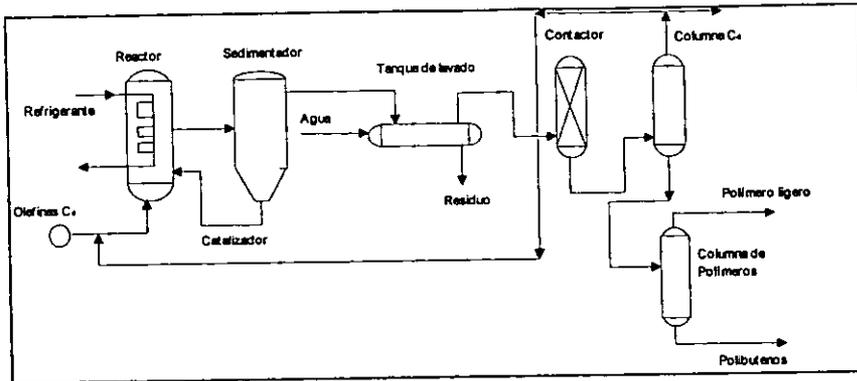
El ortoxileno se emplea para la fabricación del anhídrido ftálico para la producción de cloruro de polivinilo (PVC). Tiene además otros usos, como la fabricación de resinas alquídicas y ftalonitrilo^[1]. El metaxileno por lo general se isomeriza para convertirlo en ortoxileno y paraxileno^[4].

Polímeros derivados del petróleo.

Los polímeros se encuentran entre los productos petroquímicos más importantes debido a la gran variedad de usos que han encontrado en la industria y en la vida moderna. El consumo de polímeros ha aumentado constantemente a lo largo de su historia, debido a su costo, sus propiedades y a la extrema adaptabilidad que se ha podido obtener de ellos^[4].

Como se ha mencionado, los diferentes productos petroquímicos más sencillos son empleados en la elaboración de polímeros, que son cadenas de los mismos hidrocarburos que presentan diversas extensiones, como es el caso de los polibutenos, formados a partir de olefinas de cuatro carbonos, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 13 OBTENCIÓN DE POLIBUTENOS



En la elaboración de los polímeros se emplea una gran variedad de productos, tales como la urea, el formaldehído, fosgeno y el bióxido de carbono (generados a partir del metano), el cloruro de vinilo, etilenglicol, acetato de vinilo, estireno, óxido de etileno y alcohol polivinílico (provenientes del etileno), cloruro de alilo, epiclorhidrina, 2-etilhexil acrilato, butil acrilato, etil acrilato, metil acrilato, óxido de propileno, polioles, propilenglicol y acrilonitrilo (provenientes del propileno), el butadieno y el anhídrido maleico (provenientes de los butilenos), el estireno, ácido adípico, caprolactama, anilina y hexametildiamina (provenientes del benceno), tolueniisocianato (generado a partir del tolueno), anhídrido ftálico (proveniente del ortoxileno), ácido isoftálico (proveniente del metaxileno), ácido tereftálico y dimetil tereftalato (provenientes del paraxileno)^[2], entre otros.

Al respecto, es menester mencionar que la importancia que han alcanzado los polímeros desde el punto de vista técnico y de utilidad para la sociedad moderna tiene también componentes negativas, tales como la provocada por el hecho de que la gran cantidad de polímeros generados han llegado a ocasionar un muy importante problema de residuos sólidos, debido a su volumen, así como a la persistencia que muchos de estos productos presentan en el ambiente.

Polímeros termoplásticos.

Entre los polímeros termoplásticos de mayor importancia pueden mencionarse al polietileno de alta y baja densidad, el polipropileno, cloruro de polivinilo, acetato de polivinilo, poliestireno, acrilonitrilo - butadieno - estireno, acrilonitrilo - estireno, polimetilmetacrilato, polihexametilen diamida, policaprolactama, polietilentereftalato y el polibutilentereftalato^[2].

El polietileno se puede obtener en diversas formas, dependiendo del tipo de catalizador empleado, así como de las condiciones de proceso. En el caso de polietileno de baja densidad, se puede obtener a alta presión, utilizando iniciadores de radicales libres como catalizadores de polimerización del etileno, obteniéndose polietileno de baja densidad ramificado. Cuando se polimeriza etileno a baja presión, utilizando catalizadores tipo Ziegler Natta, y utilizando como comonomero buteno-1 se obtiene el polietileno de baja densidad lineal. El polietileno de alta densidad es obtenido vía polimerización de

etileno a baja presión y en presencia de catalizadores Ziegler - Natta¹²¹. Diferentes procesos de obtención de polietilenos son mostrados a continuación.

Figura 14 OBTENCIÓN DE POLIETILENO A PRESIÓN MEDIA

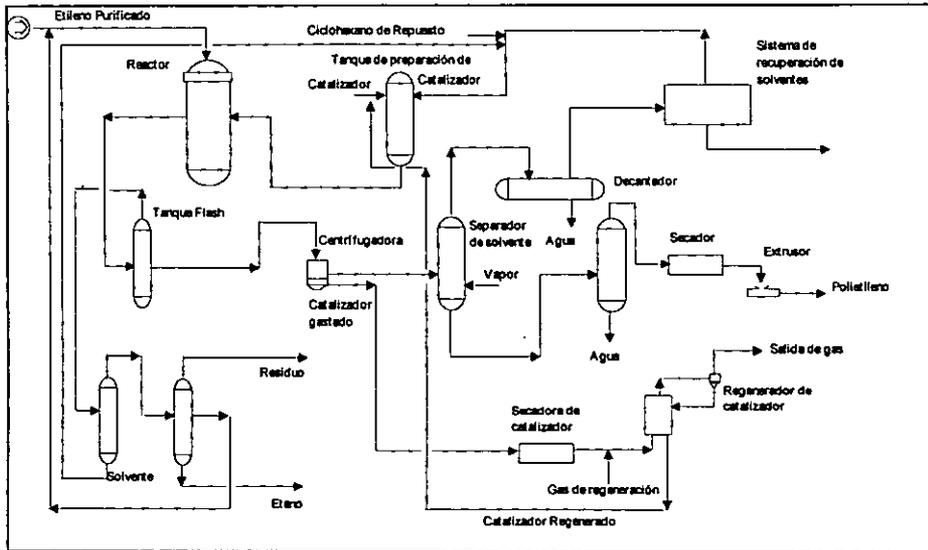


Figura 15 OBTENCIÓN DE POLIETILENO A BAJA PRESIÓN

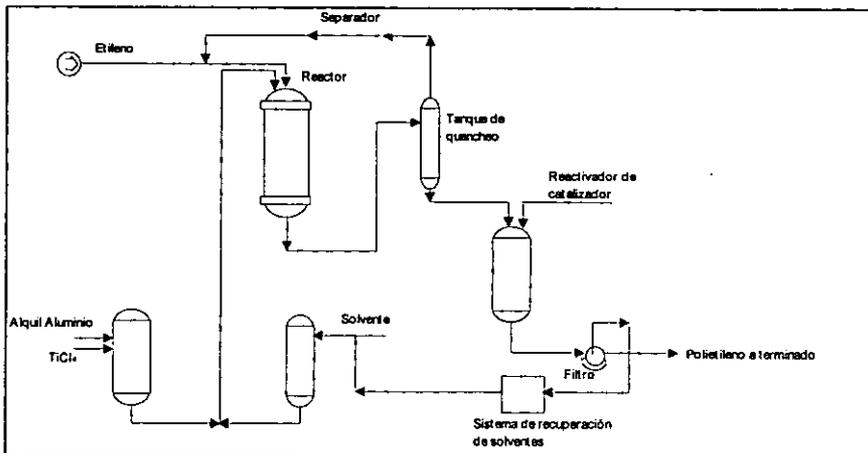
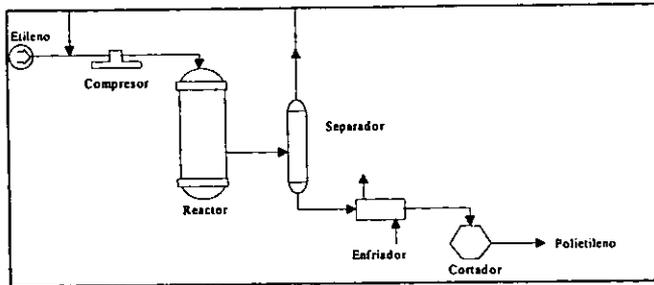


Figura 16 OBTENCIÓN DE POLIETILENO A ALTA PRESIÓN



El propileno se polimeriza para obtener polipropileno, también utilizando catalizadores que permiten la obtención de un polímero estereoregular^[2].

El cloruro de polivinilo se obtiene polimerizando el cloruro de vinilo, obteniéndose dos tipos de cloruro de polivinilo, el flexible y el rígido. Además, éste material se suele copolimerizar con otros monómeros^[2].

Por su parte, también el poliestireno se copolimeriza con otros productos, como el acrilonitrilo. Además como poliestireno, se comercializa en tres formas; estas se utilizan en diferentes usos y son poliestireno común o cristal, poliestireno de impacto y poliestireno expandible^[2].

Polímeros termofijos.

Estos materiales se caracterizan por polimerizarse irremediamente bajo calor o presión, por lo que no tienen la característica de termoplaticidad de los materiales antes mencionados.

Entre los polímeros termofijos se encuentran los siguientes: poliuretano, resinas alcídicas, poliéster insaturado, resina epóxica, fenol - formaldehído, urea - formaldehído y la melamina - formaldehído.

En el caso de los poliuretanos pueden ser obtenidos a partir de la reacción de un glicol y un isocianato con más de dos grupos funcionales. Los poliuretanos pueden ser de dos tipos: rígidos y flexibles^[4].

Hule sintético.

El hule sintético o elastómero se produce polimerizando mono olefinas como el isobutileno y diolefinas como el butadieno y el isopreno^[4]. También se obtienen elastómeros por copolimerización de olefinas con diolefinas o de dos olefinas diferentes.

Entre los principales hules sintéticos pueden mencionarse los formados a partir del butadieno (polibutadieno BR), butadieno más estireno (hule SBR), butadieno más acrilonitrilo (hule NBR), isobutileno más isopreno (hule IIR) y cloropreno (neoprenos)^[2].

Servicios auxiliares.

Independientemente del proceso que se desarrolle en una determinada instalación petroquímica, las actividades de la misma requerirán para su realización de servicios auxiliares. Estos servicios incluyen fluidos de calentamiento o enfriamiento (agua, vapor, etc.), energía, tratamiento de agua influente y efluente, aire comprimido para instrumentos^[1], entre otros.

El suministro de estos servicios auxiliares involucra la implementación y ejecución de procesos adicionales al proceso o procesos principales desarrollados en la instalación industrial^[1]. Esta situación puede ser fácilmente perdida de vista por parte del auditor en materia de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo, subsuelo y aguas subterráneas. Por lo tanto, es importante enfocar la situación del centro de trabajo auditado y evaluar los servicios auxiliares requeridos, dado que estas actividades también involucran la generación de residuos y la posibilidad de contaminación al suelo y aguas subterráneas.

A este respecto cabe recordar la generación de residuos en calderas, trenes de tratamiento de aguas, compresores y turbocompresores, subestaciones eléctricas, bancos de capacitores, etc.

3.1.1 Generación de residuos en las operaciones de la industria petroquímica.

Debido a la complejidad intrínseca en las actividades desarrolladas en las plantas de proceso petroquímico y aún a la extensa variedad de procesos en sí, no puede pretenderse proporcionar un planteamiento específico y detallado de cada caso particular. En cambio, a continuación se proporcionan operaciones que representan la mayor parte de las aplicadas en las instalaciones petroquímicas, como una forma de ejemplificar los casos típicos con los que puede encontrarse un grupo auditor en cualquier instalación. Estos ejemplos representativos han sido tomados de documentos generados por las autoridades ambientales a través del INE y la PROFEPA^[30].

- **Absorción.**

Es una operación unitaria ampliamente utilizada en la industria petroquímica para la purificación de corrientes gaseosas, como se muestra en la figura siguiente. En esta operación, uno o varios de los gases presentes en una corriente gaseosa se disuelven en un líquido llamado absorbente. En la operación inversa, un gas disuelto en un líquido se remueve en éste poniendo la corriente en contacto con un gas inerte. En esta operación se llama desorción^[30].

Este proceso puede ser llevado a cabo en torres de relleno (o empacadas) y en torres de etapas. Las torres de relleno son generalmente columnas cilíndricas verticales que tienen en su interior pequeñas piezas llamadas empaque, por medio de las cuales se aumenta el área de contacto entre la fase gaseosa y la líquida. Las torres de etapas son columnas cilíndricas que contienen en su interior una serie de platos perforados o con campanas de burbujeo que permiten el contacto íntimo de las fases líquida y gaseosa. Los residuos generados en esta operación son, principalmente, lodos que se sedimentan en el fondo de las torres al paso del tiempo, al igual que líquidos con componentes absorbidos.

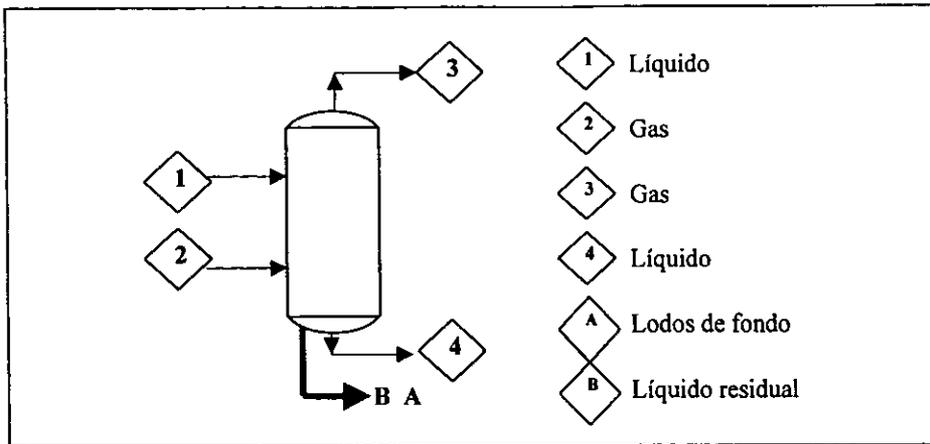


Figura 17 OPERACIÓN DE ABSORCIÓN

• Adsorción.

Comprende el contacto de líquidos o gases con sólido donde hay una separación de componentes de una mezcla líquida o gaseosa por adherencia a la superficie del sólido. Es decir, se explota la capacidad especial de ciertos sólidos para hacer que sustancias específicas de una solución se concentren en su superficie. A continuación se representa esta operación.

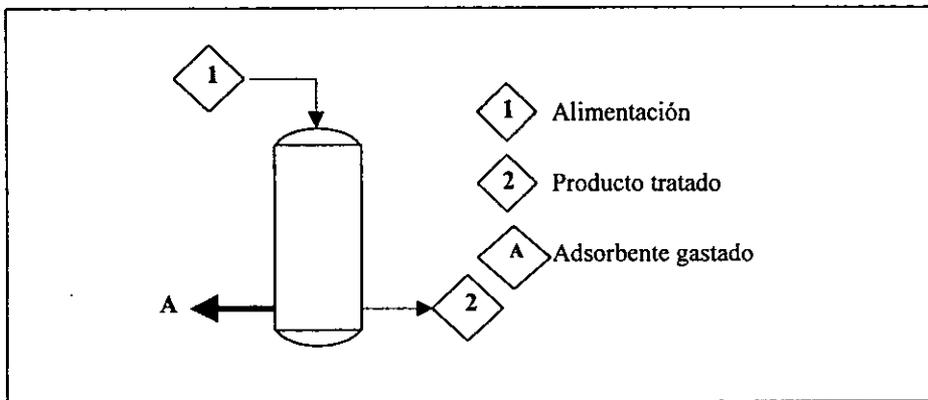


Figura 18. OPERACIÓN DE ADSORCIÓN

Para la operación se utilizan torres empacadas o con lecho fijo, en donde ocurre el contacto de la mezcla de líquidos con el adsorbente en el lecho, a través de mallas que impiden el paso de partículas del sólido adsorbente.

Los residuos en esta operación se encuentran generalmente en el fondo de los tanques como lodos de adsorbente gastado y contaminado.

Ejemplos de la aplicación de estas operaciones pueden encontrarse en procesos como el de obtención de óxido de etileno a partir de etileno, en las fases de purificación de producto y remoción de dióxido de carbono, o en procesos como el de obtención de cloruro de alilo, donde se adsorbe ácido clorhídrico diluido con agua.

- Centrifugación.

La centrifugación es la operación por la cual se utiliza la fuerza centrífuga para separar los líquidos de los sólidos. Esencialmente se trata de una filtración por gravedad en donde la fuerza que actúa sobre el líquido se incrementa enormemente utilizando la fuerza centrífuga. También puede aplicarse para efectuar la separación de líquidos inmiscibles.

Una de las aplicaciones de esta operación se encuentra en el proceso de obtención de polietileno a presión media. La operación se realiza en equipos llamados centrifugas y en ella se generan residuos que pueden ser sólidos o líquidos residuales, como se muestra a continuación.

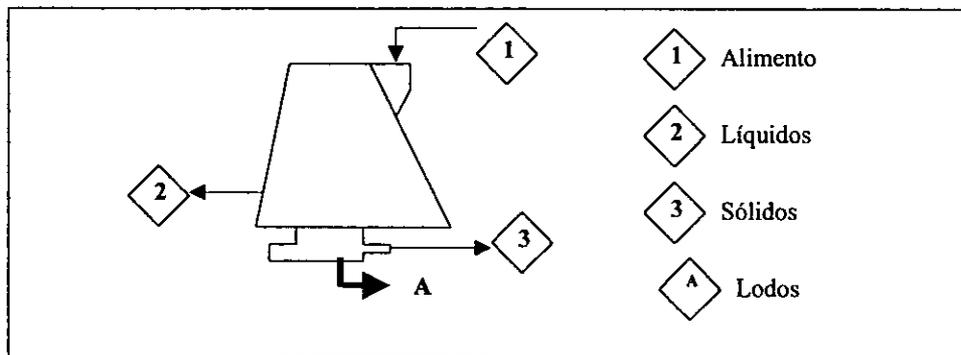


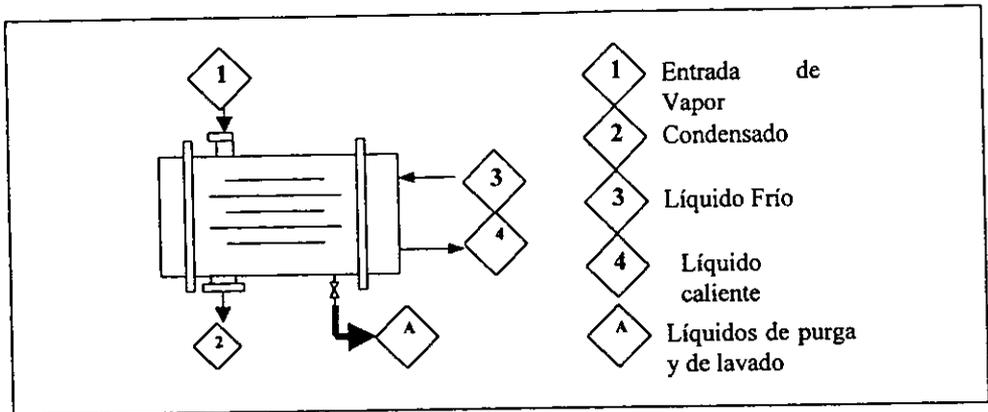
Figura 19. OPERACIÓN DE CENTRIFUGACIÓN

- Condensación.

La condensación es la operación por la cual se hace pasar una sustancia en forma de vapor, al estado líquido por medio de la transferencia de calor. La operación se realiza en equipos de forma cilíndrica o cónica, llamados condensadores, que son simples cambiadores de calor, por los cuales fluyen otras sustancias con menor temperatura que absorberán energía del fluido caliente.

Esta operación es empleada en procesos como el de obtención de butadieno. Los residuos se pueden generar de las purgas de los cambiadores de calor y de la limpieza de éstos, dando como resultado líquidos residuales, como puede apreciarse enseguida.

Figura 20. OPERACIÓN DE CONDENSACIÓN



- Destilación.

La destilación es un proceso de separación que consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla volátil por medio de la transferencia simultánea de calor y masa. Para llevar a cabo la operación se aprovecha la diferencia de volatilidad de los constituyentes de la mezcla, separando o fraccionando éstos en función de su temperatura de ebullición. Comúnmente, se aplican cuatro tipos de destilación: destilación por arrastre de vapor, destilación diferencial, destilación instantánea o flash y destilación fraccionada. En la destilación por arrastre de vapor se emplea vapor vivo para provocar el arrastre de la sustancia volátil que se desea concentrar, esta sustancia debe ser insoluble en el agua. Por este medio se abate la temperatura de ebullición y así, aquellos compuestos que pudieran descomponerse si se les llevara a su temperatura de ebullición, se logran separar con éxito.

En la destilación diferencial la mezcla se hace hervir y el vapor generado se separa del líquido, condensándolo tan rápidamente como se genera. Los aparatos usados para este fin reciben el nombre de alambiques.

La destilación instantánea o flash, implica la evaporación de una fracción del líquido, generalmente por calentamiento a alta presión, manteniendo al vapor y al líquido el tiempo necesario para que el vapor alcance el equilibrio con el líquido, separando ambos finalmente.

La destilación fraccionada es el método más empleado en las instalaciones petroquímicas. Incluye el retorno de una parte del vapor condensado al equipo, de tal manera que el líquido que se regresa entra en contacto íntimo a contracorriente con los vapores que se dirigen al condensador. También es conocida como rectificación. La operación es continua y permite manipular grandes cantidades de materiales y el reflujo hace posible alcanzar purezas elevadas en los productos destilados. Los equipos empleados son torres o cilindros metálicos por los que pasan los vapores y los líquidos generados. Dentro de estas columnas se encuentran platos con perforaciones o empaques de cerámica para un mayor contacto líquido-vapor.

Los residuos en esta operación se localizan como sedimentos o lodos y en algunos casos breas en el fondo de las torres o tanques de destilación, como cabezas líquidas o gaseosas en lo alto de las torres y como colas líquidas en la parte baja de ésta. A continuación se representa el proceso de destilación.

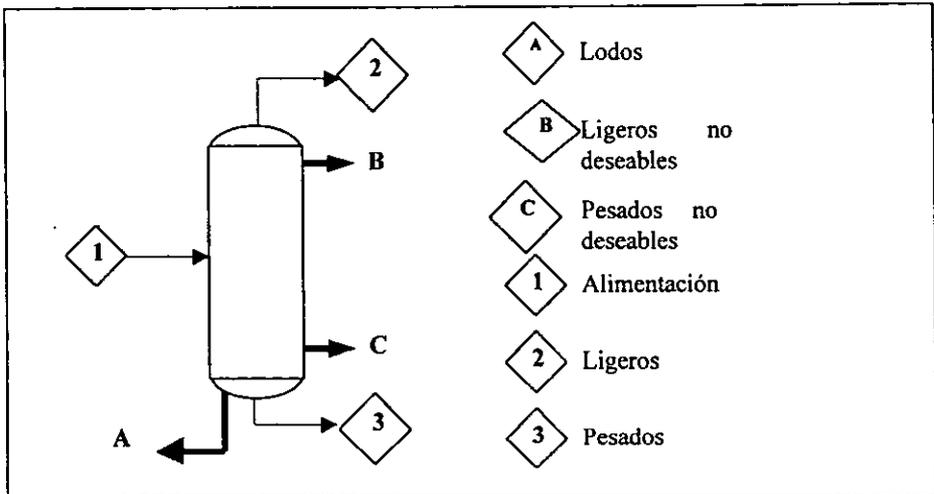


Figura 21. OPERACIÓN DE DESTILACIÓN

- Evaporación.

En esta operación se suministra calor a la disolución para hacerla ebullicir y se proporciona el calor suficiente hasta su evaporación. Como medio de calentamiento se puede utilizar el vapor de agua, aunque también pueden utilizarse gases de combustión. En la evaporación, la disolución concentrada es el producto final deseado. En la mayor parte de los evaporadores, el vapor pasa por el interior de tubos metálicos, mientras que la disolución pasa por el lado de coraza sin que se mezclen las dos corrientes.

Esta operación se emplea, por ejemplo, en la obtención de glicoles de etileno. Los posibles residuos generados en esta operación unitaria, están localizados en las purgas de limpieza y en líquidos residuales al momento de limpiarlos. A continuación se representa el proceso descrito.

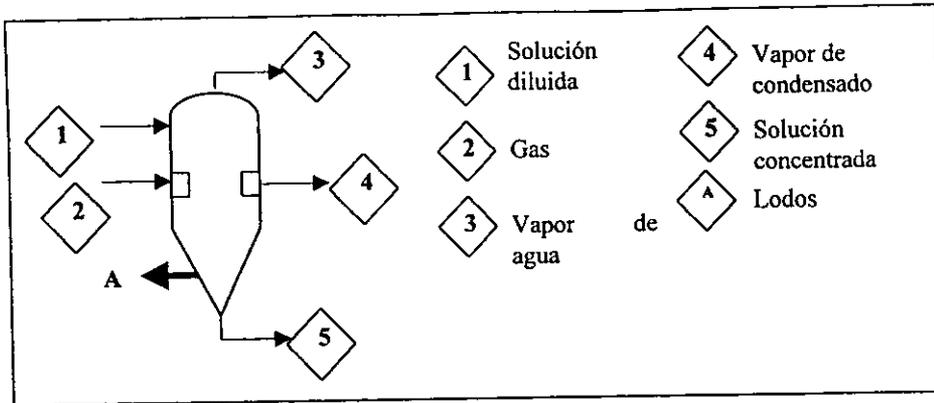


Figura 22. OPERACIÓN DE EVAPORACIÓN

- Extracción.

Hay dos tipos de extracción: la extracción líquido - sólido y la extracción líquido - líquido.

La extracción líquido - sólido consiste en tratar un sólido que está formado por dos o más sustancias con disolvente que disuelve preferentemente uno de los dos sólidos, que recibe el nombre de soluto. La operación puede realizarse a régimen permanente o intermitente.

Los residuos en esta operación son los lodos acumulados en el fondo del extractor que contienen líquidos y disolventes.

En la extracción líquido - líquido se pone en contacto una mezcla líquida con un segundo líquido miscible, que selectivamente extrae uno o más de los componentes de la mezcla. El líquido empleado para extraer parte de la mezcla debe ser insoluble para los componentes primordiales. Después de poner en contacto el disolvente y la mezcla se obtienen dos fases líquidas.

Ejemplos de la aplicación de esta operación se encuentran por ejemplo en la obtención de butadieno en el sistema de extracción de furfural o en los contactores de obtención de polibutenos.

Los residuos generados son los lodos y líquidos residuales acumulados en el fondo del decantador o de la torre. Una representación general de la operación de extracción se presenta a continuación.

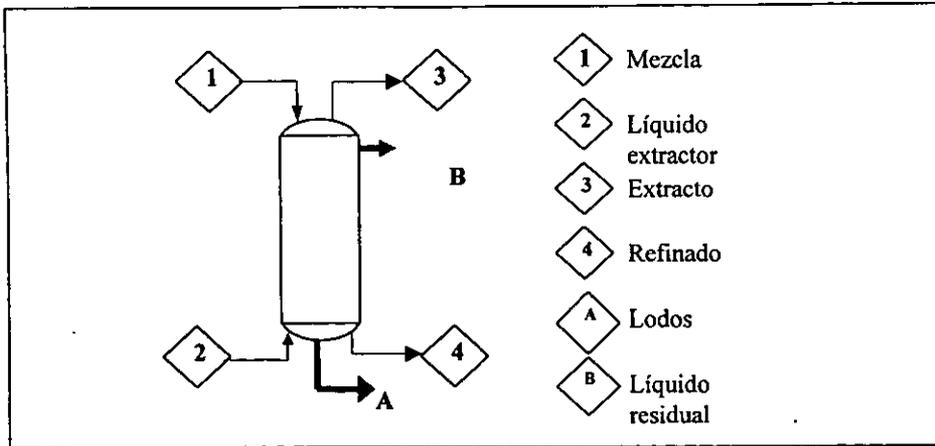


Figura 23. OPERACIÓN DE EXTRACCIÓN

• Filtración.

Consiste en la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio poroso. Los sólidos quedan detenidos en la superficie del medio filtrante en forma de torta. El medio filtrante deberá seleccionarse en primer término por su capacidad para retener los sólidos sin obstrucción y sin derrame de partículas al iniciar la filtración. Enseguida se presenta un esquema de esta operación.

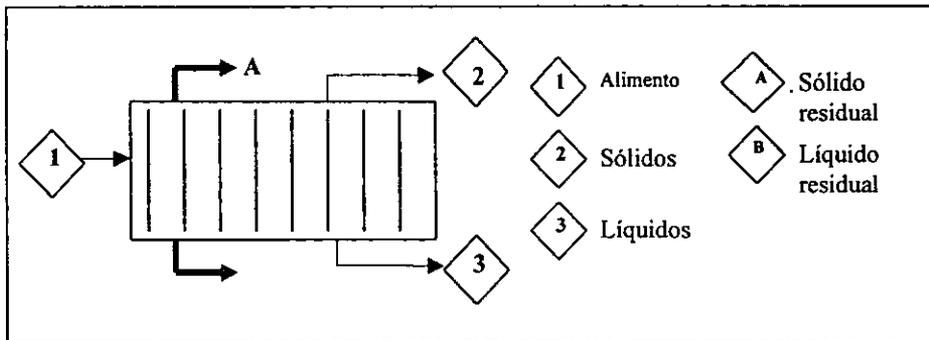


Figura 24. OPERACIÓN DE FILTRACIÓN

Los residuos generados dependen del producto deseado, por lo que pueden generarse sólidos o líquidos residuales.

• Reacción.

La reacción química es una operación que interviene en casi todos los procesos químicos. Los equipos empleados en esta operación son los llamados reactores, que son recipientes de metal donde se mezclan los reactivos para que reaccionen químicamente y se obtenga el producto deseado diferente químicamente a los componentes alimentados. Los reactores pueden contener en su interior otras materias químicas llamadas catalizadores para acelerar o retardar las reacciones que se efectúen, dependiendo del proceso que se esté llevando a cabo, en este caso los equipos se llaman reactores catalíticos, los catalizadores no intervienen químicamente en la reacción. A continuación se representan dos tipos de reactores.

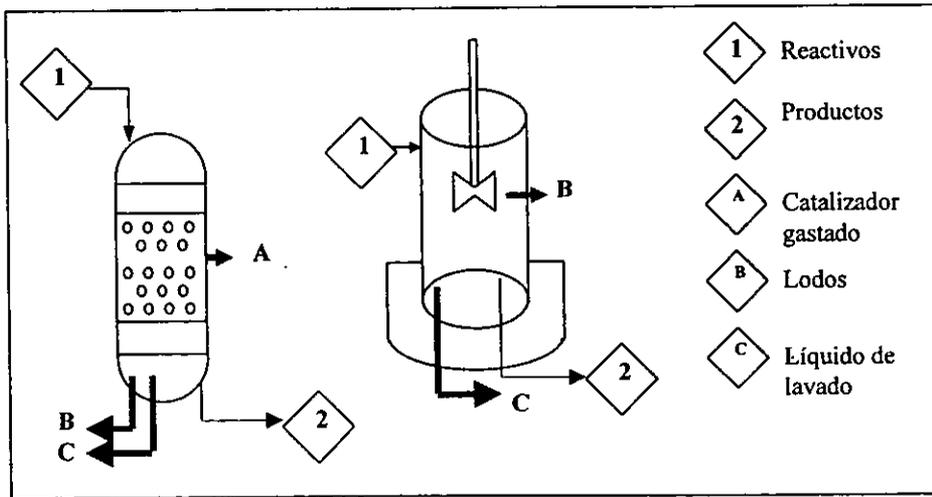


Figura 25. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE REACTORES

Las reacciones químicas, dependiendo de la alimentación y en dado caso del catalizador, se efectúan en reactores homogéneos y heterogéneos, y estos pueden estar agitados o encaquetados para controlar la temperatura de reacción. Así, las materias primas que son alimentadas pueden estar en fase gaseosa o líquida. Esta operación genera grandes cantidades de desechos o residuos; en el caso de los reactores catalíticos, un desecho es el catalizador gastado, y así también sedimentos y lodos dentro de los reactores que se purgan; cuando el equipo entra a mantenimiento y limpieza se generan líquidos residuales con alto contenido de sustancias no deseadas.

Pueden encontrarse ejemplos de procesos en los que intervienen reactores en la obtención de polibutenos, en la obtención de detergentes alquilados, en la obtención de butadieno y en una gran cantidad de procesos análogos.

- Intercambio Iónico.

Las operaciones de intercambio iónico son básicamente reacciones químicas de sustitución entre un electrolito en solución y un electrolito insoluble con el cual se pone en contacto la solución. Una de las principales aplicaciones de esta operación consiste en el tratamiento de aguas. El residuo principal son las soluciones agotadas y lodos que se sedimentan, como puede verse a continuación.

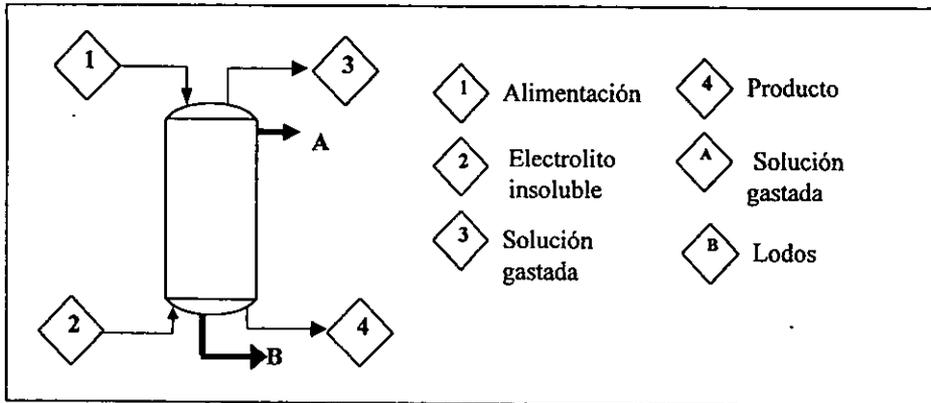


Figura 26. OPERACIÓN DE INTERCAMBIO IÓNICO

- Tratamiento de aguas.

El tratamiento primario consiste en hacer pasar las aguas por una pantalla que filtra los sólidos y desperdicios de gran tamaño. Después pasan a tanques de sedimentación en donde los sólidos que se encuentran en suspensión son eliminados. Si el agua no recibe tratamiento secundario pasa a un tratamiento a base de cloro antes de ser reintegrada en el sistema de aguas naturales. El tratamiento primario separa aproximadamente un 60 % de los sólidos suspendidos y un 35 de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

El tratamiento secundario se basa en la descomposición aeróbica de los materiales orgánicos. El tipo más común de tratamiento secundario se conoce como método de lodos activados. En este método los desperdicios que se obtienen del tratamiento primario pasan a través de un tanque de aireación en donde el aire sopla a través de estos materiales; esta aireación provoca un crecimiento rápido de bacterias aeróbicas que se alimentan de desperdicios orgánicos en el agua. Las bacterias forman una masa que es el lodo activado, el líquido se descarga después de haber sido clorinado y los lodos retenidos y regresados al tanque de aireación. Después del tratamiento secundario, se han eliminado 90 % de los sólidos suspendidos y un 90 % de DBO.

Cuando se termina el tratamiento secundario, el agua puede llevar sustancias como sales de fósforo y nitrógeno que promueven el crecimiento de algas, además puede haber sustancias que no se pueden expulsar por el tratamiento secundario como metales pesados y otros productos químicos, los cuales son eliminados mediante tratamiento terciario. Los residuos correspondientes son los lodos en las diferentes etapas del tratamiento de agua, que a continuación se presentan.

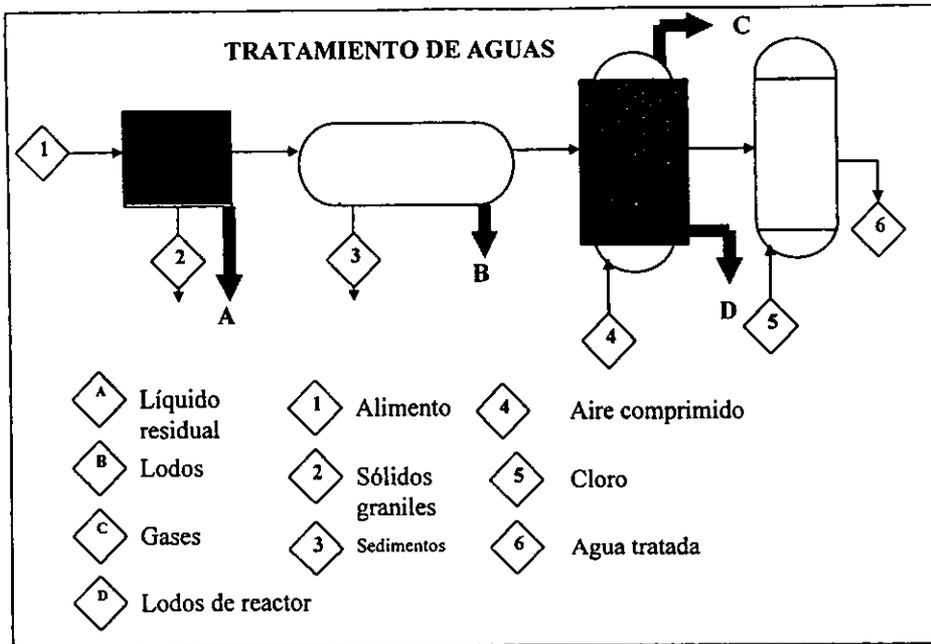


Figura 27. REPRESENTACIÓN DE UN TREN DE TRATAMIENTO DE AGUAS

- Sedimentación.

A continuación se presenta un diagrama de esta operación.

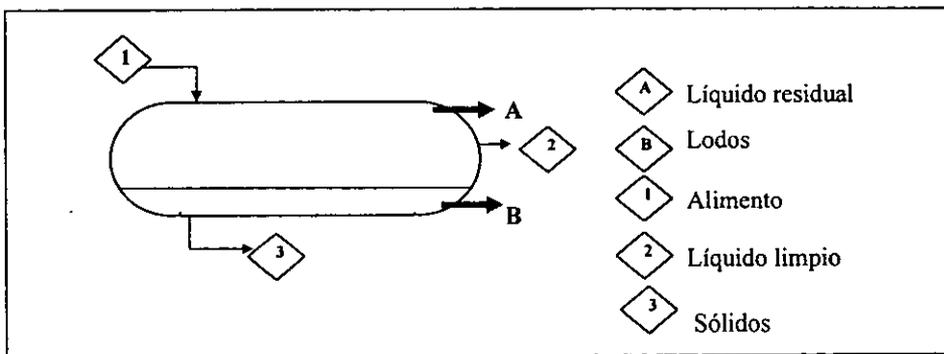


Figura 28. OPERACIÓN DE SEDIMENTACIÓN

La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un líquido. Puede dividirse en dos clases: sedimentación de materiales arenosos y sedimentación de limos. Por lo general, la sedimentación supone la eliminación de la mayor parte del líquido. Así mismo,

dependiendo del proceso que se esté llevando a cabo y del producto deseado se generarán sólidos residuales como son los sedimentos o líquidos residuales en el caso de que el sedimento sea primordial en el proceso.

3.2 Residuos industriales generados en la industria petroquímica.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, pueden mencionarse los siguientes residuos entre los más frecuentemente encontrados^{[30],[29]}.

⇒ Arenas, tierras y polvos.

Los sólidos que integran esta clasificación se diferencian principalmente por el tamaño de las partículas que los constituyen. Las arenas tienen un tamaño de partícula mayor que las tierras, y éstas a su vez tienen tamaño de partícula mayor que los polvos.

En las industrias petroquímicas se generan estos residuos principalmente cuando se utilizan materiales como medio filtrante. En el proceso quedan impregnadas tanto del líquido que se desea separar como de las sustancias que se están eliminando. También pueden generarse durante el preparado de materiales, en los casos en que se requiere reducir el tamaño de partícula.

⇒ Breas.

Son las sustancias que quedan como residuo en destilaciones, reacciones catalíticas y otros procesos que implican la separación de compuestos orgánicos ligeros, y cuyo contenido de carbón es muy alto.

⇒ Cabezas.

Es el primer producto que se obtiene en una destilación y que no cumple con las especificaciones deseadas. Obviamente, puede tratarse de gases o líquidos. En general, es factible reincorporar estos materiales al proceso de destilación, o enviarlos a un proceso diferente en el cual pueden ser utilizados, por lo que siempre deberá preferirse esta opción a la de manejarlos como residuos.

⇒ Colas.

Al igual que las cabezas son un producto de la destilación fuera de especificación, en este caso, el último o más pesado. Pueden ser sólidos, o líquidos. Al igual que en el caso anterior, en muchas ocasiones es posible incorporar estos materiales a otros procesos o al mismo que los generó, por lo que debe preferirse esta opción para su manejo.

⇒ Catalizadores.

Son sustancias que tienen la propiedad de afectar la velocidad (generalmente aumentándola) con la que se efectúa una reacción química, sin afectar la formación de productos de otra manera. Al paso del tiempo, pierden su capacidad de afectar la velocidad de la reacción química, debido al ensuciamiento, pérdida de consistencia y propiedades mecánicas o envenenamiento, principalmente con metales.

⇒ Disolventes.

Son los compuestos orgánicos que facilitan la disolución de otras sustancias para diferentes fines como son procesos de purificación y disolución de grasas. Al ser desechado el disolvente se encuentra contaminado con las sustancias disueltas en él. Un caso particular en la generación de disolventes como residuos es el uso de los mismos como auxiliares en la limpieza de partes mecánicas. Se generan cantidades considerables de disolventes gastados de esta forma. En este grupo se incluyen hidrocarburos alifáticos y aromáticos, sus derivados halogenados, cetonas, aldehídos, ésteres, éteres y otras sustancias.

⇒ Envases y Empaques.

En este rubro se agrupan todos los materiales utilizados como contenedores tanto de materias primas como de productos, subproductos y residuos. Pueden ser sacos, bolsas, cajas, tambores, cuñetes, etc. Debe recordarse que de acuerdo con la legislación vigente, todos los envases vacíos que hallan contenido materiales o residuos peligrosos, deben ser considerados residuos peligrosos. La cantidad de residuos generados por esta fuente, es también muy importante.

⇒ Líquidos residuales de procesos.

Son soluciones que se generan durante el proceso de fabricación de cualquier clase de producto y que son desechadas a través del proceso de separación del producto (filtración, decantación, etc.) Asimismo, pueden incluirse las purgas de los equipos que tienen procesos cíclicos, fondos de reactores, fondos de pailas de mezclado, etc.

⇒ Lodos.

En este caso se agrupan lodos generados en diferentes procesos, y que se componen de materia particulada arrastrada por el líquido utilizado para el lavado que se sedimenta en el fondo de recipientes y equipos. Una fuente de generación muy importante de este tipo de residuos es el tratamiento de aguas influentes y efluentes y los sedimentos de fosas de neutralización.

⇒ Material de empaque y relleno usado.

Son sólidos utilizados en el interior de algunos equipos de proceso para aumentar la superficie de contacto. Debido al uso y a través del tiempo, estos materiales pierden sus propiedades, entre otras causas por contaminación o por cambio de su área superficial.

⇒ Lubricantes gastados.

Es la denominación genérica que reciben un gran número de sustancias que son empleadas debido a ser insolubles en agua y tener una consistencia y viscosidad muy altas. Este tipo de residuos merecen una mención especial, debido a que se genera una gran cantidad de ellos, al ser utilizados en una variedad muy extensa de equipos y piezas mecánicas. A través de diversos análisis, se ha comprobado que en muchos casos los lubricantes gastados no tienen características CRETIB, no obstante, debido a que se

encuentran listados específicamente en la Norma NOM-052-ECOL/93, son considerados legalmente como residuos peligrosos. Es factible reciclar casi siempre estas sustancias como combustibles alternos en cementeras u hornos de diversos procesos, pero debido a las restricciones legales, se requiere de permiso de la autoridad para realizar esta operación. Lo anterior ha provocado trabas e inconvenientes de varios tipos para los generadores que pretenden enviar a reciclaje sus aceites gastados. En la actualidad existen propuestas por parte de PEMEX y CFE y algunas empresas de la iniciativa privada para que estos materiales sean sacados del listado de residuos peligrosos o se establezcan mayores facilidades para su reciclo. Es importante impulsar esta propuesta para evitar que estos residuos sean enviados a confinamientos controlados como opción de disposición final.

⇒ Ácidos y Alcalis.

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

⇒ Cianuros.

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

⇒ Fenoles.

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

⇒ Asbestos.

Bajo esta denominación se incluye un grupo de fibras minerales naturales empleadas en la generación de gran cantidad de productos, prácticamente indestructibles y no flamables; sin embargo, los asbestos ocasionan problemas respiratorios en los trabajadores expuestos a ellos en el ambiente laboral. Se considera a la crocidolita, un tipo especial de asbesto, la principal forma de asbesto involucrada en el desarrollo del cáncer del pulmón y de la pleura.

⇒ Bifenilos policlorados (BPC's).

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

⇒ Residuos de petróleo.

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

3.3 Actividades de preauditoría.

Para la realización de los trabajos, es fundamental también el análisis de los alcances considerados en el contrato de auditoría. Estos alcances serán como mínimo los considerados en los Términos de Referencia de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente para la Realización de Auditorías Ambientales^[11]. No obstante, dependiendo de las especificaciones particulares solicitadas por parte de la empresa auditada o por su corporativo durante su convocatoria para la realización de los trabajos, estos alcances pueden ser más detallados en determinadas áreas.

Con base en la investigación realizada y el análisis de los alcances debe plantearse el plan de auditoría. El plan de auditoría se integra con los procedimientos a aplicarse durante los trabajos, junto con el cronograma de realización de actividades y la descripción técnica general. Con referencia al cronograma, se construye con un diagrama de barras en el cual se muestran las actividades, los procedimientos a aplicarse en cada actividad y los responsables de su realización. La descripción general de los trabajos por lo general se basa en los alcances solicitados para la realización de la auditoría por la entidad convocante.

El plan de auditoría debe presentar también la organización propuesta para realizar los trabajos, incluyendo la currícula del personal participante.

Dicho plan es revisado por la empresa supervisora designada, para verificar su congruencia con los alcances solicitados y con lo establecido por los términos de referencia de la PROFEPA. Los ajustes requeridos por la supervisión son realizados, hasta alcanzar la liberación del plan de auditoría, con lo cual se pueden iniciar los trabajos.

3.3.1 Procedimientos de auditoría.

Los siguientes procedimientos presentan un enfoque general de la realización de las actividades contempladas dentro de los segmentos de las auditorías en materia de residuos sólidos, residuos peligrosos y suelo en forma simultánea. De esta forma es como se realiza en la mayoría de las auditorías, dado que por lo general el mismo cuerpo de especialistas se encarga de estas tres áreas.

De antemano se reconoce que la presente no es más que una forma de enfocar el procedimiento de auditoría y que pueden existir otras muy diversas formas de realizar las actividades de estas disciplinas. Lo más que puede decirse en favor de los procedimientos presentados es que han sido aplicados en campo, con resultados aceptables.

Por supuesto, las condiciones particulares de cada instalación provocarán que durante la realización de todo trabajo de auditoría en la realidad, los procedimientos previamente diseñados tengan que ser adaptados para satisfacer las demandas que ocasionen los aspectos que no pudieron ser previstos por el auditor.

Los procedimientos cuentan con la estructura general siguiente:

- ↪ Título.
- ↪ Objetivos.
- ↪ Fundamento.
- ↪ Alcances.
- ↪ Actividades.
- ↪ Anexos del procedimiento.

El título permite identificar al procedimiento y expresa la intención general del mismo.

En los objetivos se plantean las intenciones generales bajo las cuales se ha elaborado cada procedimiento. Estos objetivos pueden variar dependiendo de las condiciones específicas de cada auditoría, por lo que deben ser revisados, con la finalidad de verificar su congruencia en cada caso, recordando que las actividades serán realizadas con la intención de darles cumplimiento.

El fundamento constituye el criterio de comparación contra el cual se evaluarán las condiciones encontradas en la instalación y está conformado por la legislación, normas, códigos y criterios nacionales e internacionales aplicables en cada caso.

Los alcances del procedimiento tienen como función delimitar el grado de detalle con el cual se llevarán a cabo las actividades y hasta dónde se pretende llevar la labor de investigación en las áreas, departamentos y documentos del centro de trabajo, y por medio de esto, alcanzar los objetivos previamente planteados.

Las actividades plantean los diferentes trabajos a realizar para alcanzar los objetivos, dentro de los alcances especificados y con base en la comparación de lo encontrado con el fundamento aplicable. Las actividades presentadas están elaboradas en forma general y pueden variar en forma significativa cuando se aplican a una u otra instalación específica. No obstante, pueden ser fácilmente adaptados para ser aplicados en cualquier instalación.

Los anexos del procedimiento constituyen herramientas de apoyo que utilizará el auditor para complementar la información que busca durante el desarrollo de la auditoría en campo. Están constituidos por listados de información requerida, cuestionarios y listas de chequeo que son referidos en el cuerpo de las actividades.

Los procedimientos presentados a continuación constituyen la parte medular dentro del plan de auditoría y de la fase de preparación de la misma. La calidad en la preparación de los procedimientos permite optimizar la realización de los trabajos en campo y de esta manera facilita la fase de trabajos en gabinete.

Una vez más se reitera que los procedimientos presentados constituyen un enfoque particular bajo el cual puede realizarse la auditoría, y requieren ser adaptados dependiendo de las condiciones particulares de cada centro de trabajo. Sin embargo pueden ser utilizados como una base confiable que puede ser adaptada dependiendo de las necesidades.

PROCEDIMIENTO 01

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA EVALUACION Y VERIFICACION DE LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LA EMPRESA EN MATERIA DE SUELO Y RESIDUOS

OBJETIVOS.

- ✓ Realizar la revisión y verificación de la documentación e información del centro de trabajo en materia de suelo, residuos industriales, residuos peligrosos y reclamaciones por afectación al medio ambiente.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente^[27].
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos^[28].
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaría Comunicaciones y Transportes.
- NOM-052-ECOL/93 Establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos^[18].
- NOM-053-ECOL/93 Procedimiento para prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente^[19].
- NOM-054-ECOL/93 Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos^[20].
- NOM-002-SCT2/1994 Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados^[11].
- NOM-003-SCT2/1994 Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos^[12].
- NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de las unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos^[13].
- NOM-010-SCT2/1994 Disposiciones de compatibilidad y segregación para almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos^[15].
- NOM-043-SCT2/1994 Documento para transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos^[17].

ALCANCES.

- ✓ Se solicitarán al centro de trabajo documentos legales y estadísticas para su revisión y análisis.
- ✓ Se verificará el cumplimiento de lo estipulado en la licencia de uso de suelo y en el manifiesto de impacto ambiental de la instalación, así como en el análisis de riesgo, en lo concerniente a manejo de residuos sólidos, peligrosos y suelo.
- ✓ Se verificará y complementará el inventario de residuos industriales generados en la instalación.

- ✓ De acuerdo con la información proporcionada y la evidencia encontrada en la empresa se determinará el grado de cumplimiento de las obligaciones legales de la instalación.

ACTIVIDADES.

1. Solicitar el listado de información requerida 01
2. Verificar la documentación recibida contra el listado 01.
3. Verificar la autenticidad y la vigencia de los documentos recibidos revisando el sello de la autoridad competente y/o el acuse de recibo y las fechas de expedición y vencimiento.
4. Realizar recorridos de inspección en campo en las distintas áreas, plantas y sectores de la instalación. En estos recorridos se constatarán los datos, especificaciones, condicionantes y toda la información contenida en los documentos recibidos. Asimismo se recopilarán datos y se realizarán inspecciones para obtener información sobre las condiciones de operación y manejo de residuos directamente en campo.
5. Aplicar los cuestionarios 01a, 01b y el listado de información 01a.
6. Elaborar el inventario de residuos industriales con datos estimados y cantidades indirectas calculadas con base en los volúmenes de materias primas, productos y subproductos manejados en la instalación. Utilizar cualquier información útil que pueda proporcionar el centro de trabajo.
7. Si el centro de trabajo emplea los servicios de compañías especializadas para el transporte, reciclo, tratamiento, incineración o confinamiento de residuos industriales, Establecer si las empresas contratistas cumplen con los requisitos legales, si existe el contrato respectivo y si dicho contrato satisface la normatividad en la materia. Analizar la información proporcionada por el centro de trabajo.
8. Realizar la revisión y análisis de la estadística de generación y clasificación de los residuos peligrosos. Utilizar la información proporcionada por el centro de trabajo, analizar los distintos residuos presentes en dicha estadística y confrontar esta información con los datos obtenidos en campo y complementar en caso de ser necesario con información de la bibliografía.
9. Contrastar la información proporcionada por el centro de trabajo en los documentos solicitados contra los datos obtenidos en campo y se analizar conjuntamente para establecer el grado de cumplimiento de obligaciones legales del centro de trabajo. Evaluar la información y sancionar contra lo establecido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, así como por el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental y con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos y demás normatividad aplicable.

LISTA DE INFORMACION 01

PLANTA: _____

PROPORCIONO: _____

CARGO: _____

RECIBIO: _____

FECHA: _____

1. Permiso de Uso de Suelo.
2. Manifiesto de Impacto Ambiental de la instalación.
3. Análisis de Riesgo y calendarización de acciones correctivas.
4. Inventario de Residuos Industriales.
5. Manifiesto y Registro como Empresa Generadora de Residuos Peligrosos.
6. Bitácora de Generación y Manejo de Residuos Peligrosos.
7. Reporte Semestral de Residuos Peligrosos enviados para su reciclo, tratamiento, incineración o confinamiento.
8. Manifiesto de Entrega-Transporte-Recepción de los Residuos Peligrosos.
9. Programa de atención a contingencias y de capacitación al personal encargado del manejo de residuos peligrosos.
10. Manifiesto para casos de derrames de Residuos Peligrosos por accidente.
11. Registro, datos generales y contrato con la compañía que trata los residuos.
12. Características físicas, químicas y análisis CRETIB de los residuos industriales generados en la empresa.
13. Estadística de los resultados de los análisis CRETIB efectuados a los residuos del centro de trabajo, mostrando fecha de realización del análisis, residuo analizado, tipo y sitio de muestreo, características CRETIB detectadas en el residuo, laboratorio responsable de las determinaciones.
14. Estadística de reclamaciones por afectación al medio ambiente presentadas a la instalación.
15. Registro de las Secretarías de Comunicaciones y Transportes y Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca para vehículos destinados al transporte de Residuos Peligrosos.

LISTA DE INFORMACIÓN 01a

PLANTA: _____
ENTREVISTADO: _____
CARGO: _____
ENTREVISTADOR: _____
FECHA: _____

1. Proporcionar reporte de estudios y/o bibliografía referente a las características del manto freático, profundidad del manto y dirección predominante del flujo de aguas subterráneas en el área de la instalación.
2. Proporcionar reporte de estudios sobre contaminación del suelo (estudios y/o análisis cualitativos y/o cuantitativos) en la instalación.
3. Proporcionar reporte de estudios topográficos, geológicos y/o geohidrológicos de la zona.
4. Proporcionar reporte de estudios de contaminación del manto freático (monitoreo de aguas subterráneas).

CUESTIONARIO 01a

PLANTA: _____

ENTREVISTADO: _____

CARGO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FECHA: _____

1. ¿Cuales han sido las modificaciones realizadas en las instalaciones en fecha posterior a la presentación del Manifiesto de Impacto Ambiental, cuándo se realizaron y en qué áreas?
2. Describir detalladamente el tipo y características de las modificaciones realizadas, especificando si para realizar dichas modificaciones se presentó el manifiesto de impacto correspondiente y/o se obtuvo la autorización por parte de la autoridad.
3. ¿La instalación cumple con las condicionantes asignadas en el dictamen del Manifiesto de Impacto Ambiental?
4. ¿Se han cumplido las acciones correctivas recomendadas por el análisis de riesgo?
5. ¿Las acciones correctivas se implementaron de acuerdo con la calendarización establecida?
6. Proporcionar copia de la documentación que avale el cumplimiento y fecha de ejecución de las actividades, especificando grado de avance.
7. ¿Se han concluido todas las acciones recomendadas?
8. ¿La implementación de las acciones correctivas recomendadas ha demostrado su utilidad en alguna situación desde su aplicación?
9. ¿Se ha presentado alguna situación en la cual por la falta de cumplimiento de las acciones correctivas se hayan presentado consecuencias negativas al medio, al personal y/o a la instalación?

CUESTIONARIO 01b

PLANTA: _____

ENTREVISTADO: _____

CARGO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FECHA: _____

1. ¿Se han presentado reclamaciones por afectación al medio ambiente a la instalación? Proporcionar copia de los documentos.
2. ¿Qué tipo de afectaciones al aire, agua y/o suelo son las involucradas en las reclamaciones y qué eventos las han originado?
 - Disposición clandestina de residuos.
 - Vertido de residuos a cuerpos de agua.
 - Abandono de residuos provenientes de la instalación.
 - Afectación a propiedad pública o privada ocasionada por materiales de desecho provenientes de la instalación.
1. ¿Existe alguna zona o grupo de actividades en la planta que estén particularmente relacionadas con reclamaciones por afectación al suelo?
2. ¿Qué se ha hecho para solucionar la situación en dicha zona?
3. ¿Se ha dado solución a todas las reclamaciones procedentes?
4. Proporcionar la estadística del seguimiento de las reclamaciones presentadas a la instalación.

PROCEDIMIENTO 02**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA EVALUACION DE LAS AREAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES****OBJETIVOS.**

- ✓ Identificar las áreas empleadas para el almacenamiento temporal de residuos en la instalación.
- ✓ Evaluar el estado de las áreas de almacenamiento temporal de residuos industriales en la instalación.
- ✓ Determinar la presencia de contaminantes en el suelo de las áreas de almacenamiento temporal de residuos.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico, artículos 134, 136, 139, 140.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, artículos 14 al 19.

ALCANCES.

- ✓ Se solicitará la información relativa al almacenamiento de residuos en la empresa.
- ✓ Se verificarán las condiciones prevalecientes en las áreas de almacenamiento de residuos en la empresa por medio de visitas de inspección.
- ✓ Se seleccionarán sitios para toma de muestras de suelo en las áreas de almacenamiento de residuos y se realizarán análisis químicos para determinar el grado de contaminación en el suelo en las áreas de almacenamiento.
- ✓ Con base en la información recopilada, los datos encontrados en el sitio y los resultados de los análisis se evaluarán las condiciones de almacenamiento de residuos en la empresa, así como la posible presencia de contaminantes.

ACTIVIDADES.

1. Aplicar el cuestionario 02 para recopilar información referente al número, localización, capacidad y condiciones de las áreas de almacenamiento temporal en la instalación.
2. Realizar recorridos en la instalación para corroborar y complementar la información obtenida en el cuestionario. Verificar durante estos recorridos las condiciones en las cuales se realiza el almacenamiento con la finalidad de detectar posibles deficiencias o aspectos susceptibles de mejoras. Aplicar la lista de chequeo 02 para registrar las condiciones encontradas en las áreas de almacenamiento. Identificar e inspeccionar las áreas verificando su ubicación, dimensiones y materiales de construcción. Verificar los volúmenes y tipos de residuos almacenados en cada área. Revisar las características de los contenedores, así como su estado general. Por medio del estado de los contenedores, las características de las áreas y el manejo realizado con los residuos, verificar si existen indicios de derrames e infiltraciones de residuos al subsuelo.

- 3.- Con la finalidad de sistematizar su identificación, establecer una nomenclatura abreviada para las áreas de almacenamiento temporal de residuos. Asignar a las áreas identificadas un número consecutivo, precedido de un guión y las letras "AT", de tal modo que la nomenclatura abreviada para las áreas de almacenamiento temporal será AT-1, AT-2, AT-3,...etc.
4. Con base en lo encontrado durante los recorridos y la evaluación de la información proporcionada, seleccionar puntos para efectuar el muestreo y análisis de suelo en áreas de almacenamiento temporal de residuos.
5. Efectuar el muestreo y análisis de suelo. Para la toma de muestras de suelo, se propone la siguiente técnica:

Para realizar muestreos de suelos y efectuar análisis fisicoquímicos se obtendrá una muestra representativa de la profundidad del muestreo, considerando un segmento de 20 cm en sentido vertical y un diámetro de 4" de suelo alterado.

El muestreador consiste de un barreno helicoidal de acero de 4" de diámetro, el cual deberá ser lavado con agua destilada después de cada 20 cm de penetración.

El sentido de rotación de la barrena es a favor de las manecillas del reloj, la muestra será recolectada en un frasco de vidrio y se mantendrá en refrigeración para su preservación, inmediatamente después de ser obtenida, de acuerdo con lo establecido por el manual de muestreo de residuos industriales del laboratorio.

Las muestras obtenidas por este método son completamente representativas para los efectos de la realización de los análisis fisicoquímicos que se efectuarán en el material.

Previa identificación y llenado de cadena de custodia de las muestras obtenidas, se procederá a enviarlas al laboratorio para su análisis.

Los parámetros a considerar en el análisis deberán ser seleccionados de acuerdo con las condiciones encontradas en campo, y de manera muy significativa, con los insumos, productos, subproductos y residuos manejados en la planta. De forma general, pueden sugerirse los siguientes:

- Hidrocarburos totales.
- Compuestos orgánicos volátiles.
- Hidrocarburos aromáticos volátiles.
- Hidrocarburos aromáticos no volátiles.
- Metales pesados.
- Conductividad eléctrica.
- pH.

Los resultados de los análisis ayudarán a cuantificar la posible contaminación del suelo en los sitios seleccionados.

6. Con los datos proporcionados por la empresa, la información obtenida durante los recorridos en campo y los resultados de los análisis de suelo efectuados, realizar la evaluación de las condiciones existentes en los sitios de almacenamiento temporal de residuos, comparando las condiciones prevalecientes en la instalación con lo establecido por la legislación y normatividad aplicables.
7. De acuerdo con los resultados de la evaluación efectuada, proponer las medidas necesarias para la regularización del centro de trabajo con la legislación vigente.

CUESTIONARIO 02

PLANTA: _____
ENTREVISTADO: _____
CARGO: _____
ENTREVISTADOR: _____
FECHA: _____

1. Proporcionar ubicación en croquis de todas las áreas de almacenamiento temporal de residuos industriales existentes en la instalación.
2. ¿Cuáles son los residuos almacenados en cada área de almacenamiento?
3. ¿Cuáles son los volúmenes promedio de almacenamiento en cada área de almacenamiento?
4. Proporcionar programa de recolección de los residuos.
5. Proporcionar bitácora de entradas y salidas de los residuos de las áreas de almacenamiento.
6. Proporcionar planos y especificaciones de diseño, dispositivos, equipo y construcción de las áreas de almacenamiento temporal de residuos.
7. Registros de emergencias (derrame, incendio, accidente personal, etc.) en las áreas de almacenamiento temporal de residuos.

LISTA DE CHEQUEO 02

AREAS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS.

PLANTA: _____

ENTREVISTADO: _____

CARGO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FECHA: _____

CLAVE DE IDENTIFICACION DEL AREA: _____

1. Ubicación:

2. Descripción general del área.

2.1 Es un área delimitada por:

Cerca _____ Barda _____ Otro tipo de límite _____

Sin delimitación _____

2.2 El área se encuentra:

A la intemperie _____ Techada _____

2.3 El piso es de:

Concreto _____ Madera _____ Terracería _____

Adoquín _____ Plástico _____ Otro _____

2.4 Dimensiones de la superficie ocupada: _____ por _____ m

3. Señales de derrames y/o infiltraciones:

Manchas _____

Olores _____

Deterioro de materiales, suelo y/o vegetación _____

Otros indicios _____

4. Descripción de las características y estado general del área.

5. Tipo y cantidad de los residuos almacenados.

<i>Residuo</i>	<i>Estado físico</i>	<i>Tipo de envase</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Estado de los envases</i>	<i>Cantidad almacenada</i>

6. Condiciones de áreas para almacenamiento de residuos peligrosos.

CLAVE DE IDENTIFICACION DEL AREA: _____

REQUERIMIENTOS GENERALES			
REQUERIMIENTO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
Estar separada de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados			
Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones			
Contar con muros de contención, y fosas de retención para la captación de los residuos o de los lixiviados			
Trincheras o canaletas en los pisos para conducir los derrames a fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado			
Contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicos, electrónicos o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia			
Contar con los sistemas de extinción contra incendios. En el caso de hidrantes, éstos deberán mantener una presión mínima de 6 Kg/ cm ² durante 15 minutos			
Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos, en lugares y formas visibles			

AREAS DE ALMACENAMIENTO CERRADAS			
REQUERIMIENTO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida			
Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables			
Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora			
Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión			
AREAS DE ALMACENAMIENTO ABIERTAS			
REQUERIMIENTO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
	SI	NO	
No estar localizadas en sitios por debajo del nivel del agua alcanzando en la mayor tormenta registrada en la zona, más un factor de seguridad de 1.5			
Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados			
Contar con pararrayos			
Contar con detectores de gases o vapores peligrosos con alarma audible, cuando se almacenen residuos volátiles			

PROCEDIMIENTO 03**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA EVALUACION DE SITIOS HISTORICOS DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS EN LA INSTALACION.****OBJETIVOS.**

- ✓ Identificar los sitios que históricamente han sido empleados para el almacenamiento y/o disposición de residuos en el centro de trabajo.
- ✓ Evaluar el estado de las áreas que históricamente se utilizaron para almacenar temporalmente y disponer residuos industriales en la instalación.
- ✓ Determinar la presencia de contaminantes en el suelo de los sitios de almacenamiento histórico de residuos.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico, artículos 134, 136, 139, 140.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, artículos 14 al 19.
- NOM-055-ECOL/93 Requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto radioactivos^[21].
- NOM-056-ECOL/93 Requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos^[22].
- NOM-057-ECOL/93 Requisitos que se deben observar en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado de residuos peligrosos^[23].

ALCANCES.

- ✓ Se solicitará al centro de trabajo la información relativa a los sitios de almacenamiento histórico de residuos en la instalación.
- ✓ Se realizarán visitas de inspección a los sitios de almacenamiento histórico para verificar las condiciones prevalecientes.
- ✓ Se seleccionarán sitios para toma de muestras de suelo en las áreas de almacenamiento histórico de residuos.
- ✓ Se realizarán análisis a dichas muestras para determinar el grado de contaminación en el suelo en los sitios de almacenamiento histórico de residuos industriales de la instalación.
- ✓ Se evaluarán las condiciones de los sitios de almacenamiento histórico de residuos en la empresa de acuerdo con la información recibida, los datos recopilados y los resultados de los análisis.

ACTIVIDADES.

1. Aplicar el cuestionario 03 para determinar el número, localización y antecedentes de los sitios en los que históricamente se dispusieron residuos industriales.

2. Realizar visitas de inspección a los sitios que se utilizaron para disponer residuos industriales. Verificar durante estas visitas el estado en el que se encuentran los sitios, sus características y buscar posibles evidencias de afectación debidas a la disposición de residuos en los mismos.

Verificar la información obtenida por medio del cuestionario y complementarla con las observaciones realizadas en campo. Realizar inspecciones para detectar sitios que presenten características que permitan suponer la disposición histórica de residuos tales como áreas verdes de reciente creación, áreas con indicios tales como afectaciones aparentes en la vegetación, presencia de materiales no autóctonos de la zona utilizados para relleno, hundimientos de terreno, etc. Aplicar la lista de chequeo 03 durante los recorridos.

- 3.- Con la finalidad de sistematizar la identificación, establecer una nomenclatura abreviada para los sitios de almacenamiento y disposición histórica de residuos. Asignar a los sitios identificados un número consecutivo, precedido de un guión y las letras "SH", de tal modo que la nomenclatura abreviada para los sitios de almacenamiento y disposición histórica será SH-1, SH-2, SH-3,... etc.
4. Con base en la información obtenida, en observaciones realizadas y las evidencias obtenidas seleccionar los puntos para el muestreo y análisis de suelo donde resulte más apropiado para representar las condiciones prevalecientes en las zonas que se utilizaron para disponer residuos en el pasado.
5. Efectuar el muestreo y análisis de suelo en los puntos elegidos. Para la toma de muestras de suelo, se propone la siguiente técnica:

Para realizar muestreos de suelos y efectuar análisis fisicoquímicos se obtendrá una muestra representativa de la profundidad del muestreo, considerando un segmento de 20 cm en sentido vertical y un diámetro de 4" de suelo alterado.

El muestreador consiste de un barreno helicoidal de acero de 4" de diámetro, el cual deberá ser lavado con agua destilada después de cada 20 cm de penetración. El sentido de rotación de la barrena es a favor de las manecillas del reloj, la muestra será recolectada en un frasco de vidrio y se mantendrá en refrigeración para su preservación, inmediatamente después de ser obtenida, de acuerdo con lo establecido por el manual de muestreo de residuos industriales del laboratorio.

Las muestras obtenidas por este método son completamente representativas para los efectos de la realización de los análisis fisicoquímicos que se efectuarán en el material.

Previa identificación y llenado de cadena de custodia de las muestras obtenidas, se procederá a enviarlas al laboratorio para su análisis.

Los parámetros a considerar en el análisis deberán ser seleccionados de acuerdo con las condiciones encontradas en campo, y de manera muy significativa, con los insumos, productos, subproductos y residuos manejados en la planta. De forma general, pueden sugerirse los siguientes:

- Hidrocarburos totales.

- Compuestos orgánicos volátiles.
- Hidrocarburos aromáticos volátiles.
- Hidrocarburos aromáticos no volátiles.
- Metales pesados.
- Conductividad eléctrica.
- pH.

Los resultados de los análisis de suelo ayudarán a determinar el estado en el que se encuentran los sitios en los que se han almacenado o dispuesto residuos dentro de la instalación y el grado de afectación al suelo ocasionado por tales prácticas.

6. Con base en la información obtenida a través de la aplicación del cuestionario, los recorridos de inspección en campo y los análisis efectuados a las muestras de suelo, realizar la evaluación de las condiciones encontradas en la instalación y sancionar contra la legislación vigente. Proponer las medidas necesarias para la remediación de las deficiencias encontradas, y cumplir así con la normatividad contenida en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, y en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

CUESTIONARIO 03

PLANTA: _____
ENTREVISTADO: _____
CARGO: _____
ENTREVISTADOR: _____
FECHA: _____

1. Mostrar en croquis la ubicación de todas las zonas de disposición de residuos industriales que han existido en la instalación.
2. Indicar por cuanto tiempo se empleó cada zona para disponer residuos industriales.
3. Indicar las cantidades y tipos de residuos dispuestos en cada zona de disposición histórica de residuos.
4. ¿Las zonas fueron diseñados y equipados con la finalidad específica de ser utilizados como zonas de disposición de residuos?
5. ¿Ha ocurrido algún tipo de accidente (derrame, incendio, accidente personal, etc.) en alguno o algunos de los sitios de disposición de residuos?

LISTA DE CHEQUEO 03

SITIOS DE ALMACENAMIENTO Y DISPOSICION HISTORICA DE RESIDUOS.

PLANTA: _____
 ENTREVISTADO: _____
 CARGO: _____
 ENTREVISTADOR: _____
 FECHA: _____

CLASIFICACION DEL SITIO _____

1. Características del sitio.

1.1 Se trata de un sitio:

Bajo techo _____ A la intemperie _____

1.2 Extensión calculada: _____ m²

2. Indicios de disposición histórica de residuos en el sitio.

Residuos parcialmente expuestos _____
 Materiales de relleno en el sitio _____
 Irregularidades en el terreno (hundimientos) _____
 Manchas y/u olores _____
 Areas verdes de reciente creación _____
 Indicios de afectación a la vegetación _____

3. Descripción general del sitio.

4 Tipo y cantidad de residuos dispuestos.

<i>Fecha de disposición</i>	<i>Tipo de material dispuesto</i>	<i>Características de peligrosidad</i>	<i>Cantidad dispuesta</i>	<i>Características de disposición</i>

PROCEDIMIENTO 04**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LAS FUENTES GENERADORAS Y DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISPOSICION DE RESIDUOS EN LA INSTALACION****OBJETIVOS.**

- ✓ Identificar y evaluar todas las fuentes generadoras de residuos peligrosos y no peligrosos en la instalación.
- ✓ Identificar y evaluar los planes, programas y procedimientos de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos con que cuenta el centro de trabajo.
- ✓ Evaluar los mecanismos de comercialización y disposición de residuos no peligrosos.
- ✓ Proponer medidas de disminución y control de residuos en el centro de trabajo.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaría Comunicaciones y Transportes.
- NOM-002-SCT2/1994 Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- NOM-003-SCT2/1994 Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de las unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-010-SCT2/1994 Disposiciones de compatibilidad y segregación para almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- NOM-043-SCT2/1994 Documento para transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

ALCANCES.

- ✓ Se solicitará y analizará el contenido de los planes programas y procedimientos con que cuenta el centro de trabajo para el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos.
- ✓ Se solicitará a la empresa información relativa a las características de las fuentes generadoras de residuos.
- ✓ Se visitarán las áreas de almacenamiento, producción, generación de servicios, así como todas las zonas en la instalación en donde se generen residuos.
- ✓ Se inspeccionará y evaluará el manejo de residuos en las fuentes de generación y se revisarán sus mecanismos de comercialización y disposición.

- ✓ Con base en lo encontrado en la empresa, se elaborarán recomendaciones para promover la disminución y control de residuos en el centro de trabajo.

ACTIVIDADES.

1. Solicitar al centro de trabajo todos los planes, programas y procedimientos con los que se cuenta para el control y manejo de residuos generados en la instalación. Evaluar si el centro de trabajo cuenta con planes, programas y procedimientos que especifiquen la filosofía y políticas de la empresa en lo referente al control y manejo de residuos. Determinar, por comparación con lo observado en campo, si las actividades realizadas son consistentes con los elementos establecidos en los planes y si éstos son efectivos en relación con las condiciones existentes en la instalación, así como con el tipo y cantidades de residuos generados. Verificar si las actividades de recolección, almacenamiento, transportación y demás operaciones de manejo de residuos se realizan conforme a una programación previa establecida por escrito, conformada en forma de programa de manejo de residuos. Determinar, si estas actividades se realizan de acuerdo con procedimientos escritos que establezcan el mecanismo y especificaciones requeridos para salvaguardar la seguridad del personal y el bienestar del medio ambiente y las instalaciones. Entablar conversaciones con personal de diferentes departamentos y rangos con la finalidad de determinar si tienen conocimiento de la existencia y contenido de los planes, programas y procedimientos y si se proporciona capacitación al personal, para la difusión, comprensión y aplicación. De igual forma, se determinar si los planes programas y procedimientos son sujetos a revisión, adecuación y actualización periódica. De forma paralela y con base en la evidencia recopilada, determinar si el personal recibe capacitación en lo referente a los requisitos normativos existentes en materia de control y manejo de residuos, así como la prevención de la contaminación originada por los mismos.
2. En caso de no contarse con documentos por escrito para la realización de las actividades, investigar y describir los mecanismos no formales aplicados, evaluando su adecuación y efectividad.
3. Aplicar el cuestionario 04 para obtener información sobre la ubicación, cuantificación e identificación de las fuentes de generación de residuos industriales. Solicitará información referente a los programas de manejo y tratamiento de residuos del centro de trabajo y mecanismos de comercialización y disposición de residuos. Revisar los planos y diagramas de flujo para identificar los puntos de generación y manejo de residuos peligrosos.
4. Realizar recorridos en campo para verificar y complementar la información reportada por el centro de trabajo. Visitar las fuentes de generación de residuos industriales para observar el proceso mismo de generación así como el manejo de residuos dentro de la instalación. Inspeccionar las partes del proceso que involucren la generación de subproductos y residuos para verificar los datos de generación y manejo reportados por el centro de trabajo. Investigar las cantidades y puntos de generación de aceites y solventes gastados. Revisar y clasificar las distintas fuentes de generación de residuos, así como su manejo, incluyendo transportación, características de envases, almacenamiento, tratamiento etc.
5. Con base en la información proporcionada por el centro de trabajo, así como los datos obtenidos durante los recorridos en campo, representar la ubicación de las fuentes generadoras en el plano general de la instalación. Establecer una nomenclatura abreviada para las fuentes de generación de residuos industriales en el centro de trabajo.

6. Asignar a las fuentes identificadas un número consecutivo, precedido de un guión y las letras "FG", de tal modo que la nomenclatura abreviada para las fuentes de generación de residuos será FG-1, FG-2, FG-3...etc.
7. Identificar los residuos generados en cada fuente y evaluar el volumen generado empleando la información proporcionada por la empresa y la recopilada en campo. Evaluar el manejo de los residuos generados en la instalación, incluyendo recolección, almacenamiento temporal, tratamiento transporte, tratamiento y disposición. Verificar el envase, envalaje, etiquetado e identificación y el estado de los vehículos empleados en la transportación. Analizar y evaluar los procedimientos de tratamiento de residuos con base en la información proporcionada por el centro de trabajo y la levantada en campo.
8. Comparar lo encontrado en el centro de trabajo con lo dictaminado por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como por el Reglamento de la Ley en Materia de Residuos Peligrosos y el Reglamento de Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, y toda la normatividad aplicable y de esta manera se sancionar la situación prevaleciente en la instalación.
9. Analizar y evaluar los mecanismos de tratamiento comercialización y de disposición de residuos no peligrosos en el centro de trabajo. Utilizar la información proporcionada por la instalación así como los datos obtenidos en los recorridos en campo para comparar la situación encontrada en las distintas etapas del proceso de comercialización y disposición de residuos no peligrosos con lo determinado por la legislación en la materia.
10. Con la información obtenida, proceder a realizar el cálculo de los residuos a generarse en base anual en el centro de trabajo.
11. Realizarán propuestas para la disminución y control de residuos en la instalación. Considerar nuevas tecnologías en los casos en que sean aplicables. Analizar la eficiencia de los sistemas de recolección, tratamiento y almacenamiento temporal, para proponer, en los casos que sean factibles, medidas que permitan mejorar el control de residuos.
12. Analizar los datos de las fuentes de generación para identificar aspectos susceptibles de mejoras e identificar la posibilidad de disminuir la generación de residuos desde la fuente.

LISTA DE INFORMACION 04

PLANTA: _____
PROPORCIONO: _____
CARGO: _____
RECIBIO: _____
FECHA: _____

1. Plan de manejo de residuos industriales.
 - 1.1 Plan de manejo de residuos industriales no peligrosos.
 - 1.2 Plan de manejo de residuos industriales peligrosos.
2. Programa de manejo de residuos industriales.
 - 2.1 Programa de manejo de residuos industriales no peligrosos.
 - 2.2 Programa de manejo de residuos industriales peligrosos.
3. Procedimientos de manejo de residuos industriales.
 - 3.1 Procedimientos de manejo de residuos industriales no peligrosos.
 - 3.2 Procedimientos de manejo de residuos industriales peligrosos.

CUESTIONARIO 04

PLANTA: _____

ENTREVISTADO: _____

CARGO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FECHA: _____

1. Proporcionar estadísticas de generación de residuos industriales.
2. Listado de fuentes de generación de residuos, incluyendo tipo y cantidades de residuos generados.
3. Describir el sistema de etiquetado e identificación de envases y contenedores de residuos.
4. Proporcionar información detallada sobre los siguientes aspectos.
 - Residuos tratados en el centro de trabajo.
 - Descripción de los sistemas de tratamiento.
 - Capacidad y condiciones de operación de los sistemas de tratamiento.
1. ¿Se comercializan residuos generados en la instalación?, ¿Cuál es el mecanismo?, ¿Cuál es el volumen de residuos comercializados? Explicar y anexar copias de contratos y demás copias de documentación relacionada.
2. ¿Cuál es el volumen de residuos dispuestos?, ¿Cuál es el mecanismo? Explicar y anexar copias de documentos y contratos.
3. ¿Cuáles son las características de los vehículos empleados en el transporte de los residuos? Anexar copias de documentos que complementen la respuesta.
4. ¿Estos vehículos se destinan exclusivamente a este fin? Explique.

LISTA DE CHEQUEO 04

FUENTES DE GENERACIÓN DE RESIDUOS.

ENTREVISTADO: _____

CARGO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FECHA: _____

PLANTA: _____ IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE: _____

Proceso u operación unitaria	Tipo de residuo	Antigüedad de operación	Horas de operación diaria	Cantidad promedio generada al mes
------------------------------------	-----------------	----------------------------	------------------------------	---

PLANTA: _____ IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE: _____

Proceso u operación unitaria	Tipo de residuo	Antigüedad de operación	Horas de operación diaria	Cantidad promedio generada al mes
------------------------------------	-----------------	----------------------------	------------------------------	---

PLANTA: _____ IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE: _____

Proceso u operación unitaria	Tipo de residuo	Antigüedad de operación	Horas de operación diaria	Cantidad promedio generada al mes
------------------------------------	-----------------	----------------------------	------------------------------	---

PLANTA: _____ IDENTIFICACIÓN DE LA FUENTE: _____

Proceso u operación unitaria	Tipo de residuo	Antigüedad de operación	Horas de operación diaria	Cantidad promedio generada al mes
------------------------------------	-----------------	----------------------------	------------------------------	---

PROCEDIMIENTO 05**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA DETERMINACION DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN LA EMPRESA****OBJETIVOS.**

- ✓ Determinar las características de los residuos generados en el centro de trabajo, incluso en caso de mezclas.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- NOM-052-ECOL/93 Establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos.
- NOM-053-ECOL/93 Procedimiento para prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- NOM-054-ECOL/93 Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.

ALCANCES.

- ✓ Se solicitará al centro de trabajo la información referente a las características de los residuos generados en la instalación.
- ✓ Se verificará y complementará en campo la información recibida.
- ✓ Se analizarán muestras de residuos para determinar si presentan características de peligrosidad.
- ✓ La información obtenida será complementada con investigación bibliográfica.
- ✓ Se evaluará la situación encontrada en la empresa con respecto a las características de los residuos que se generan.

ACTIVIDADES.

1. Aplicar el cuestionario 05 para obtener información acerca de los tipos de residuos generados en la instalación, su caracterización y cuantificación.
2. De acuerdo con los datos obtenidos conjuntamente con el procedimiento 04, realizar visitas de inspección para complementar la información obtenida. Identificar los tipos de residuos generados por la empresa y contrastar la información recibida.
3. Evaluar la información recibida, así como la recopilada en campo para elegir los residuos y los sitios de muestreo para efectuar el análisis y determinar las características de peligrosidad (CRETIB). Elegir para su análisis, muestras de los residuos que puedan presentar alguna característica de peligrosidad, o

que debido al volumen generado, sea importante verificar si presentan alguna característica CRETIB, para determinar las medidas pertinentes en su manejo (se debe evaluar entre alternativas que incluyen lodos aceitosos, sedimento de separadores API, catalizadores gastados, sedimentos de fosas de neutralización, residuos de empaques de columnas y aceites lubricantes gastados, entre otros).

Elegir sitios para la toma de muestras y señalar éstos en un plano de la instalación para facilitar su identificación.

4. Tomar las muestras de residuos y realizar los análisis de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-052-ECOL/93 y NOM-053-ECOL/93 para determinar si presentan alguna de las características de peligrosidad de acuerdo a la clasificación CRETIB. Estos análisis servirán asimismo para confrontar la información proporcionada por el centro de trabajo.

El monitoreo de residuos industriales depende básicamente del sitio de almacenamiento y accesibilidad de los mismos.

Para realizar el muestreo se tomarán en cuenta el estado físico y las características físicas de los materiales. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar poner en riesgo la representatividad de las muestras que serán colectadas.

Realizar los métodos de toma y preservación de muestras de acuerdo con lo especificado por el manual de muestreo de residuos industriales del laboratorio.

Hacer uso de equipo de seguridad, el cual consiste en overol de protección, mascarilla para vapores orgánicos, guantes de neopreno y goggles.

Previa identificación y llenado de cadena de custodia de las muestras obtenidas, enviarlas al laboratorio para su análisis.

5. Realizar una revisión de la literatura para obtener más información sobre las sustancias generadas como residuos en la empresa y completar la determinación de su naturaleza. Revisar las propiedades químicas, físicas, de transporte, características de compatibilidad, etc.
6. Con la información proporcionada por el centro de trabajo, los datos obtenidos en campo y la revisión bibliográfica, realizar el análisis y evaluación. Establecer si la instalación cuenta con la información pertinente y necesaria sobre las características de los residuos que ahí se generan; analizar el manejo que se hace de los residuos y dictaminar lo conducente sancionando con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos y las Normas Oficiales Mexicanas NOM-052-ECOL/93 y NOM-053-ECOL/93.

CUESTIONARIO 05

PLANTA: _____

ENTREVISTADO: _____

CARGO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FECHA: _____

1. Cómo se realiza la segregación de los residuos generados en la instalación?
2. ¿Se caracterizan los residuos generados de acuerdo a su peligrosidad u otras características? Explique.
3. ¿Se han realizado estudios de generación, cuantificación o caracterización de residuos en la instalación? Proporcionar reportes.
4. ¿Se conoce la composición de los residuos generados en la instalación? Proporcionar por residuo.
5. ¿Cuáles son los residuos no peligrosos generados?
6. ¿Cuáles son los peligrosos?

PROCEDIMIENTO 06**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA IDENTIFICACION DE LA EXISTENCIA DE ASBESTOS EN LA INSTALACION****OBJETIVOS.**

- ✓ Identificar la existencia de asbestos en la instalación.
- ✓ Establecer la localización y procedimientos de manejo de materiales con asbestos.

FUNDAMENTO.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

- NOM-052-ECOL/93 Establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos.

ALCANCES.

- ✓ Se solicitará a la empresa la información relacionada con la presencia y manejo de asbestos en el centro de trabajo.
- ✓ Se realizarán visitas de inspección en campo durante las cuales se identificarán los puntos de interés y se recopilará información con relación a los asbestos presentes en la empresa.
- ✓ Se seleccionarán materiales para su análisis. Los análisis permitirán determinar la presencia de asbestos en las muestras.
- ✓ De acuerdo con la información recopilada se evaluarán las condiciones de la empresa en cuanto a la presencia de asbestos.

ACTIVIDADES.

1. Aplicar el cuestionario 06 para obtener información sobre la cantidad de asbestos generados como residuos y el mecanismo de manejo y disposición de asbestos.
2. Realizar recorridos de inspección para realizar observaciones en los sitios en los que se emplean materiales con asbestos, como es el caso de tubería, y equipos a alta temperatura donde se emplean como aislantes.

Verificar las condiciones de estos sitios y revisar las medidas de seguridad empleadas y la posibilidad de contacto y/o inhalación de asbestos por parte del personal. Visitar las áreas de disposición de asbestos, en caso de existir éstas e inspeccionar las condiciones de las mismas. Verificar las condiciones de manejo de residuos de asbestos, tanto no aglutinados (desmenuzables), como aglutinados (fijos en un medio sólido, como es el caso de empaques de bridas).

3. Con base en las observaciones realizadas y en los datos proporcionados por el centro de trabajo, proceder a realizar la evaluación técnica de los sitios que presenten materiales con asbestos con la finalidad de seleccionar los adecuados para la toma de muestras a ser analizadas.
4. Tomar y analizarán las muestras para verificar y cuantificar la existencia de asbestos en el centro de trabajo.

La evaluación que se pretende realizar tiene la finalidad de determinar la presencia de asbestos en los materiales que se emplean en el centro de trabajo.

Para la realización del muestreo, se propone la siguiente técnica:

Una vez localizado el sitio de muestreo, se procederá a coleccionar la muestra usando tubos metálicos de perforación, con el objeto de recolectar una sección lo más completa posible del material. La muestra será depositada en un envase de vidrio (vial). Dicha muestra puede ser analizara en laboratorio por el método de microscopía de luz polarizada (MLP).

Durante el muestreo deberá utilizarse equipo de protección personal, incluyendo guantes, mascarilla de respiración autónoma, goggles y overol.

Previa identificación y llenado de cadena de custodia de las muestras obtenidas, se procederá a enviarlas al laboratorio para su análisis.

5. Con los resultados de los análisis, así como con las observaciones efectuadas y la información proporcionada por la instalación, evaluar lo encontrado en la empresa con respecto a la presencia de asbestos.

Analizar las condiciones de manejo y control así como el mecanismo de disposición. Con todo lo anterior evaluar y dictaminar de acuerdo a lo establecido por el reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93.

CUESTIONARIO 06

PLANTA: _____

ENTREVISTADO: _____

CARGO: _____

ENTREVISTADOR: _____

FECHA: _____

1. ¿Qué materiales se utilizan para aislar térmicamente tuberías, accesorios, equipos de intercambio de calor, combustión, turbogeneradores y demás equipo que requiera aislamiento?
2. ¿En qué áreas de la instalación se utilizan asbestos?
3. ¿Cuál es el volumen de asbestos utilizado por área?
4. ¿Qué cantidad de asbestos como residuos se genera en cada área?
5. ¿Cuál es el mecanismo para el manejo de los asbestos como residuos?
6. ¿Son dispuestos en la instalación?, ¿Dónde?
7. ¿Cuál es la cantidad de asbestos que han sido dispuestos?
8. ¿Que equipo de seguridad emplea el personal que trabaja en las zonas donde se manejan asbestos?
9. Existen antecedentes de afectaciones al personal y/o a la población circunvecina debido a asbestos provenientes de la instalación?

PROCEDIMIENTO 07**PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA IDENTIFICACION DE BPC'S EN LA INSTALACION****OBJETIVOS.**

- ✓ Identificar la presencia de bifenilos policlorados (BPC's) en el centro de trabajo.
- ✓ Evaluar los procedimientos de manejo, transportación y almacenamiento temporal de BPC's en la instalación.
- ✓ Evaluar el programa de manejo y disposición final de BPC's.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- NOM-052-ECOL/93 Establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos.

ALCANCES.

- ✓ Se solicitará información referente a transformadores y capacitores existentes en las instalaciones.
- ✓ Se verificarán y complementarán en campo los datos de ubicación, características, manejo, planes de disposición, etc., proporcionados por el centro de trabajo.
- ✓ Se elegirán sitios para toma de muestras para determinar la existencia de BPC's.
- ✓ Con base en los datos obtenidos se revisarán y evaluarán la presencia, manejo y planes de disposición final de BPC's en la empresa.

ACTIVIDADES.

1. Solicitar la información contenida en el listado de información requerida 07 para conocer aspectos relativos al número y características de los transformadores y capacitores en la instalación, así como a la presencia de aceites dieléctricos fuera de uso contaminados con BPC's en la instalación.
2. Analizar y evaluar la información recibida con la finalidad de determinar la presencia de BPC's en el centro de trabajo. Revisar las fechas de fabricación y características de capacitores y transformadores, así como el mantenimiento recibido en estos equipos, discriminando así las posibles unidades con aceite dieléctrico contaminado. Establecer las respectivas ubicaciones de los equipos en la instalación.
3. Realizar recorridos para efectuar inspecciones visuales y levantamiento de datos en campo. Verificar la información recibida y complementar con lo encontrado en los sitios visitados.

Revisar y registrar la localización, capacidad, voltaje, marca, número de serie, etc. de los equipos para complementar la información.

Durante los mismos recorridos, verificar la existencia de aceites dieléctricos gastados almacenados en el centro de trabajo.

4. Elegir equipos para tomar muestras de aceite dieléctrico para detectar y cuantificar la presencia de Bifenilos Policlorados, con base en los datos proporcionados por la empresa y en la información obtenida durante los recorridos en campo.

Considerar en la elección de los equipos a muestrear condiciones tales como el estado general de los transformadores, la cantidad de fluido contenido, y la evidencia de derrames de fluido dieléctrico del transformador.

Considerar la revisión de los reportes de análisis efectuados previamente al aceite dieléctrico de los transformadores para determinar el contenido de BPC's, y de las hojas y programas de mantenimiento de equipo.

De igual manera, revisar la información proporcionada por la empresa y la obtenida en campo referente a los equipos fuera de operación y a los aceites dieléctricos fuera de uso.

5. Tomar las muestras y realizar el análisis para detectar y cuantificar los bifenilos policlorados en el aceite dieléctrico de los equipos.

Una vez que se tenga identificado el punto de muestreo para el aceite dieléctrico en los transformadores, se detectará la presencia de válvulas de purga para control fino y abriendo lentamente se colectará la muestra directamente de la fuente portadora en un vial de vidrio y tapa de teflón de 125 ml, se debe evitar el contacto del vial con la válvula de salida.

Se hará uso del equipo de seguridad el cual consiste en overol de protección, mascarilla para vapores orgánicos, guantes de neopreno y goggles.

Previa identificación y llenado de cadena de custodia de las muestras obtenidas, enviarlas al laboratorio para su análisis.

6. Se utilizará la información obtenida, así como los resultados de los análisis para evaluar la presencia y cuantificación de bifenilos policlorados en los equipos.

Evaluar el manejo del dieléctrico contaminado, revisando el programa de manejo de bifenilos policlorados de la instalación, el programa de mantenimiento de los equipos con aceite dieléctrico, así como el programa de disposición final. Considerar también las observaciones realizadas en campo.

Proponer mejoras en los aspectos que se encuentren con deficiencias y dictaminar lo conducente de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos y la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93.

LISTA DE INFORMACION 07

PLANTA: _____
PROPORCIONO: _____
CARGO: _____
RECIBIO: _____
FECHA: _____

1. Número de capacitores y transformadores existentes en la instalación. Ubicación y datos generales.
2. Capacidad y tipo de los transformadores y capacitores. (Marca, año de fabricación, modelo, características, etc.)
3. Ubicación de los equipos.
4. Análisis de aceites dieléctricos para determinar la existencia de BPC's.
5. Programa de mantenimiento a los transformadores, indicando el caso en que se halla dado mantenimiento a los equipos, incluyendo depuración del dieléctrico en transformadores mediante tratamiento con resinas de limpieza.
6. Lugar de almacenamiento de aceite dieléctrico gastado.
7. Cantidad de aceite dieléctrico gastado en almacenamiento.

Especificar condiciones de almacenamiento, tipo de envase, tiempo que tienen almacenados los aceites.
8. Manifiesto de empresa generadora eventual de BPC's.
9. Programas de disposición final del dieléctrico con BPC's.
10. Programas de manejo de dieléctrico con BPC's.

PROCEDIMIENTO 08**PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA DETECCION Y DELIMITACION DE LAS AREAS CONTAMINADAS DEL SUELO Y SUBSUELO****OBJETIVOS.**

- ✓ Efectuar la detección y delimitación de las áreas contaminadas en el suelo y subsuelo dentro del centro de trabajo.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- NOM-055-ECOL/93 Requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto radioactivos.
- NOM-056-ECOL/93 Requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- NOM-057-ECOL/93 Requisitos que se deben observar en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- NOM-002-SCT2/1994 Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- NOM-003-SCT2/1994 Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-010-SCT2/1994 Disposiciones de compatibilidad y segregación para almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

ALCANCES.

- ✓ Se revisará la información obtenida durante la realización de los trabajos de campo, así como la proporcionada por la empresa y todas las fuentes de evidencias útiles para efectuar la detección y delimitación de zonas contaminadas en el suelo y subsuelo de la instalación.
- ✓ Dichas zonas serán identificadas y clasificadas de acuerdo al grado de deterioro que presenten. Se elaborarán las recomendaciones pertinentes relativas a la remediación de las zonas en las cuales se identifique deterioro del suelo y subsuelo en el centro de trabajo.

ACTIVIDADES.

1. Analizar y evaluar la información proporcionada por el centro de trabajo y los datos obtenidos durante los recorridos de inspección en campo, así como los resultados de los análisis efectuados.

Revisar toda evidencia útil en la determinación de la presencia y del grado de contaminación en el suelo y subsuelo. Analizar todos los aspectos que puedan aportar elementos en la evaluación. Evaluar

con todo detalle los resultados y evidencias generados por medio de todos los procedimientos de auditoría. En caso de que la instalación cuente con reportes de pruebas de fugas en tanques y recipientes, por medio de inspección con líquidos penetrantes o pruebas de presión de aire, analizarlos, inspeccionando y evaluando la posibilidad de existencia de fugas e infiltraciones en el pasado.

2. Localizar las zonas que presenten contaminación del suelo y subsuelo y representar dicha localización en el plano general de la instalación.

Incluir en la localización el grado de deterioro, con base en la información proporcionada por la empresa y la generada durante los trabajos de auditoría, así como la delimitación de las zonas. Lo anterior permitirá el reconocimiento visual de los puntos afectados. Incluir asimismo, en los casos que sea pertinente, las fuentes de generación cuando esto sea útil para correlacionar determinadas zonas afectadas con la fuente causante de la contaminación.

3. Revisar y analizar los resultados. Establecer los factores causantes de la contaminación del suelo y subsuelo con base en la información disponible. Analizar el grado de deterioro y describir a detalle la información encontrada. Sancionar lo encontrado conforme a la normatividad correspondiente.
4. Emitir las recomendaciones necesarias para la remediación de las zonas contaminadas con base en las evidencias encontradas. Las medidas propuestas tendrán como objetivo la restauración de las condiciones del suelo y subsuelo de las distintas zonas con evidencia de afectación dentro de la instalación.

Plantear estrategias para la solución de la problemática encontrada considerando toda la información disponible.

PROCEDIMIENTO 09

PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR EL MONITOREO DEL MANTO FREATICO

OBJETIVO.

- ✓ Determinar la calidad de las aguas subterráneas y la detección de presencia de contaminantes por lixiviados de materias primas, insumos y residuos en el centro de trabajo.

FUNDAMENTO.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89^[25].

ALCANCES.

- ✓ Se llevará a cabo el monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas, para lo cual se perforarán pozos de monitoreo. Con los pozos limpios y desarrollados se procederá a la toma de muestras y subsecuente análisis de agua subterránea en cada pozo.

ACTIVIDADES.

1. Analizar la información proporcionada por la empresa en lo referente a estudios de tipos de suelo, geología, geohidrología, topología, monitoreo de aguas subterráneas, profundidad del manto freático y dirección predominante del flujo de aguas.
2. Realizar recorridos de reconocimiento y levantamiento de datos en campo. Identificar durante estos recorridos puntos factibles de presentar derrames y/o fugas de materias primas, productos, subproductos e insumos capaces de causar contaminación al suelo y subsuelo y por tanto contaminantes potenciales del manto freático.

Durante estos recorridos, dedicar especial atención a las áreas de almacenamiento de productos, subproductos e insumos en tanques, recipientes a presión, y a las de almacenamiento temporal y disposición histórica de residuos.

3. Vaciar en un croquis la información encontrada en el punto anterior, efectuando así la representación de las áreas en las que se halla detectado la posible infiltración de contaminantes al subsuelo y manto freático. Indicar en el croquis los datos de interés que se hallan encontrado en la información proporcionada por la empresa, tales como la profundidad del manto en las áreas identificadas, inclinación del terreno y dirección predominante del flujo subterráneo, etc.

Con base en toda la información disponible, seleccionar los puntos para la perforación de pozos de monitoreo de aguas subterráneas.

4. Realizar la perforación, construcción, desarrollo de pozos de monitoreo y toma de muestras de agua subterránea. Durante las operaciones se deberán tomar todas las precauciones requeridas para evitar la introducción de contaminantes al acuífero, tales como el lavado de todos los implementos de perforación, evitar el uso de aditivos de perforación tóxicos o dañinos de alguna otra forma, y el sellado total del ademe del pozo, para evitar la infiltración de contaminantes directamente al manto freático.

Limpiar los pozos antes de la colección de muestras. Colectar muestras de agua subterránea en los pozos perforados, con la finalidad de efectuar análisis del manto freático.

5. De acuerdo con los resultados de laboratorio y el análisis de la información proporcionada por el centro de trabajo y la levantada en campo, realizar la evaluación de las condiciones encontradas en la instalación en lo concerniente a la presencia de contaminantes en el manto freático debido a las actividades de la empresa y dictaminar lo conducente de acuerdo a la normatividad ambiental, indicando asimismo las recomendaciones correspondientes para la remediación de la afectación al manto.

4. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE AUDITORIA EN CAMPO.

La aplicación de los procedimientos de auditoría previamente presentados puede permitir obtener la información requerida para los trabajos, no obstante la realización de las actividades de campo requiere una descripción y detalle independientes, como una forma de ilustrar lo que el auditor encuentra en las instalaciones generalmente. Las plantas petroquímicas comprenden múltiples actividades, por lo que constituyen sistemas complejos de procesos, que al operar utilizan innumerables materias primas y generan, en consecuencia, una gran variedad de residuos.

Durante los procesos, se tienen salidas intermedias en forma de residuos antes de obtener un producto final con valor de mercado positivo. Las fuentes principales de estos residuos están en los procesos de separación, transformación y purificación que deben aplicarse a las corrientes de materiales.

No obstante lo anterior, otro aspecto de importancia relevante para la generación de residuos tanto sólidos como peligrosos es el relativo a la proliferación de envases, empaques y materiales afines, dado que, de acuerdo con la normatividad aplicable, éstos deben ser considerados y manejados como residuos peligrosos, en el caso de que haber tenido contacto con materiales o residuos peligrosos. Esta fuente de generación no debe ser subestimada, ya que de ella proviene una cantidad considerable de los materiales de desecho generados en toda instalación petroquímica.

La tarea entonces del auditor durante su trabajo en campo consiste en aplicar sus procedimientos y cumplir con su plan de auditoría, adaptando y corrigiendo el mismo en las ocasiones que así sea requerido por las circunstancias. Lo anterior involucra básicamente recorridos de inspección en campo, análisis preliminar de documentación y planos, realización de entrevistas con el personal, y recopilación de información de varias fuentes. Durante el desarrollo de estas actividades, es necesario elaborar paralelamente informes parciales de todas las acciones realizadas, mismos que serán vaciados en la bitácora de la auditoría, que es el documento en el que se da seguimiento al proceso de auditoría en campo y que valida el cumplimiento de las actividades comprometidas contractualmente, dado que se realiza diariamente bajo acuerdo de las empresas auditada, auditora y supervisora. Al final de la estancia en campo del personal auditor, se realiza una reunión con la finalidad de dar a conocer los resultados preliminares obtenidos hasta ese momento y resolver dudas relativas a estos resultados. Esta reunión es muy importante, dado que constituye la forma en la cual la empresa auditada puede conocer de manera más pronta los aspectos en los cuales puede empezar a trabajar para su mejoramiento. Asimismo, puede servir para canalizar inquietudes o inconformidades generadas por parte de cualquiera de las instancias involucradas.

4.1 Detección y análisis de las fuentes de generación de residuos industriales.

Resulta evidente que existe una gama muy amplia de fuentes de generación de residuos en las plantas petroquímicas y cada caso debe ser analizado de forma particular. Aunque pueda parecer poco probable, en la práctica llega a suceder que al final del trabajo de auditoría se ha pasado por alto algún proceso, área, actividad o sector en el que se generan residuos o se han registrado residuos para los que no se tiene identificada la fuente.

Lo anterior puede suceder, por ejemplo, cuando se trata de generación esporádica o poco frecuente, como es el caso de cambio de catalizadores o materiales de empaque en torres. Lo anterior se realiza en intervalos de años en ocasiones y por ello, puede no ser evidente durante la realización del trabajo de auditoría. Asimismo, la generación de residuos sólidos debido a actividades administrativas (papelería, plásticos, cartón, etc.), puede subestimarse en el caso de auditorías en plantas petroquímicas, sin embargo, teniendo en cuenta que en este tipo de instalaciones pueden trabajar cientos de personas, y en ocasiones aún más, la cantidad de residuos originados por actividades administrativas no es de ninguna forma despreciable.

Este tipo de detalles solamente pueden ser ponderados analizando cada instalación, así como sus condiciones particulares. Como regla general, la mejor manera de cubrir este aspecto consiste en analizar a detalle los procesos y actividades realizados en la planta auditada. Para ello, el auditor debe revisar a detalle los manuales de operación, los diagramas de flujo, diagramas de tubería e instrumentación, y las instrucciones operativas con que se cuenta en el centro de trabajo.

Debe aclararse que en los documentos citados no siempre se encuentra especificada de manera explícita la información que busca el auditor en materia de residuos sólidos y peligrosos. Para determinar las condiciones de interés, el auditor debe analizar los documentos con un enfoque deductivo o inductivo, dependiendo de la situación. Lo anterior significa que se requiere tanto de análisis, como de experiencia y, a veces, de imaginación. Por ejemplo, al analizar un diagrama de flujo nunca se indicará en el mismo que en una torre empacada se generará eventualmente el material de relleno durante el cambio del mismo por mantenimiento. Esto puede encontrarse en el manual de operación, aunque no siempre es así. De cualquier forma, la experiencia y el conocimiento previo le indican al auditor que este residuo deberá generarse aunque no se especifique de esta forma en la información recibida.

Esta situación puede generalizarse en gran medida para casi todas las actividades de mantenimiento. Durante estos trabajos se originan una cantidad muy importante de los residuos industriales pero debido a que muchas veces no son considerados dentro de los documentos de operación más usuales (y ocasionalmente en ningún documento en absoluto) puede resultar difícil identificarlos durante la revisión documental.

Otra recomendación útil consiste en revisar las bitácoras e informes de mantenimiento. La lógica de este procedimiento estriba en que en este documento se plasman todas las acciones de reparación, bajas, reemplazos, situaciones extraordinarias y toda una gama de eventos que pueden dar pistas muy claras acerca de qué es lo que falla con mayor frecuencia en el proceso, cada cuánto tiempo se realizan acciones de mantenimiento en cada área y por ende, se generan los residuos relacionados con las mismas.

Otra sugerencia que no sobra ofrecer, es recordar la papelería, desechos de alimentos y todos los relacionados con el mero hecho de que toda actividad humana conlleva la generación de residuos y por tanto, en toda instalación industrial se debe verificar la cantidad generada de los mismos.

No debe olvidarse asimismo, el área de servicios tales como vapor, energía eléctrica, mecánica y de todo tipo. En estos departamentos suelen generarse filtros, empaques y muy diversos tipos de residuos, casi siempre relacionados con las actividades de mantenimiento.

Merecen especial atención las subestaciones y transformadores eléctricos, por la posibilidad de existencia de bifenilos policlorados. Asimismo, en el pasado se empleaban con frecuencia aislantes térmicos a base de asbesto en forma de fibra desmenuzable, mismos que son removidos y desechados durante el cambio de aislantes.

Otra fuente muy importante de generación de residuos está constituida por los separadores API, existentes en las instalaciones petroquímicas. Estos separadores tienen como función separar la fase orgánica de los efluentes líquidos que se generan en las distintas plantas o procesos. En general, la fase separada del efluente acuoso tiene la factibilidad de reincorporarse a procesos de refinación. No obstante, durante los trabajos de mantenimiento, se obtienen lodos y escorias que ya no son reutilizables y que tienen características de peligrosidad.

Es menester asimismo, mencionar que para los documentos de auditoría se requiere conformar un anexo fotográfico que debe ejemplificar los aspectos que se establezcan como deficiencias en el reporte final. También pueden tomarse fotografías que, aunque no constituyan aspectos de deficiencias, muestren situaciones o elementos que sean de interés para el reporte de auditoría, por lo que pueden servir como apoyo para descripciones durante el periodo de gabinete. No todos los aspectos deficientes se pueden integrar en el anexo fotográfico, como es el caso de la carencia o falta de algún grado de cumplimiento en requerimientos oficiales del tipo documental, o en lo referente a aspectos de contaminación al manto freático o a la peligrosidad de residuos, los cuales no pueden ser ejemplificados por medio de fotografías. Este tipo de deficiencias son sustentadas por medio de elementos documentales, reportes de laboratorio u otro tipo de evidencias comprobatorias.

De cualquier forma, es muy importante para el auditor tener en mente que la toma de fotografías debe realizarse de forma paralela con sus inspecciones, para optimizar y complementar el trabajo en campo.

Otro aspecto de relevancia fundamental es el referente al programa de manejo de residuos existente en la instalación. Independientemente de que se cuente o no con un programa por escrito, en toda instalación existe un programa de manejo de residuos, debido simplemente a la necesidad de manejar de alguna forma estos materiales. Por lo tanto, una de las tareas primordiales del auditor consiste en identificar los siguientes aspectos.

- ✓ Si se cuenta con un programa por escrito para manejar los residuos sólidos y los residuos peligrosos generados en la instalación.
- ✓ Si se cuenta con calendarización explícita para las actividades de recolección, almacenamiento, transportación, envío a tratamiento, disposición final, comercialización y/o reciclaje.
- ✓ Si las actividades, ya sea realizadas bajo un programa escrito o no, cumplen con los requerimientos legales.
- ✓ Si existen procedimientos por escrito bajo los cuales se realizan las actividades, pero no se han integrado para conformar el programa formal.
- ✓ Si los procedimientos, en caso de existir son seguidos por el personal.

Los aspectos anteriores son importantes, porque como resultado de la auditoría se implementarán acciones correctivas y de remediación, las cuales deberán realizarse bajo una calendarización y programación específicas. En caso de que no se cuente con programas escritos para manejo de residuos sólidos y peligrosos, esta será una de las acciones correctivas prioritarias a recomendar por parte del

auditor. Todas las acciones de manejo normal y demás acciones correctivas, al ser parte del manejo y los aspectos referentes a la problemática de los residuos en el centro de trabajo, deberán ser incluidas en los programas y realizados de acuerdo con el diseño de éstos.

4.2 Levantamiento del inventario de residuos industriales.

El inventario de residuos industriales es uno de los objetivos básicos en la realización del trabajo de auditoría ambiental en materia de residuos sólidos y residuos peligrosos. Para su conformación, se utiliza tanto la información levantada en campo, como la proporcionada durante la aplicación de los cuestionarios y entrevistas con el personal, además de la revisión de la documentación proporcionada por el centro de trabajo.

Toda esta información debe contrastarse contra el análisis realizado por los auditores en lo referente a las entradas, salidas finales y salidas intermedias de los procesos para verificar que todos los residuos posibles estén siendo considerados en los resultados que van a registrarse en el informe final.

En caso de que en la instalación se cuente con un inventario de los residuos generados, éste puede ser tomado como base, siendo indispensable corroborarlo con lo encontrado y complementarlo con la información adicional obtenida.

Este inventario deberá ser organizado en forma tal que refleje de la mejor manera posible la clase de residuos generados en el centro de trabajo, junto con sus respectivas cantidades. No importa solamente establecer la cantidad de residuos existentes en la instalación al momento de la realización de los trabajos, sino las cantidades promedio que se almacenan en la instalación.

Otro de los aspectos de interés durante la integración de las estadísticas de generación de residuos es el relativo a la proyección de la cantidad de residuos generados en base mensual o anual. Lo anterior brinda información importante para determinar la infraestructura necesaria para el manejo adecuado de los residuos con base en la proyección de las cantidades a generarse.

La organización del inventario de residuos puede incluir entre otros datos los siguientes:

- ✓ Designación del residuo.
- ✓ Lugar (es) de almacenamiento.
- ✓ Condiciones de almacenamiento y envase del residuo.
- ✓ Cantidad almacenada durante la realización de la auditoría.
- ✓ Cantidad almacenada promedio.

Las designaciones de los residuos pueden ser elegidas de modo que se agrupen residuos para facilitar su organización en el inventario.

Entre las clases principales de residuos incluidos en el inventario de residuos pueden mencionarse los siguientes:

Residuos Sólidos.

Residuos de tipo municipal.

Papelería.

Cartón.

Restos de alimentos.

Empaques de plástico que no contuvieron sustancias peligrosas ni tuvieron contacto con las mismas.

Chatarra.

Materiales de empaque de torres que no presentan características de peligrosidad.

Lodos blancos sin características de peligrosidad.

Aislantes como poliuretano y lana mineral

Diferentes tipos de residuos sólidos no peligrosos generados durante las actividades de mantenimiento.

Residuos Peligrosos.

Aceites gastados.

Solventes gastados.

Sedimentos de tanques.

Lodos de separadores API.

Asbestos.

Bifenilos policlorados.

Productos químicos caducos.

Materiales sólidos como jergas y estopas impregnados con residuos peligrosos.

Envases vacíos de materiales y residuos peligrosos.

Catalizadores gastados.

Algunos residuos generados en el tratamiento de efluentes gaseosos y líquidos.

Diferentes tipos de residuos peligrosos generados durante las actividades de mantenimiento.

Dentro del levantamiento del inventario de residuos, es indispensable realizar visitas a las áreas de almacenamiento, lo cual implica verificar también las condiciones de almacenamiento de residuos industriales peligrosos. Este aspecto debe ser considerado con todo detalle por el auditor, ya que puede ser uno de los puntos críticos en lo referente a la existencia de riesgos e impactos relacionados con los residuos peligrosos. Cada área de almacenamiento debe ser verificada de acuerdo con lo establecido por los procedimientos de auditoría, teniendo como objetivo evaluar las condiciones de almacenamiento existentes en el centro de trabajo. La reglamentación aplicable (Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, Arts. 15, 16, 17) establece una serie de disposiciones que deben ser acatadas por los generadores de residuos peligrosos durante el almacenamiento temporal de los mismos. Entre éstas pueden mencionarse las siguientes:

- ⇨ Las áreas de almacenamiento deben estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados.
- ⇨ Deben ubicarse en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.

- ⇒ Deben contar con muros de contención, y fosas de retención para la captación de los residuos o de los lixiviados.
- ⇒ Los pisos deberán contar con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado.
- ⇒ Deben contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicas, electrónicos o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia.
- ⇒ Deben contar con sistemas de extinción contra incendios.
- ⇒ Se debe contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles.

Además de las anteriores disposiciones, las áreas de almacenamiento cerradas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- ⇒ No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida.
- ⇒ Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables.
- ⇒ Se debe contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora.
- ⇒ Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión.

Las áreas abiertas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- ⇒ No estar localizadas en sitios por debajo del nivel del agua alcanzando en la mayor tormenta registrada en la zona, más un factor de seguridad de 1.5.
- ⇒ Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos y de material antiderrapante en los pasillos, los cuales deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados.
- ⇒ Se debe contar con pararrayos y con detectores de gases o vapores peligrosos con alarma audible, cuando se almacenen residuos volátiles.

Asimismo, debe considerarse que en áreas abiertas no techadas, no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados y que se prohíbe almacenar residuos peligrosos incompatibles y/o en cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento.

Con base en las consideraciones legales aplicables, el auditor deberá evaluar las condiciones y procedimientos de almacenamiento de residuos en el centro de trabajo.

4.3 Caracterización de residuos industriales.

Los residuos sólidos se diferencian de los residuos peligrosos básicamente en que carecen de las características de peligrosidad que presentan éstos. La primera guía para la caracterización se basa en el análisis de la fuente generadora del residuo, con lo que se descarta la peligrosidad de los residuos en los casos en los que el proceso no implica la intervención de materiales con características de peligrosidad,

como es el caso del rubro de actividades administrativas o el cambio de lana mineral aislante (suponiendo que no se encuentre impregnada con algún material o residuo peligroso).

Asimismo, con base en el conocimiento de los residuos típicamente generados, desde un principio puede hacerse una selección inicial de los residuos que seguramente no presentarán características de peligrosidad.

No obstante, es importante recordar que una gran parte de los materiales manejados en toda planta petroquímica, independientemente del proceso que se desarrolle en ella, presentan características de peligrosidad como materiales en sí. De acuerdo con esto, cabe esperar que una gran cantidad de los residuos generados estén constituidos por materiales peligrosos.

Lo anterior no pretende más que recordar que el hecho de que cualquier residuo proveniente de la industria petroquímica no puede considerarse como no peligroso solamente por no encontrarse en el listado de la norma NOM-052-ECOL/93 correspondiente al giro de la industria petroquímica, que será presentado posteriormente, ya que como la misma norma establece, se debe determinar la peligrosidad de los residuos, independientemente de los procesos de generación. En este sentido, los listados proporcionados por la norma no pueden ser utilizados para demostrar la no peligrosidad de ningún residuo; más bien, al contrario, solamente pueden ser utilizados como fundamento para establecer la peligrosidad de los residuos listados.

Dentro de las clasificaciones internacionales de residuos peligrosos se incluyen a los residuos aislados, mezclados o en solución; a los sólidos, líquidos o lodos generados como subproductos de procesos; y a los aceites gastados, resultantes de la limpieza de maquinarias e instalaciones. Estos residuos están considerados como un peligro potencial para la salud humana, los bienes o el ambiente, en virtud de sus propiedades físico - químicas y toxicológicas.

Asimismo, se consideran residuos peligrosos aquellas materias primas y productos químicos que caducan, se deterioran, se retiran del comercio o dejan de utilizarse; lo cual plantea la existencia de múltiples fuentes generadoras de residuos, eventualmente sujetas a regulación y control (por ejemplo, los residuos peligrosos que se generan en el hogar no son normados).

Distintos países y organismos internacionales han establecido clasificaciones y listados diferentes de residuos peligrosos. Sin embargo, hay cierta coincidencia en aquellos de elevada peligrosidad para la salud o el ambiente.

Propiedades físicas y químicas.

Entre las propiedades que presentan los residuos pueden mencionarse las siguientes^[29]:

- *Peso específico.*
- *Solubilidad en agua.*
- *Coefficiente de partición lípido - agua.*
- *Presión de vapor.*
- *Disociación e ionización.*

- pH.
- Corrosividad.
- Reactividad.
- Flamabilidad.
- Temperatura de ignición.
- Temperatura de autoignición.
- Capacidad oxidante o comburente.
- Explosividad.
- Límites de explosividad en el aire.

En el caso específico de la normatividad mexicana, que es en todo caso la que debe ser atendida en primera instancia por el auditor, existen normas oficiales que establecen las características de los residuos peligrosos, específicamente la NOM-052-ECOL/93. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93, 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, las siguientes son las características que hacen peligroso a un residuo:

4.4 Residuos peligrosos.

Un residuo se considera peligroso por su corrosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

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

Un residuo se considera peligroso por su reactividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.
- En condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera) cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.
- Bajo condiciones normales cuando se ponen en contacto con soluciones de pH; ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.

- Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades a 250 mg de HCN/Kg de residuo o 500 mg de HS/Kg de residuo.
- Es capaz de producir radicales libres.

Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenzeno.
- Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 Kg/cm² de presión.

Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente cuando presenta la siguientes propiedades:

- Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la norma oficial mexicana NOM-053-ECOL/1993, el lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (anexo 5) en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen.
- Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C.
- No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25°C y a 1.03 Kg/cm²).
- Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes que estimulan la combustión.

Un residuo con características biológico infecciosas se considera peligroso cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Cuando el residuo contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.
- Cuando contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

La mezcla de un residuo peligroso conforme a esta norma con un residuo no peligroso será considerada residuo peligroso.

De esta forma, es necesario efectuar análisis para caracterizar la peligrosidad de los residuos generados en los procesos petroquímicos y así determinar sus posibles características de peligrosidad. Lo anterior se realiza por medio de un análisis físico - químico conocido como análisis CRETIB. La situación ideal sería efectuar análisis CRETIB a todos los residuos industriales generados en la instalación como parte de los trabajos de auditoría. No obstante lo anterior casi nunca, o nunca se realiza debido a consideraciones económicas y por ello, se deben seleccionar los residuos de los cuales se tenga una duda razonable con respecto a su peligrosidad, ya que siempre existen residuos que obviamente son no peligrosos, y también se generan residuos que seguramente resultarán positivos en el CRETIB.

Una vez que se han efectuado los análisis, los resultados de los mismos proporcionan los elementos suficientes para la caracterización de los residuos que fueron sometidos a las pruebas.

Asimismo, los resultados analíticos pueden brindar evidencia técnica para fundamentar la solicitud ante la autoridad para manejar determinados residuos, considerados peligrosos, como residuos no peligrosos, si el resultado de las determinaciones indica que no presentan características CRETIB. Debe aclararse al respecto que es facultad exclusiva de la SEMARNAP el otorgar dicha autorización, ya que independientemente del resultado de los análisis, la autoridad no está obligada a extender el permiso.

Asimismo, se deben utilizar las fuentes bibliográficas para complementar la información referente a la caracterización de los residuos, con la finalidad de contar con datos confiables y completos para su conocimiento y disponibilidad en caso de requerirse su consulta.

La norma oficial mexicana NOM-052-ECOL/93 en su Anexo 2, Tabla 1 proporciona la clasificación de residuos peligrosos por giro industrial y proceso. En esta Tabla se designa al petroquímico como uno de los giros específicos. A continuación se muestran los procesos generadores listados, sus residuos peligrosos correspondientes y las características de peligrosidad por medio de las siguientes claves: (C) corrosivo, (E) explosivo, (T) tóxico, (I) inflamable. Asimismo, se proporcionan las claves designadas por la norma citada para los residuos específicos.

Petroquímica.

Producción de acrilonitrilo

(T) polímero y catalizador usado de la purga de la torre de apagado. RP10.3.1/01

Producción de butadieno.

(T) Residuos de la deshidrogenación del n-butano. RP10.3.2/01

Producción de derivados clorados.

(C,T,I) Clorados intermedios provenientes del fondo de la columna redestiladora de monómeros de cloruro de vinilo. RP10.3.3/01

(C,T,I) Clorados pesados provenientes de los fondos de la columna de purificación de dicloroetano. RP10.3.3/02

Producción de acetaldehído.

(C,T,I) Crotonaldehído residual del corte lateral de la torre de destilación del proceso vía oxígeno. RP10.3.4/01

(C,T) Cloracetaldehído proveniente del fondo de la torre purificadora y torre lateral del proceso vía aire. RP10.3.4/02

Producción de estireno-etilbenceno.

(T) Catalizador con óxidos de hierro, cromo y potasio provenientes del reactor de deshidrogenación. RP10.3.5/01

Producción de percloroetileno

(T) Derivados hexaclorados provenientes de los fondos de la columna de recuperación de percloroetileno. RP10.3.6/01

Tratamiento primario de efluentes.

(T,I) Lodos de los separadores API y cárcamos. RP10.3.7/01

El procedimiento y criterios de caracterización de peligrosidad CRETIB son mostrados en la siguiente figura.

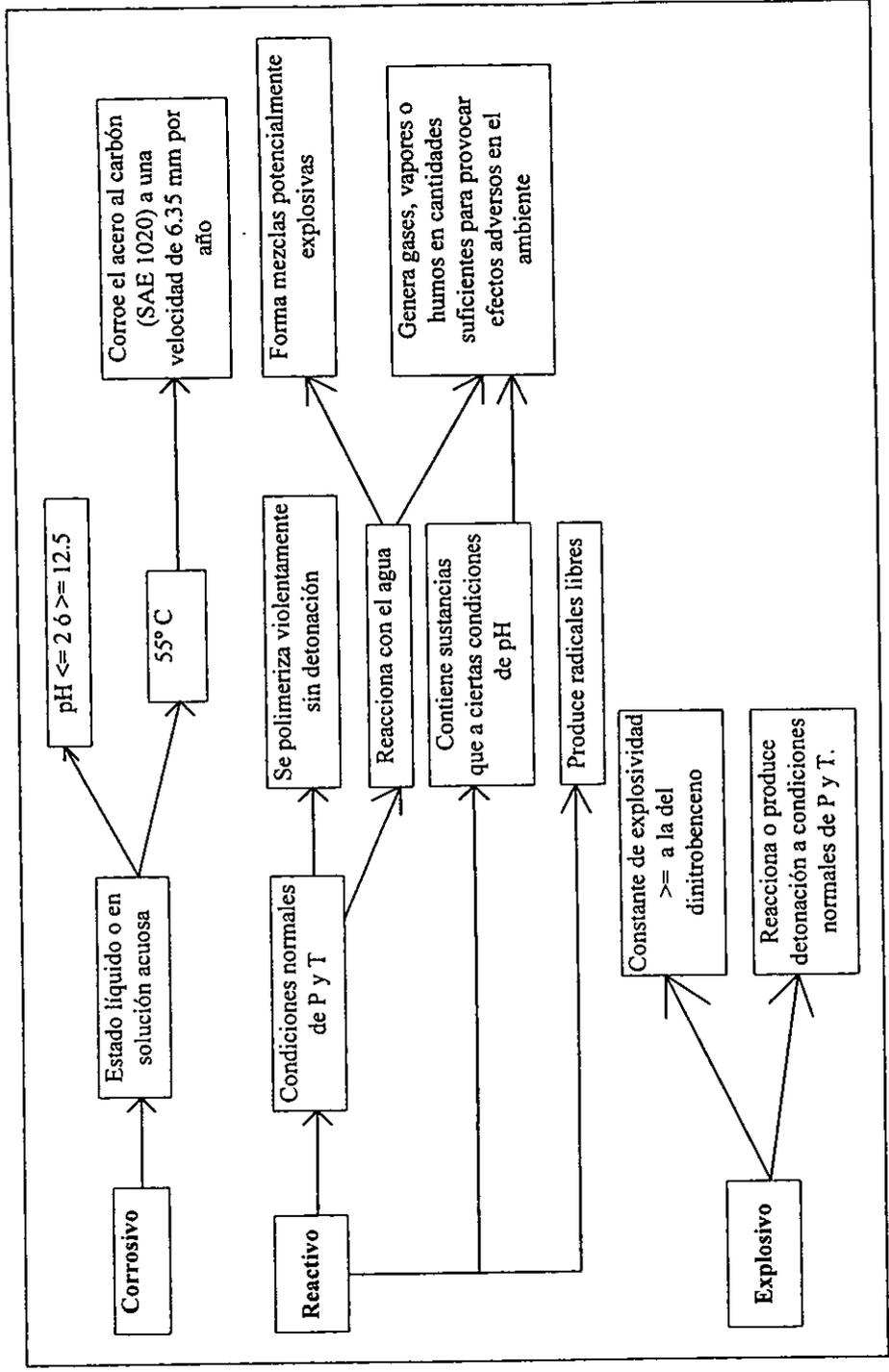
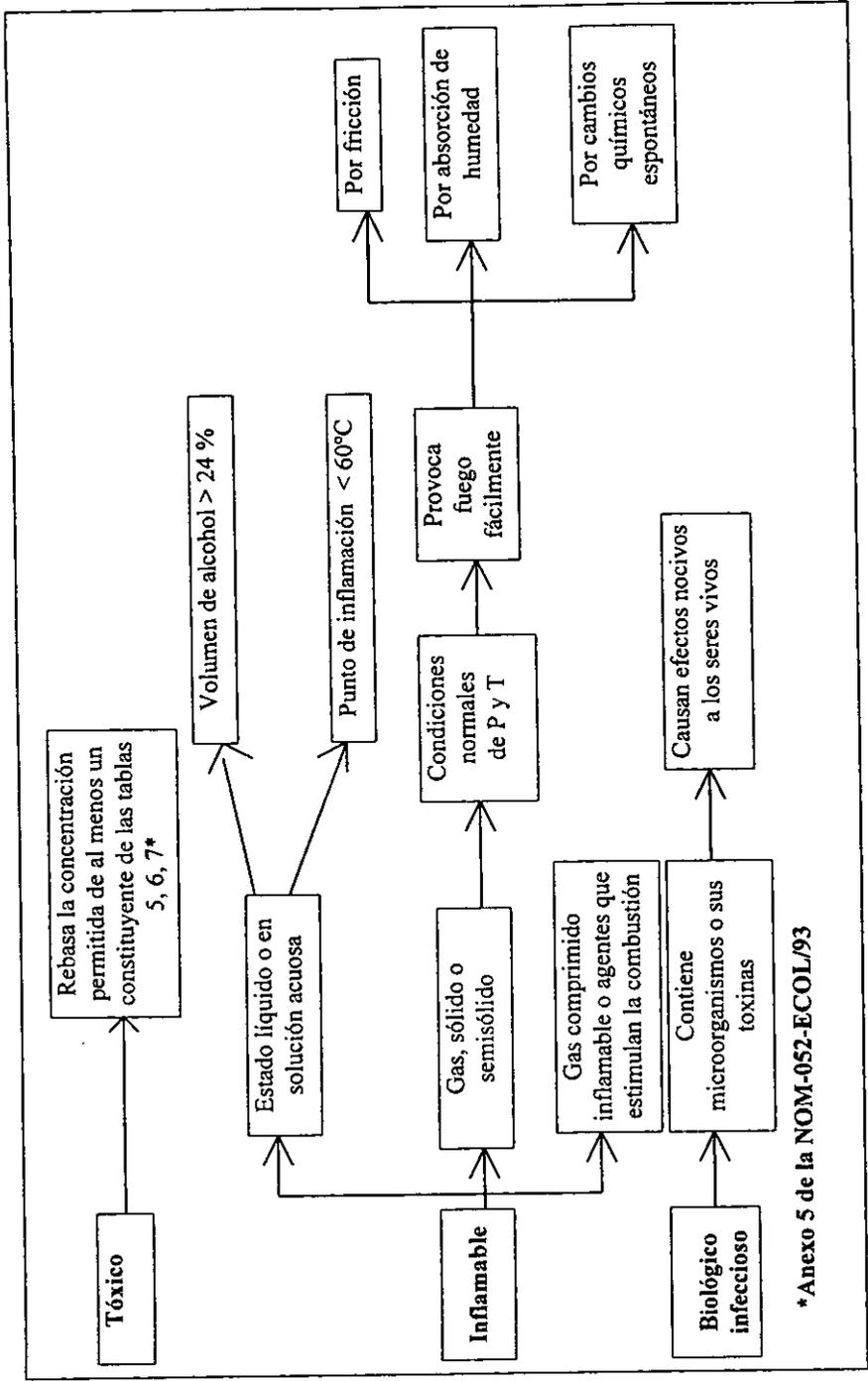


Figura 29. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS SEGÚN SU CLAVE CRETIB



* Anexo 5 de la NOM-052-ECOL/93

Figura (cont.). CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS SEGUN SU CLAVE CRETIB

4.4.1 Bifenilos policlorados.

Los bifenilos policlorados (BPC's) son una familia de compuestos comerciales, producidos por la cloración directa de bifenilo, los cuales están constituidos por dos anillos unidos de 6 carbonos en donde se sustituyen átomos de hidrógeno por cloro. Su producción comercial data de 1929^[33]. En la figura siguiente se muestra la estructura de algunos bifenilos policlorados.

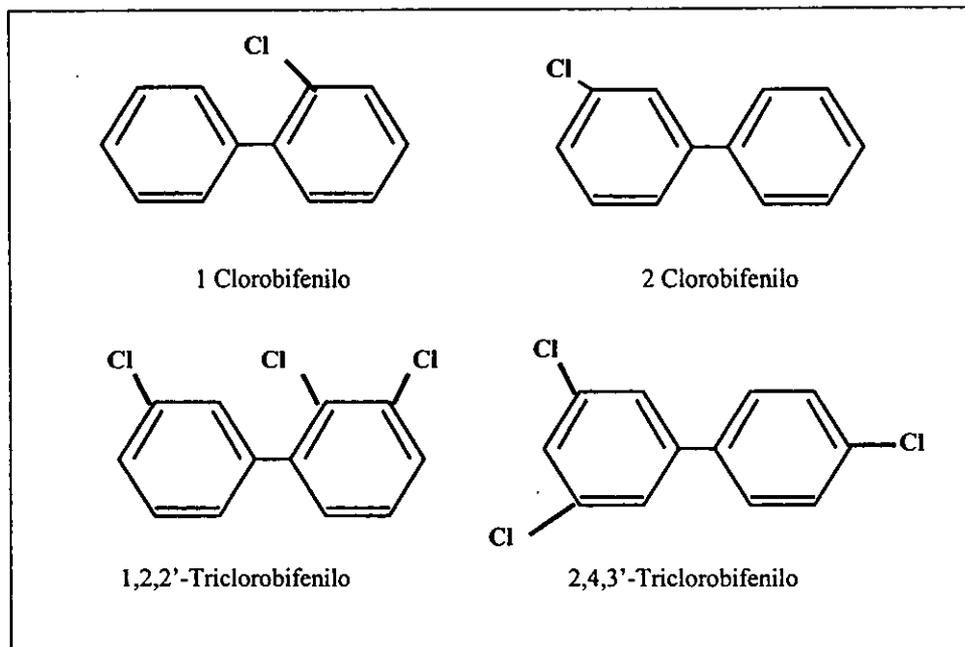


Figura 30. ESTRUCTURA DE ALGUNOS BIFENILOS POLICLORADOS

La excelente estabilidad térmica, química y biológica, además de su capacidad dieléctrica son propiedades que impulsaron la entrada de estas sustancias a la industria, donde fueron utilizadas principalmente en transformadores de voltaje, capacitores dieléctricos y lubricantes en sistemas hidráulicos entre otros. Desafortunadamente, las propiedades que hacen a los BPC's tan útiles son la causa de que estos compuestos permanezcan intactos aún después de usarse. Desde la década de 1960 empezó la preocupación por estas sustancias, cuando en diversos países se observó que estos compuestos estaban ampliamente distribuidos, eran muy persistentes y se estaban acumulando en el ambiente^[3].

En 1966 se reportaron en Suecia las primeras evidencias de bifenilos policlorados en el ambiente, y posteriormente en países europeos, Norteamérica y Japón. Tales hechos originaron gran preocupación en torno a estas sustancias, y sobre todo al tener conocimiento de algunos accidentes como el "Jusho

Oil Disease", donde más de 1500 personas fueron intoxicadas al consumir arroz contaminado con bifenilos policlorados^[29].

Ante tales consecuencias se suspendió la producción de estos compuestos en Estados Unidos de América, países europeos y Japón, entre los años de 1970 a 1973. No obstante cantidades significativas siguieron siendo introducidas al ambiente^[3].

En 1976 el Congreso de Estados Unidos de América promulgó el Acta para el Control de Sustancias Tóxicas, dirigida a la EPA (Agencia de Protección Ambiental) para el control de la manufactura, proceso, distribución, uso, disposición y etiquetado de bifenilos policlorados. Y es en 1978 cuando se prohíbe en general el uso de dichas sustancias en Estados Unidos, tiempo en el cual México realiza la mayor importación de bifenilos policlorados.

A nivel mundial se estima que desde 1929 se han producido 2 millones de toneladas, donde cerca de la mitad son de procedencia norteamericana. En el caso de México se desconoce la cantidad real de Bifenilos policlorados existentes, pero se ha manejado la cifra de 12 400 toneladas, de acuerdo a información obtenida de los principales generadores: Luz y Fuerza del Centro, Comisión Federal de Electricidad, Petróleos Mexicanos, Sistema de transporte Colectivo Metro, Ferrocarriles Mexicanos y las principales industrias del país.

Desde su aparición en la industria a la fecha, se sabe que varios cientos de millones de kilos han sido liberados al ecosistema incorporándose en la cadena alimenticia. La contaminación por bifenilos policlorados es tal, que han sido encontrados en aguas residuales, productos para el hogar, agua para beber y alimentos, principalmente en productos pesqueros. Además se ha encontrado en el tejido adiposo humano, constituyéndose en un riesgo para la salud, dado que existen evidencias de que puede ocasionar diferentes trastornos, desde cloracné hasta efectos mutagénicos y/o carcinogénicos^[10].

La importancia de la verificación de la existencia de bifenilos policlorados (BPC'S) en el caso de instalaciones petroquímicas, radica en que debido a las necesidades de energía eléctrica existentes en toda planta petroquímica, existen una o varias subestaciones eléctricas. Los transformadores, interruptores y capacitores eléctricos existentes pueden presentar estos compuestos en su interior.

Lo anterior puede deberse a dos causas; la primera consiste en que desde su fabricación, se halla utilizado algún producto a base de BPC's como dieléctrico en los equipos. La segunda causa consiste en que aunque los equipos no hallan contenido BPC's originalmente, puedan haberse contaminado durante las actividades de mantenimiento al aceite. Lo anterior ocurre cuando se hace pasar el aceite dieléctrico a través de un proceso de limpieza y depuración a base de resinas regenerativas. Cuando se hacen pasar dieléctricos contaminados a través de las resinas, éstas quedan embebidas y contaminadas con los mismos y si posteriormente se hace pasar dieléctrico no contaminado, se contamina entonces.

De acuerdo con la normatividad mexicana actual, como residuo, todo material que contenga BPC's en cantidad mayor a 50 partes por millón, debe ser considerado peligroso, por lo que en muchos casos, los aceites contaminados durante su mantenimiento se convertirán en residuos peligrosos una vez que salgan de operación.

Uno de los objetivos del trabajo de auditoría debe ser identificar y evaluar la posibilidad de existencia de bifenilos policlorados en la instalación, incluyendo la posible incidencia de almacenamiento de aceites dieléctricos contaminados con BPC's en almacenamiento en el centro de trabajo.

Independientemente de la información levantada con referencia a las especificaciones de construcción de los equipos y el mantenimiento dado a los mismos, es recomendable realizar pruebas de laboratorio al aceite dieléctrico de equipos seleccionados para tal fin (o de aceite usado en almacenamiento), con la finalidad de descartar la presencia de BPC's en el mismo. Esta prueba es diferente al análisis CRETIB y sirve exclusivamente para identificar la existencia de los BPC's comerciales más comunes. Las determinaciones se realizan por medio de cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Se considera importante aclarar que en el caso de que se identifique la presencia de BPC's en equipo en funcionamiento, esto no implica que los equipos deban ser sacados de operación, ni que el aceite deba ser cambiado. Por el contrario, se considera más seguro que no se cambie el aceite al equipo, dado que mientras permanezca en su interior permanece confinado (a menos que existan fugas), las acciones de manejo como residuo peligroso deberán ser implementadas una vez que el equipo termine su vida útil, o se requiera cambiar el aceite al mismo. No obstante lo anterior, se deben recomendar y adoptar medidas preventivas de señalización y restricción de acceso, en atención a la peligrosidad del contenido de los equipos.

4.4.2 Asbestos.

Los asbestos son minerales que se encuentran ampliamente dispersos por toda la naturaleza. Se les encuentra en suelo, ríos, lagos y océanos. Debido a sus propiedades físicas y sus características, las fibras de asbesto han tenido un campo muy amplio de aplicaciones comerciales en todo el mundo. Existen varios tipos de fibras dentro de los materiales conocidos como asbestos, entre estos se encuentran el crisotilo, amosita, antofilita y crocidolita.

No obstante su gran utilidad, se ha demostrado que la exposición al asbesto causa asbestosis localizada en el parénquima y que de forma especial el asbesto ocasiona alteraciones en la pleura. Se han descrito procesos fibrosantes crónicos, engrosamientos de la pleura, lesiones calcificantes y mesoteliomas.

La asbestosis fue descrita por primera vez como una fibrosis pulmonar primaria. El cáncer de pulmón relacionado con el asbesto ha sido descrito por muchos autores desde 1935. Existen dudas sobre la posible asociación entre el cáncer del aparato gastrointestinal o de la faringe y el asbesto^[6].

Se ha comprobado que entre los grupos de personas ocupacionalmente expuestas al asbesto se crean riesgos de salud que pueden resultar en asbestosis, cáncer de pulmón y mesotelioma. La incidencia de estas enfermedades se relaciona con el tipo de fibra, procesamiento industrial y dosis de fibra

Algunas de las aplicaciones de las fibras de asbesto son las siguientes:

- Balatas para frenos, debido a su resistencia térmica y sus propiedades de refuerzo que permiten frenar con seguridad.

- Recubrimientos asfálticos e impermeabilizantes con el objeto de lograr una homogeneidad y consistencia y mejorar la resistencia del producto a las altas temperaturas y la intemperie.
- Equipos de combate a incendios, en las telas que se usan como protección contra el fuego.
- Empaquetaduras, se requiere de una mezcla de materiales de hule resistente a las altas temperaturas y a los efectos corrosivos de los fluidos, para lo cual se usa el asbesto.
- Productos de asbesto-cemento, tales como lámina estructural, tuberías, tinacos, etc.
- Cubiertas aislantes para equipos y tuberías a altas temperaturas.

En lo referente a las instalaciones petroquímicas, el último rubro es el de mayor importancia, debido a que se han utilizado grandes cantidades de fibras de asbestos como aislantes de reactores, hornos, quemadores, calderas, y tuberías. Debido a que la preocupación por la peligrosidad del asbesto se identificó ya hace algunos años, se han ido reemplazando los materiales con contenido de asbesto por productos a base de lana mineral, perlitas expandidas u otros con propiedades adecuadas para aislar los dispositivos, accesorios y equipos, pero que no presentan la problemática de seguridad y salud que involucra el asbesto.

Debido a lo anterior, lo importante por verificar en la mayoría de las instalaciones petroquímicas en la actualidad es la posible generación de asbestos como residuos durante las actividades de mantenimiento y reemplazo de los materiales aislantes a equipos y accesorios.

En este sentido, se deben verificar los catálogos de los proveedores para determinar qué tipo de productos se emplean como aislantes. Asimismo, resulta primordial determinar en qué fecha se comenzó a eliminar el uso de asbestos, cómo se han manejado los residuos generados y si aún existen en las instalaciones residuos de asbestos usados o materiales sin usar que hallan permanecido como inventarios caducos.

Muchos de los empaques para juntas bridadas incluyen asbestos dentro de su fabricación, no obstante, no representan el mismo tipo de riesgo, dado que en los empaques, el asbesto se encuentra completamente aglutinado en los mismos y por tanto no es factible su desprendimiento como fibra. La normatividad marca que solamente se considera peligroso al asbesto cuando se encuentra en forma friable, es decir que sea posible desmenuzarlo, como en el caso de las medias cañas utilizadas para aislar tuberías, o de las capas aislantes utilizadas para aislar superficies de calderas y reactores.

La importancia de la verificación de la existencia de asbestos en la instalación radica en la actualidad, en establecer si los mecanismos de manejo de los residuos generados y del material en sí, permiten garantizar la seguridad del personal durante su manejo, así como verificar las condiciones de almacenamiento y control.

Debe llamarse la atención sobre el hecho de que aunque en el caso de los empaques, que tal como se mencionó, no presentan peligrosidad inmediata, a pesar de contener asbesto, si no se manejan adecuadamente, pueden constituirse en otra fuente de riesgo. En atención a lo anterior, no se deben raspar o someter a abrasión sistemática, debido a que existe la posibilidad de que puedan liberar fibras de asbesto. Debido a esto, las recomendaciones resultantes de la auditoría deben incluir este aspecto, en prevención de posibles incidentes.

En el caso del asbesto, como ocurre con los BPC's, puede resultar poco claro para el auditor identificarlos como residuos posibles en las instalaciones petroquímicas, en las que son mucho más visibles los subproductos no deseados y residuos conformados por diversas sustancias químicas directamente relacionadas con los procesos desarrollados en las instalaciones, y no los materiales generados durante labores de mantenimiento.

No obstante, estos materiales pueden generarse en cantidades significativas, por lo que deben constituir otro de los puntos obligatorios para su verificación durante la auditoría.

4.5 Contaminación del Suelo.

La contaminación al suelo es una de las consecuencias más graves ocasionadas por las actividades industriales y por ende, uno de los aspectos más importantes dentro de la evaluación de los trabajos de auditoría. En general, la contaminación al suelo puede ser definida como un cambio perjudicial⁽⁹⁾ en sus características físicas, químicas y/o biológicas. Dicho cambio puede afectar o afectará nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, animales o vegetales y puede malgastar o malgastará y deteriorará los recursos de materias primas. Los elementos contaminantes son los residuos de las cosas que se fabrican o los subproductos generados durante los procesos de manufactura y también las infiltraciones (voluntarias e involuntarias) de sustancias hacia el suelo.

Todo suelo tiene cierta capacidad para recibir determinada cantidad de contaminantes sin sufrir consecuencias graves o permanentes, sin embargo, una vez rebasada dicha capacidad, los contaminantes ocasionan modificaciones y deterioro en los procesos naturales de los suelos. La forma en la cual los contaminantes depositados, adicionados o infiltrados afectan los procesos naturales de los suelos es muy variada y se manifiesta de distintas formas.

La adición de sustancias altamente tóxicas y/o corrosivas afecta indiscriminadamente a las plantas y animales que viven en y del suelo, modifica sus características fisicoquímicas, y favorece la desertificación al largo plazo.

Otras sustancias no tienen efectos graves a corto plazo, no obstante pueden ocasionar problemáticas de tipo retardado, cuando se evidencian las consecuencias de su incorporación paulatina al suelo. En ocasiones afectan selectivamente a ciertas especies animales o vegetales, en detrimento de otras, afectando de esta forma el equilibrio natural preexistente.

En todo caso, lo primordial es que este patrón representa un cuadro de afectación al suelo, afectando de esta forma las condiciones preexistentes, comprometiendo el uso presente y futuro del área en cuestión y ocasionando una disminución en la calidad de vida.

Como se sabe, la falta de infraestructura y de servicios para el manejo adecuado de residuos, así como la inexistencia de políticas y filosofías de prevención de contaminación al suelo han propiciado prácticas ineficientes de gran impacto ambiental. Las consecuencias ambientales abarcan desde la afectación a especies vegetales y animales, deterioro de la salud de las personas y la inutilización de acuíferos, así como la afectación de cadenas tróficas a través de los procesos de bioacumulación.

Durante décadas de desarrollo industrial se han acumulado pasivos muy importantes que se manifiestan en sitios y áreas en donde se han depositado residuos peligrosos y no peligrosos sin ningún tipo de control.

Tradicionalmente, desde el inicio del proceso de industrialización en México, la industria petroquímica ha producido cantidades muy grandes, pero muy difíciles de cuantificar de residuos. En muchos casos, éstos han sido depositados abiertamente en el suelo sin ningún tipo de control. Esto ha planteado importantes riesgos a la población o bien generado riesgos de contaminación de acuíferos por lixiviación de contaminantes.

La tarea del auditor en esta materia consiste en detectar toda posible fuente de contaminación al suelo, evaluar la posible afectación y establecer una perspectiva real de la magnitud de la problemática.

4.5.1 Contaminación del suelo y subsuelo.

A estas alturas, el auditor se encuentra con una de las situaciones más difíciles del proceso de auditoría. En general, el personal del centro de trabajo auditado niega tener ninguna referencia sobre el manejo dado a los residuos en épocas pasadas. Lo mismo ocurre con el sepultamiento de residuos en el predio. Esto puede tener una parte de razón, debido a que en el pasado no se documentaba ni se tenía un control formal sobre las operaciones de manejo de residuos. Por esto, personal de reciente ingreso no tiene forma de conocer mucha de la información que resulta importante para el auditor.

No obstante, puede llegarse a presentar que aún conociendo algunas partes de la información relativa a la disposición histórica (sepultamiento) de residuos en el predio, esto no sea dado a conocer al grupo auditor por el personal del centro de trabajo, debido a que existe la inquietud de que se apliquen represalias por parte de la directiva del centro de trabajo, en caso de determinarse afectaciones serias, que provoquen una situación muy comprometida para la empresa. En muchos casos, lo anterior no tiene ninguna base real (aunque puede llegar a ser éste el caso), sin embargo, puede llegar a ejercer una influencia bastante negativa para el trabajo de auditoría.

En este caso, el auditor en materia de contaminación al suelo y aguas subterráneas debe tratar de romper esa barrera por medio de la explicación clara y completa de los alcances que tiene la auditoría, así como del hecho de que en el informe respectivo solamente se incluirá información que se encuentre debidamente sustentada y técnicamente validada, con lo cual se evita subjetividad en el contenido o la necesidad de personalizar el origen de las fuentes de información.

Asimismo, es necesario tratar de transmitir la idea, tanto al personal representante designado para atender la auditoría, como a todo el personal entrevistado, y a la directiva del centro de trabajo de que la auditoría ambiental constituye una oportunidad inmejorable de establecer un punto y aparte para la situación legal-ambiental de la empresa. La concepción básica de la auditoría no es la de establecer castigos al centro de trabajo debido a la afectación causada al ambiente o por la falta de cumplimiento con disposiciones legales en materia ambiental, sino más bien, proporcionar la oportunidad de dar un giro a la situación, identificando prácticas susceptibles de ser mejoradas, obligaciones pendientes en su cumplimiento y aspectos no atendidos que requieren solución.

Por supuesto que todo lo anterior involucra una inversión para su implementación, aspecto que en el caso de afectaciones al suelo, subsuelo y aguas subterráneas, puede significar una erogación bastante considerable, sin embargo se trata de acciones que se tienen que realizar de cualquier forma, debido a que independientemente de que una problemática existente no sea identificada durante la auditoría, la contaminación al suelo es uno de los fenómenos que eventualmente se evidenciará, ya sea por afectación a la vegetación, por impacto al ecosistema en general, a las características del terreno o por la contaminación de aguas subterráneas, sin olvidar los riesgos al personal y a la población circundante.

Debido a esto, es mejor que sean las acciones correctivas sean ejecutadas cuanto antes, en atención a los riesgos que puede involucrar esta problemática.

La identificación de las fuentes de afectación al suelo y subsuelo es una labor que tiene varias componentes. La información obtenida a través de los procedimientos de auditoría aplicados constituye el primer paso en esta materia. Todos los datos con los que cuente y proporcione el centro de trabajo en lo concerniente a sitios de almacenamiento y disposición antigua de residuos, así como estudios geológicos, planos de niveles y conformación del terreno en el cual se ubica la planta sirven como base para la búsqueda del auditor.

Del análisis de la información proporcionada, pueden identificarse puntos específicos que sean susceptibles de presentar afectaciones, los cuales deberán ser visitados durante el desarrollo de las inspecciones en campo.

Cuando se trata de instalaciones antiguas o que han ido cambiando su conformación a través del tiempo, los planos proporcionan información muy valiosa, especialmente si se pueden consultar los planos iniciales y los que han ido generándose durante la vida de la planta. Por lo general, dado que no existía una reglamentación ni vigilancia adecuadas al respecto, el almacenamiento temporal de residuos, así como el sepultamiento de los mismos, se realizaba en zonas perimetrales cercanas al predio y de hecho, la mayoría de las veces dentro de él. Por esto, el análisis de los planos históricos debe realizarse identificando cual ha sido el comportamiento en el crecimiento de las zonas de proceso y administrativas, ubicando con esta información los sitios más apropiados para las zonas de almacenamiento y disposición histórica de residuos, las cuales a su vez, constituyen puntos de interés por su alta probabilidad de presentar afectaciones.

Lo anterior, se realiza ubicando los procesos que generan, o han generado cantidades considerables de residuos, e identificando las zonas más apropiadas para su almacenamiento y disposición histórica. Por lo general, se prefería ubicar estas actividades separadas de las zonas administrativas y de las áreas de acceso o estancia de visitantes.

Asimismo, el análisis de planos de niveles permite identificar cambios en la conformación, del terreno, los cuales pueden deberse a relleno con material utilizado para tal efecto, como cascajo u otros tipos de elementos no contaminantes. Sin embargo también puede evidenciar la realización de actividades de sepultamiento de residuos.

El análisis en campo de las condiciones de almacenamiento de residuos proporciona información adicional. Si se encuentra que se almacenan líquidos en una zona sin techar, por ejemplo en tambores u otro tipo de recipientes sin tapa, sobre suelo natural, puede suponerse que es bastante factible la ocurrencia de derrames debido al manejo de los envases y a salpicaduras durante época de lluvias.

Otra de las situaciones que deben atraer la atención del auditor, es la existencia de almacenamiento de residuos sólidos a granel en áreas descubiertas. Esto, porque es necesario determinar si los residuos almacenados pueden causar lixiviación, es decir arrastre de elementos contaminantes durante el paso de líquidos a través del mismo, como es el caso de ocurrencia de lluvias y sucesos similares. Por supuesto, en este caso también debe analizarse el tipo de terreno en el cual se encuentra almacenado el material.

En el caso de que los residuos sean almacenados temporalmente en sitios que cuentan con protección para el terreno, por medio de alguna clase de piso, como pueden ser planchas de concreto, se deben buscar evidencias de grietas y fallas en el terreno, debido a que éstas constituyen vías para la incorporación de contaminantes al suelo. Asimismo, en caso de contarse con sistema de drenaje en las áreas, conviene verificar el estado del mismo, así como su continuidad, debido a que en ocasiones, en la trayectoria del mismo, existen grietas que permiten el paso de contaminantes.

Por otra parte, la existencia de zonas de almacenamiento de residuos con terreno protegido no constituye una prueba definitiva de que no pueda presentar afectación, aunque la cubierta no presente fisuras o vías de incorporación de contaminantes, ya que debe averiguarse cual es la antigüedad de la práctica de almacenamiento de residuos en ese sitio y cuando se instaló el material de cubierta. Antes de la instalación de la cubierta, puede haber transcurrido una cantidad de tiempo, con el consiguiente riesgo de ocurrencia de fugas y derrames.

Hasta aquí, pueden identificarse los siguientes indicios de vías de contaminación al suelo debido almacenamiento y disposición histórica de residuos.

- ⇒ Almacenamiento de residuos en zonas no techadas.
- ⇒ Almacenamiento de residuos líquidos en recipientes sin tapa o en condiciones que propicien fugas y derrames.
- ⇒ Almacenamiento de residuos sobre suelo natural.
- ⇒ Almacenamiento de residuos sólidos que pueden producir lixiviados a granel y a la intemperie.
- ⇒ Existencia de fisuras, grietas o fallas en el piso en zonas de almacenamiento de residuos.
- ⇒ Falta de continuidad y existencia de grietas y fallas en drenajes en la zona de almacenamiento de residuos.
- ⇒ Existencia de material de relleno (materiales no autóctonos de la zona) en el suelo de la instalación, por el posible sepultamiento de residuos.
- ⇒ Confirmación de prácticas de sepultamiento histórico de residuos en el predio.

Además del almacenamiento y/o sepultamiento de residuos como fuentes de infiltración de contaminantes al suelo, existe otra vía, que puede ocasionar deterioro de las condiciones del suelo y subsuelo. Esta se constituye por la existencia de fugas en tuberías, recipientes o dispositivos de proceso, almacenamiento y servicios en la instalación.

Este puede ser un aspecto bastante difícil de detectar, ya que las fugas no siempre son evidentes ni se presentan en puntos accesibles para su observación. Por otra parte, no siempre se puede detectar con suficiente certeza la existencia de fugas localizadas, especialmente cuando se manejan grandes cantidades de fluido y la fuga involucra apenas goteo.

Por ejemplo, si se piensa en un tanque de almacenamiento de 50,000 m³ de capacidad, es decir 50,000,000.00 litros es bastante difícil que se pueda detectar una infiltración de 0.0001 litros por segundo. No obstante, una infiltración de esta magnitud significa que en una hora se habrán incorporado al suelo 0.36 litros, al término de un día la cantidad será de 8.64 litros, en un mes, 259.20 litros, lo cual significa que en un año, la cantidad de 3,110.40 litros se habrán incorporado al suelo. Si se supone una antigüedad en la existencia de la fuga de 20 años, la cantidad total de material vertido al suelo, será de más de 62,000.00 litros, más de 62 m³ de contaminante, los cuales dependiendo del tipo

de terreno y otras condiciones, pueden requerir para estabilizarse, una cantidad equivalente a veinte veces el mismo volumen de suelo. En otras palabras se puede ocasionar la contaminación de aproximadamente 1,240.00 metros cúbicos de suelo. Y todo lo anterior, a partir de una fuga de la décima parte de un mililitro por segundo.

Por supuesto que existen varias circunstancias que habrán de tomarse en cuenta antes de poder determinar que todo el contaminante vertido se ha estabilizado en el terreno, sin embargo el ejemplo anterior no pretende más que ilustrar las proporciones que puede adquirir la problemática ocasionada por una fuga en una planta petroquímica, independientemente de la magnitud de la fuga que se trate.

La cuestión de cómo buscar indicios de fugas en una planta petroquímica (o en cualquier instalación industrial) tiene que ver con muchas circunstancias específicas en cada planta. No es posible establecer técnicas fijas para todos los casos, sin embargo, a continuación se presentan algunas consideraciones útiles.

En caso de que la instalación cuente con reportes de pruebas de fugas en tanques, es necesario analizar los resultados de los mismos, buscando evidencias de fugas en el pasado. Es necesario analizar con visión crítica estos reportes, dado que los resultados dependen en alguna medida de la pericia de los técnicos que realizan las determinaciones. Por otra parte, es necesario recordar que fugas de dimensiones casi despreciables desde el punto de vista cuantitativo para fines de balances de proceso, pueden ocasionar problemáticas gigantescas desde el punto de vista de contaminación al suelo. No obstante, estos reportes pueden ser muy útiles para el auditor; desafortunadamente no siempre es posible contar con los mismos, debido a que en ocasiones no se han realizado, o no se tiene constancia de los mismos.

Otra área de interés para la búsqueda de fugas es la transportación de fluidos por tuberías. En el caso de tuberías aéreas, debe verificarse cual es el estado aparente de las mismas, de las bridas, codos, uniones, empaques, y todos los accesorios, con la finalidad de verificar la posible existencia de fugas. De igual forma puede obtenerse información en las bitácoras de mantenimiento, donde se debe buscar si existe un área particularmente involucrada en la reparación de fugas frecuentes, en cuyo caso puede haberse ocasionado una afectación al suelo.

En el caso de tuberías subterráneas, debe verificarse cual es el estado de la protección mecánica y catódica de las tuberías y al igual que en el caso previamente descrito, se debe verificar la información existente en las bitácoras de mantenimiento.

Como puede verse, esta es una de las áreas en las cuales la auditoría en materia de contaminación al suelo debe interaccionar con otros segmentos (particularmente la auditoría en materia de riesgo y proceso), para compartir información de común interés.

En lo que respecta a la inspección en campo, es recomendable realizar una inspección lo más detallada posible del predio. Esta inspección debe realizarse teniendo en mente lo encontrado en los planos proporcionados. Los puntos de interés iniciales deberán ser aquellos que presenten circunstancias que permitan suponer la posibilidad de afectaciones al suelo, entre los que se pueden mencionar:

✓ Sitios en los que se ubicaron históricamente tanques de almacenamiento y recipientes de sustancias.

- ✓ Sitios históricos de almacenamiento de residuos.
- ✓ Sitios de sepultamiento histórico de residuos.
- ✓ Areas en las que se identifiquen cambios en el nivel de terreno, de acuerdo con el análisis del plano de niveles.
- ✓ Areas en las que se manejen productos líquidos sobre terreno natural.

No obstante, es recomendable realizar un recorrido general, abarcando toda la extensión del predio ocupado por el centro de trabajo auditado. En este recorrido se llegan a encontrar puntos de acumulación clandestina de residuos, particularmente en las zona perimetral del predio. Por supuesto, en caso de detectarse este tipo de situaciones, se trata de deficiencias en el manejo de residuos, pero como por lo general se realizan sobre terreno natural, también pueden involucrar riesgos de contaminación al suelo.

Asimismo, pueden encontrarse evidencias de afectación al suelo mediante la observación de la vegetación en los terrenos del centro de trabajo. De hecho lo anterior llega a realizarse de forma sistemática utilizando la observación e interpretación de "biotestigos", que son los vegetales en los cuales se identifican afectaciones que pueden ser atribuidas a la presencia de contaminantes en el suelo y subsuelo.

Es necesario aclarar que para la aplicación de esta técnica en toda su amplitud, se requiere de la participación de especialistas que conozcan el tipo de vegetación existente, su ciclo de vida, su vulnerabilidad al tipo de sustancias manejadas en el centro de trabajo, su morfología y aspectos tales como el tipo y profundidad de las raíces que presentan, la forma en que se evidencia la afectación y muchos otros factores que hacen que esta técnica no sea simple en su aplicación. Dado que por lo general las auditorías ambientales tienen alcances más limitados, es difícil que esta técnica se aplique de manera formal con frecuencia.

No obstante, la simple observación proporciona información muy útil al auditor, sin tener que llegar al grado de detalle previamente descrito. En general, la existencia de zonas que presenten deterioro visible en la vegetación permite suponer la ocurrencia de sucesos que han afectado al suelo. Por lo tanto, toda zona identificada en estas condiciones deberá ser inspeccionada y se deberá recabar toda la información necesaria para determinar su posible vinculación con sucesos de afectación al suelo.

Debido a que como se ha mencionado, frecuentemente existe inquietud por los resultados de la auditoría entre los directivos y el personal de las instalaciones auditadas, las zonas con evidencias de afectaciones al suelo constituyen una de sus fuentes más obvias de preocupación. En ocasiones en un intento de mejorar la apariencia general de la instalación, previo a la realización de la auditoría se realizan operaciones de mantenimiento y limpieza general, además de la habilitación de áreas verdes.

Lo anterior es completamente explicable, sin embargo, llega a ocurrir que las áreas verdes se instalen en sitios donde la afectación al suelo es más evidente, en un intento por disimular esta situación, por lo que deberá prospeccionarse con mucho detalle toda área verde de reciente generación que se identifique en el predio.

Asimismo, pueden detectarse puntos de posible afectación en las zonas cercanas a sitios tales como fosas de neutralización, por problemáticas relacionadas con la generación de escorias y lodos. En el

pasado, debido a malas prácticas, falta de procedimientos y a la inexistencia de regulación efectiva en la materia, el depósito de dichos lodos y escorias en la cercanía de su punto de generación era una práctica común.

Resulta muy útil aplicar elementos de geología y geofísica en este segmento de auditoría. Para tal efecto, se debe contar con profesionales en estas áreas que puedan obtener e interpretar la información útil para determinar la posibilidad y extensión de la afectación al suelo y subsuelo en la instalación.

Para aplicar este tipo de elementos se requiere determinar la geología del área de estudio, así como su comportamiento superficial y el tipo de características de los materiales presentes, así como sus propiedades granulométricas predominantes por cada estrato.

Para tal efecto, se debe consultar en la información bibliográfica de la zona, la geohidrología del manto acuífero con posibilidades de ser afectado por contaminantes presentes en el centro de trabajo.

Para establecer la presencia de contaminantes en el subsuelo de las instalaciones se inicia con una inspección visual para la identificación de fuentes superficiales de infiltración, tomando en cuenta aquellos sitios en donde histórica y/o actualmente se encuentran compuestos desplantados en la superficie del terreno así como también drenajes y fosas de separación de hidrocarburos cuyo deterioro estructural pudiera provocar la presencia de posibles infiltraciones al subsuelo. A partir de esto, se identifican las fuentes principales de infiltración de contaminantes al suelo.

Se requiere determinar la distribución de las capas en el subsuelo, con la finalidad de caracterizar y reconocer las características propias de cada estrato. Una de las características más significativas al respecto es la permeabilidad existente en el suelo y subsuelo infrayacente a las fuentes generadoras de infiltración identificadas ya que esta información permitirá establecer el posible avance de una pluma contaminante, considerando el tiempo de exposición y capacidad de inmovilización de contaminantes del suelo.

Existen además técnicas geofísicas que permiten la prospección indirecta del terreno. Este tipo de técnicas permiten determinar la presencia de materiales extraños en los estratos inferiores del terreno, antes de realizar excavaciones o análisis fisicoquímicos. De esta forma, esta información puede servir como sustento para la ubicación de puntos para excavación y obtención de muestras para su análisis, así como para la ubicación de pozos de monitoreo de agua subterránea. Por lo tanto, la aplicación de estas técnicas permite complementar el marco informativo en lo referente a la afectación al suelo. No obstante, como evidencia final, casi siempre se requiere la obtención y análisis de muestras para confirmar los datos arrojados por las determinaciones indirectas.

Cabe aclarar que la técnica aquí recomendada no es aplicada en todas las auditorías ambientales y existen otras herramientas directas e indirectas que pueden ser empleadas, sin embargo, este método se recomienda debido a que su aplicación en campo es extremadamente sencilla, rápida y tiene un potencial de utilización y utilidad bastante considerable. Se aclara también que no obstante la sencillez de la aplicación del método, su concepción y los elementos técnicos para su interpretación no son tan simples y se requiere de la intervención de un especialista, fundamentalmente un ingeniero geofísico para su aplicación y correcta interpretación de resultados.

La técnica de prospección geofísica ambiental recomendada se basa en el levantamiento de sondeos geoelectrónicos, los cuales tienen la función de medir la distribución vertical de resistividades a partir de un punto de la superficie del terreno. La resistividad eléctrica es la dificultad de transmisión de corriente a través de un cuerpo. Se trata de una propiedad física de los materiales que se aprovecha para la identificación de zonas contaminadas, ya que el suelo al encontrarse saturado de contaminantes previamente caracterizados eléctricamente, adquiere rangos de resistividad característicos.

Basándose en este principio, es posible identificar la existencia de comportamientos anómalos en los terrenos contaminados, ya que la presencia de materiales de diferentes características eléctricas a los autóctonos de la zona, ocasiona divergencias en la respuesta de los diferentes estratos ante la aplicación de corriente eléctrica.

Una de las formas para la aplicación de esta técnica consiste en colocar cuatro electrodos en línea recta y a distancias iguales. Los dos electrodos exteriores se conectan en serie con un juego de baterías y un miliamperímetro. Entre los dos electrodos interiores se conecta un potenciómetro para medir el voltaje. Para determinar la resistividad del terreno, se mide en el miliamperímetro la corriente que fluye de la batería y se transmite por el terreno entre los electrodos exteriores o de corriente. Al mismo tiempo, se mide con el potenciómetro el voltaje entre los electrodos internos o de potencial. De la separación entre los electrodos, la medición de corriente y la del voltaje se puede hallar el valor de la resistividad del terreno comprendido entre los electrodos. El arreglo descrito puede verse en la figura siguiente.

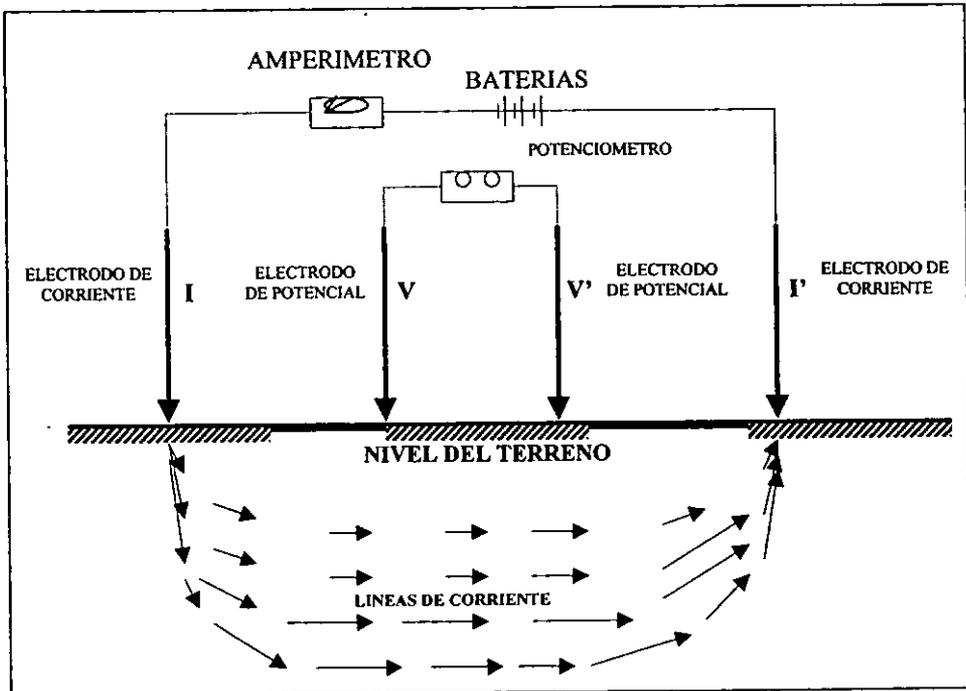


Figura 31. LEVANTAMIENTO DE RESISTIVIDADES EN EL TERRENO

Cuando el método se utiliza para medir la resistividad a distintas profundidades en un punto dado, se aumenta progresivamente la distancia entre los electrodos. Al aumentar la distancia entre los electrodos, la corriente penetra a una mayor profundidad. Asimismo, puede medirse la resistividad en distintos puntos a lo largo de un estrato, o perfil, para una profundidad dada. En este caso, los electrodos se mantienen a una distancia constante moviéndolos en conjunto a lo largo de una línea recta.

De esta forma, por medio de los resultados de la determinación se puede establecer si existen materiales extraños en el subsuelo. En general, las características de los diferentes estratos del subsuelo no varían de forma drástica de un horizonte al otro. Más bien existe cierta continuidad en las propiedades, aunque efectivamente existen diferencias entre cada estrato. Sin embargo, ante la presencia de contaminantes (u otro tipo de materiales no naturales en el suelo), el comportamiento de la resistividad eléctrica suele ser bastante diferente al de los materiales autóctonos de la zona. Esta circunstancia permite identificar su presencia con relativa facilidad por este método.

Por ejemplo, entre los contaminantes al suelo más frecuentemente encontrados en instalaciones petroquímicas están los hidrocarburos. La presencia de hidrocarburos en las zonas donde se aplican sondeos geoelectrónicos casi siempre ocasiona un aumento muy considerable en la resistividad del terreno, debido a su comportamiento no polar. Es decir, la gran mayoría de los terrenos naturales presentan una resistividad mucho menor cuando no existen hidrocarburos en ellos.

Asimismo, el cambio súbito en el comportamiento eléctrico de los diferentes estratos puede ser indicativo de la presencia de contaminantes en la zona donde se detectó la transición, debido a que como se comentó antes, los comportamientos de los estratos presentan un comportamiento gradual o en todo caso mucho menos irregular que ante la presencia de contaminantes. Cabe mencionar también, que este método no es nuevo y que ha sido utilizado en investigaciones de ingeniería civil, minería y geología desde hace tiempo. La aplicación a la rama de ingeniería ambiental ha sido una de las aportaciones de la geofísica.

La aplicación de estas herramientas, junto con la evaluación de toda la información obtenida durante los recorridos en campo y el análisis de la información recibida, permite realizar la caracterización de una pluma de contaminantes en el suelo y subsuelo de la instalación. En esta caracterización, se establece cuáles son las fuentes generadoras (o específicamente sus ubicaciones) y el comportamiento que, a partir de esta fuente, siguen los contaminantes.

Una vez que se ha recopilado la información requerida, todos los elementos mencionados deberán conjuntarse para seleccionar los puntos de toma de muestras de suelo para confirmar los resultados y obtener mayor sustento, principalmente para la emisión del dictamen.

Los análisis de suelo deberán realizarse considerando de manera muy específica los contaminantes que se originan en el centro de trabajo, o que se generaban antiguamente, para determinar si efectivamente las actividades del centro de trabajo han ocasionado la afectación detectada. Por ello, los parámetros a analizar deberán contemplar esta situación.

Una vez que se ha realizado la selección y ubicación exacta de los puntos de muestreo de suelos para su monitoreo y se han seleccionado los parámetros de interés, se procede a la toma de muestras en los

puntos seleccionados. Esto debe realizarse por personal entrenado y con conocimiento amplio en todos los aspectos relacionados con las incidencias y requerimientos propios del muestreo de suelos.

En el caso del muestreo de suelos, es crítico que se tomen todas las precauciones para que los resultados sean representativos de las condiciones imperantes en el área muestreada. El papel del auditor en este caso abarca desde la selección del laboratorio, hasta la verificación de que el muestreo se realice en condiciones óptimas para no afectar la representatividad de la muestra más de lo estrictamente necesario. Debe vigilarse el correcto llenado de las hojas de control ("cadenas de custodia"), que identificarán a cada muestra y que indicarán al analista qué parámetros deben ser analizados, la fecha de realización del muestreo, las condiciones que se guardaron para la preservación de la muestra, etc. Asimismo, debe verificarse que los envases en los que se contengan las muestras se encuentren completamente limpios y correctamente etiquetados (con la misma clave que se utilice en la "cadena de custodia") y que sean de materiales inertes para la muestra. De igual forma, se debe vigilar que todos los implementos, tales como palas y perforadores se encuentren completamente limpios y sean periódicamente enjuagados durante el muestreo.

Lo anterior es de importancia fundamental en ciertos parámetros que son extremadamente sensibles a las condiciones externas y cuyos resultados durante el análisis se ven fácilmente afectados por situaciones dadas durante el proceso de monitoreo, comprometiéndose de esta forma la confiabilidad y utilidad de los valores obtenidos. Por ejemplo, en el caso de parámetros tales como los compuestos orgánicos volátiles (COV's), es indispensable sellar el envase tan pronto como se ha tomado la muestra y preservarla a temperatura baja mientras es trasladado al laboratorio, siendo además muy importante abreviar lo más posible el tiempo de llegada, todo lo anterior para afectar lo menos posible la representatividad de la muestra.

Es importante recordar que el muestreo de suelos debe constituir la conclusión del trabajo en campo, o al menos el mecanismo para confirmar las suposiciones realizadas por el auditor con base en sus observaciones, la información obtenida durante las entrevistas y el análisis de la información documental proporcionada por el centro de trabajo auditado, por ello es importante que se extremen las precauciones para que la información obtenida sea confiable. Además, regularmente existen limitaciones prácticas que no permiten realizar todos los muestreos que se desean, por esto es que la ubicación de los puntos a muestrear debe optimizarse de forma que la información obtenida sea lo más útil y representativa posible.

Existen alternativas para la caracterización de los contaminantes presentes en el suelo, tales como la toma de muestras de agua en la zona de saturación. Este método, cuando se aplica para la caracterización de contaminantes en el suelo, presenta el inconveniente de que los resultados se encuentran muy influidos por los mecanismos de transferencia de masa. Por otra parte, el muestreo de gases, tanto pasivo como activo, se basa en la recolección de muestras en estado gaseoso con las que se construyen mapas con los niveles de contaminación de un determinado lugar. Aunque estas técnicas permiten obtener información muy importante para la determinación de las características de la pluma contaminante, casi siempre se requiere del muestreo directo del terreno para confirmar los resultados obtenidos por medio de estas técnicas, debido a que todas se basan en principios indirectos para la determinación de los contaminantes presentes en el suelo.

En lo concerniente a la evaluación de los resultados obtenidos mediante los análisis realizados a las muestras, este es otro punto crítico y difícil para el auditor. Baste recordar que actualmente no existe en nuestro país ningún criterio oficial que fije los límites máximos permisibles de contaminación en suelo para ningún parámetro.

Existen sistemas recomendados para realizar la evaluación de la exposición, fundamentalmente humana a sitios que presentan contaminantes peligrosos^[32]. Estos sistemas recomiendan una serie de medidas que permiten evaluar las precauciones requeridas, las acciones prioritarias y en ocasiones, los valores máximos a los cuales deben estar presentes determinados contaminantes para prevenir la afectación a las personas y sus bienes, dependiendo de las actividades predominantes que se tengan o se proyecten en un área determinada.

No obstante, en general, estos sistemas han sido elaborados por instituciones de investigación o agencias ambientales extranjeras, por lo que no siempre tienen aplicabilidad en el medio y bajo las condiciones mexicanas. Por otra parte, la realización de estudios de este tipo trasciende por mucho los alcances de una auditoría ambiental, debido a que involucra actividades muy especializadas y específicas, que constituyen un proyecto separado en sí.

Lo que se hace en la actualidad es tomar, como valores de referencia, los criterios propuestos o establecidos por organizaciones y agencias extranjeras (particularmente canadienses y norteamericanas), con la finalidad de contar con criterios validados por instituciones serias. Asimismo, dentro de estos criterios, se deben buscar los más apropiados para su aplicación, verificando para qué condiciones son recomendados, el tipo de suelo, el uso del terreno, el tipo de contaminante, etc. Es importante hacer del conocimiento de los representantes de la supervisión y de la empresa auditada cual será el criterio adoptado para la evaluación de los resultados obtenidos, con la finalidad de que se conozcan cuáles son los parámetros comprendidos por el criterio adoptado, sus respectivos límites y las condiciones para los cuales es recomendada su aplicación.

4.5.2 Contaminación del manto freático.

El agua existente bajo la superficie del terreno es agua subterránea. Las rocas y suelos que poseen la propiedad de permitir el paso del agua, u otras sustancias como el petróleo y el gas, se dice que son permeables a ese determinado fluido. Las arenas gruesas y limpias son permeables para casi todos los fluidos.

Las aguas subterráneas proceden principalmente de la infiltración de las aguas meteóricas, tales como la lluvia y el hielo fundido, y de los escapes por filtración de cursos de agua, lagos, balsas, canales, embalses u otros depósitos de agua. Las aguas profundas no se constituyen de agua químicamente pura, sino de soluciones o suspensiones de sustancias diversas, las cuales pueden variar desde contenidos muy débiles hasta concentraciones muy altas. Las aguas subterráneas pueden contener también aire y otros gases, bien en disolución de ellas o bajo forma de pequeñas burbujas, generalmente microscópicas^[7].

Considerando el caso más sencillo de una región de superficie llana con una cobertura de suelos más o menos uniforme por encima de la roca. A profundidades diversas bajo la superficie del terreno existe

una zona de saturación, en la que el agua llena todos los poros de los suelos y todas las cavidades de las rocas infrayacentes. El agua existente en la zona de saturación se designa por lo general, como agua freática y su superficie superior es el nivel freático. Cuando las condiciones geológicas y topográficas son más complejas podrá haber más de una zona de saturación y por consiguiente, más de un nivel freático en una localidad determinada.

Los geólogos denominan aguas vadosas a las aguas que existen entre la superficie del terreno y el nivel freático. Una parte de las aguas vadosas es atraída por el suelo o por las partículas rocosas. Otra parte del agua vadosa es de carácter gravitativo, es decir, no se encuentra sometido a las fuerzas de atracción ocasionadas por la absorción del medio. El exceso de agua vadosa, no sometido a fuerzas de atracción desciende lentamente hasta alcanzar la superficie freática.

El nivel de las aguas freáticas no es horizontal, ni en el sentido longitudinal, es decir en la dirección del flujo, ni en dirección transversal y cuando tiene lugar en suelos, su conformación sigue, a menudo, de manera atenuada, la de la superficie del terreno suprayacente. Debido a esto el agua subterránea en el nivel freático se encuentra en movimiento constante, excepto en puntos aislados.

El flujo de agua subterránea es generalmente muy lento y, por lo regular laminar, en contraste con las aguas superficiales que son turbulentas por lo general. Sin embargo, pueden presentarse excepciones en lo referente al flujo del agua subterránea, que se vuelve turbulento en los grandes conductos o pasadizos subterráneos formados en rocas tales como la caliza cavernosa^[6].

Los depósitos o cuencas de agua subterráneos constituyen áreas con límites geológicos. Una cuenca de agua subterránea puede tener longitudes y anchuras variables.

En general las aguas subterráneas sufren el fenómeno de la contaminación cuando los elementos presentes en los suelos, migran hacia el manto freático. Aunque alguna parte de los contaminantes quedan inmovilizados en la zona no saturada, o vadosa del terreno, una vez que se agota la capacidad de inmovilización de materiales del suelo, el siguiente paso, es la llegada de los materiales al manto freático.

Existen condiciones muy diversas que pueden acelerar o retardar lo anterior, entre otras, el tipo de suelo existente y sus respectivos estratos, la profundidad del nivel del manto freático, la disposición del acuífero, la característica del acuífero, tipo de contaminantes presentes y aspectos tan variados como la precipitación pluvial, o la existencia de influencias hidrológicas en la zona, que propicien la movilización de los contaminantes.

Al estudio de estos, y otros factores se les llama determinación de la vulnerabilidad del acuífero.

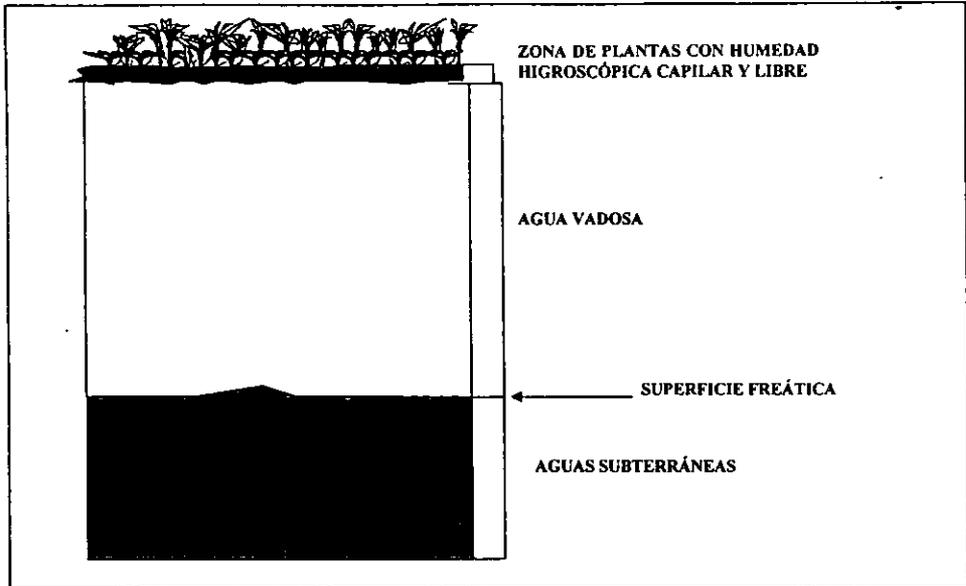


Figura 32. ZONAS PRINCIPALES DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Este análisis es muy específico para la zona de estudio y requiere de la participación de profesionales con conocimientos en las áreas mencionadas. Es otro ejemplo de la necesidad de cooperación multidisciplinaria que requiere el desarrollo de proyectos en la actualidad. Los profesionistas de las áreas geológicas y geohidrológicas cubren una parte de los requerimientos para el análisis y se requiere de la colaboración de profesionales en áreas afines a la química para determinar el tipo de contaminantes que cabe esperar, así como sus cantidades y propiedades, la antigüedad probable de las infiltraciones, en caso de fugas continuas, y otros datos que le permiten complementar el esquema para la determinación de la vulnerabilidad del acuífero.

La gama de variantes que se pueden presentar es muy amplia. Existen, por ejemplo terrenos que se distinguen por la existencia de una capa delgada de suelo de cualquier tipo, para después presentar un bloque de roca, que puede tener varios metros de espesor, antes de pasar a otro estrato.

Otros terrenos presentan apenas unos cuantos metros de suelos, caracterizados por materiales no rocosos, después de lo cual se halla el nivel superior del manto freático. Como es lógico suponer, una de las características que más vulnerable hacen a un acuífero subterráneo, es su cercanía a la superficie, es decir, mientras más somero sea, más probable será la incorporación de contaminantes al mismo. Sin embargo, entran en juego otros elementos, como el tipo de material presente en el suelo, que si presenta una permeabilidad muy baja, puede constituir una barrera muy efectiva para el paso de los contaminantes. Asimismo, por ejemplo, un acuífero que se encuentre protegido por una capa muy gruesa de roca, sería muy vulnerable en caso de presentarse una falla que atravesase en todo su espesor a la roca. En todo caso, es muy importante que esta evaluación considere todos los elementos con que se cuente, ya que de esto depende la utilidad del análisis.

Una vez que se han determinado las zonas que presentan afectación al suelo (o se consideran con posibilidades de ocasionarla), la siguiente etapa es determinar la afectación al manto freático.

No siempre se incluye en los alcances contractuales de las auditorías ambientales la perforación de pozos de monitoreo para caracterización de aguas subterráneas, sin embargo, en el caso de las auditorías ambientales a plantas petroquímicas, este aspecto es muy importante, y se considera que el auditor deberá solicitar la inclusión de los mismos, con base en las justificaciones técnicas necesarias, si es que no se tienen contemplados dentro de los trabajos de auditoría.

Adicionalmente, estos pozos pueden constituir un elemento valioso para el centro de trabajo, ya que una vez construidos y después de la auditoría ambiental, pueden ser utilizados por el centro de trabajo para realizar el control y seguimiento de posibles afectaciones, por medio de la implementación de un programa permanente de monitoreo.

Se aclara que la perforación y construcción de pozos no se recomienda en todos los casos. Por ejemplo, cuando el acuífero presenta condiciones de confinamiento, y aunque existen contaminantes en el suelo y subsuelo, las condiciones existentes no permiten su incorporación al acuífero, la realización del pozo de monitoreo podría constituir un medio ideal para la incorporación directa de los contaminantes al manto, a través de la perforación efectuada. Obviamente, lo anterior constituye precisamente lo contrario de lo que se pretende con la realización de la auditoría ambiental desde el principio. Por ello, es importante ubicar con todo detenimiento los puntos para la perforación de pozos, así como su conveniencia, a la luz del análisis de la situación particular en cada zona.

La ubicación del pozo de monitoreo se realiza con base en toda la información recabada y muy particularmente, en la información obtenida por medio de las determinaciones indirectas, por medio de las cuales se realiza la delimitación preliminar de las zonas contaminadas del suelo y subsuelo. En este punto, se evidencia sobremedida la utilidad de la aplicación de técnicas tales como las basadas en la resistividad del terreno, ya que permiten tanto identificar como delimitar las áreas con presencia de contaminantes, además de permitir conocer la profundidad y condiciones a las cuales se encuentra el manto freático.

Otro factor de importancia decisiva en la ubicación de los pozos de monitoreo es el referente a la dirección del flujo del agua subterránea, dado que este aspecto determinará, junto con la ubicación de la fuente de contaminantes, el posicionamiento óptimo de los pozos de monitoreo. Como resulta obvio, esta evaluación dependerá en gran medida de la delimitación y caracterización de la pluma contaminante.

Como criterio general para la ubicación de pozos, se puede recomendar tener presente la incidencia que pueda tener el flujo subterráneo, así como la disposición de los diferentes estratos del subsuelo. Por ejemplo, debido a una disposición muy específica, un contaminante puede incorporarse al manto en línea casi recta desde su fuente de generación, o hacerlo a una gran distancia, debido a capas transversales impermeables, que impidan su descenso vertical.

En general, resulta útil perforar un pozo en un punto en el cual no se perciba la influencia del centro de trabajo auditado, con la finalidad de poder utilizarlo como "testigo", para comparar los resultados obtenidos de otros pozos, en los cuales si se detecte la influencia de las fuentes existentes en el centro

de trabajo. La ubicación del pozo "testigo" se realiza localizando éste aguas arriba del flujo de agua subterránea, y de preferencia alejado de todas las fuentes de infiltración, para asegurar que no se detecten elementos provenientes de la instalación.

Los pozos deben ser construidos con todas las especificaciones requeridas y desarrollados para su uso. Entre los factores que deben considerarse para la ubicación específica de cada pozo, debe considerarse que no es recomendable realizar perforaciones a menos de treinta metros de fuentes potenciales de contaminación (NOM-009-CNA-1996), debido a que esto puede generar condiciones extremadamente propicias para la migración de contaminantes al acuífero. En caso de que las condiciones específicas establezcan la necesidad de realizar perforaciones a menos de esta distancia prudencial, se debe justificar técnicamente este hecho y tomar además todas las medidas requeridas para prevenir que el pozo se convierta en una vía propicia para la incorporación de contaminantes.

En la figura siguiente se presenta un ejemplo que ilustra las partes principales de un pozo de monitoreo.

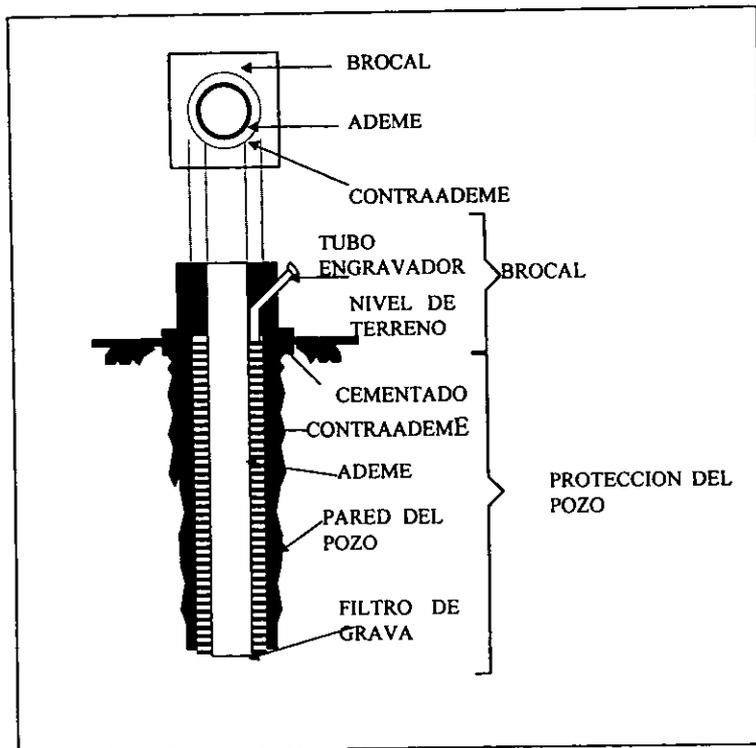


Figura 33. ESQUEMA DE POZO PARA MONITOREO DE AGUA SUBTERRÁNEA

Toda la herramienta y equipo utilizados para la perforación del pozo deberán ser limpiados antes de usarse y se deberán tomar las precauciones para evitar introducir contaminantes al acuífero por esta vía. También debe vigilarse que en caso de requerirse utilizar fluidos de perforación, éstos no contengan

sustancias que degraden las características químicas del agua subterránea. De igual forma, el agua utilizada en los fluidos de perforación debe estar libre de organismos patógenos y no presentar características fisicoquímicas dañinas.

El ademe del pozo es la tubería utilizada para darle consistencia a las paredes, evitando que el pozo se colapse. Esta tubería lleva una sección ranurada, en su parte profunda y es lisa en el segmento inicial (o menos profundo) del pozo. La finalidad de estas ranuras es permitir el paso del agua subterránea hacia el interior del pozo, filtrando las partículas más grandes. El contraademe se constituye de tubería que rodea al ademe y tiene la función de evitar la infiltración de agua superficial o fluidos contaminados hacia el interior del pozo. El brocal es la base de concreto perimetral al ademe del pozo y sirve para soportar la carga de la tubería.

El tipo de pozos construidos con la finalidad de tomar muestras para su monitoreo carecen de sistema de bombeo, por lo que la muestra se toma con dispositivos mecánicos simples. En la toma de esta muestra, deben aplicarse todas las precauciones descritas para la toma de muestras de suelo, siendo de particular importancia la preservación de la muestra.

En lo referente a los resultados, este caso es parecido a la situación de la contaminación del suelo. Aunque existen criterios de calidad de agua, dados de acuerdo con el uso al que se destina el agua, estos no son aplicables por completo para la evaluación de los resultados obtenidos, dado que no consideran todos los parámetros de interés, además de que son criterios que tienen objetivos muy diferentes, por lo que no proporcionan un criterio adecuado para la evaluación de resultados.

Debido a lo anterior, también se recurre por lo general a la aplicación de criterios extranjeros para la evaluación de los resultados (ver anexos 3 y 4), por lo que el auditor también debe efectuar la evaluación y selección del criterio más adecuado para su aplicación en la auditoría.

Lógicamente los criterios permisibles para contaminantes en agua subterránea son más estrictos que para suelo, aunque también dependen del uso destinado al agua.

Cabe destacarse que pueden presentarse casos en los que se encuentren acuíferos confinados, o con flujo, pero sin probabilidades de ser afectados por las fuentes de emisión, debido a encontrarse bajo estratos altamente impermeables. Si este es el caso y se determina que no es factible la afectación del agua subterránea del acuífero debido a la influencia del centro de trabajo, debe optarse por no perforar pozos de monitoreo, debido a que esto solo incrementaría la posibilidad de contaminar el manto freático, al aumentar su vulnerabilidad. Como es lógico suponer, esta decisión no puede tomarse sin la asesoría del especialista en geohidrología, el cual también tiene muchas funciones preponderantes en la etapa de selección del sitio y perforación del pozo de monitoreo.

Por otra parte, fuera de la perforación de pozos y toma de muestras para su monitoreo, no existe otra fuente directa para poder determinar y evaluar la contaminación del manto freático durante la auditoría.

Aunque los resultados de las determinaciones geoeléctricas (si se aplica este método), pueden dar mucha información acerca de la existencia de una pluma de contaminante en el suelo y subsuelo, además de dar información útil referente a la extensión de la misma una vez alcanzado el manto freático, solamente la toma y análisis de muestras permiten confirmar los resultados obtenidos.

Por ello, en caso de no realizarse el monitoreo de aguas subterráneas durante el trabajo de auditoría, solamente puede realizarse la investigación de las condiciones geohidrológicas de la región en la cual se ubica el predio, el tipo de estratos presentes en el subsuelo, la identificación de las fuentes potenciales de infiltración y diferentes investigaciones que pueden servir para evaluar la vulnerabilidad del manto freático en la localidad. Sin embargo, lo anterior no puede ser utilizado por el auditor como información concluyente, debido a que solamente los resultados analíticos poseen la contundencia suficiente para probar la existencia de contaminantes en el manto freático.

5. TRABAJO EN GABINETE.

Una vez que ha concluido el trabajo de auditoría en campo, la auditoría entra a su fase de gabinete. Durante esta etapa el auditor concentra, sistematiza y estructura la información que ha recopilado durante su visita al centro de trabajo auditado para integrar el informe de auditoría y preparar el dictamen correspondiente.

En general, el auditor obtiene de su visita en campo varios tipos de elementos para la integración del informe, entre éstos están los siguientes:

⇒ Formatos llenados en campo.

- ✓ cuestionarios
- ✓ entrevistas
- ✓ listas de chequeo

⇒ Copias de la documentación proporcionada por la instalación auditada.

- ✓ solicitudes a la autoridad
- ✓ requerimientos oficiales
- ✓ permisos y licencias
- ✓ documentación legal
- ✓ reportes de estudios técnicos y ambientales
- ✓ bitácoras e informes de actividades de mantenimiento e inspección
- ✓ programas
- ✓ planos
- ✓ memorias de cálculo
- ✓ proyectos
- ✓ programas
- ✓ manuales
- ✓ catálogos

⇒ Anotaciones realizadas durante los levantamientos en campo.

⇒ Resultados de las determinaciones analíticas realizadas durante la auditoría.

⇒ Fotografías de las actividades realizadas durante los trabajos de campo y de los aspectos relevantes detectados.

⇒ Diferentes documentos generados durante la realización de la auditoría.

El trabajo de gabinete tiene como objetivo primordial el integrar toda la información anterior para constituir el reporte final de auditoría.

Como es lógico suponer, la primera parte consiste en ordenar y sistematizar la información de acuerdo con el tema al cual se refiere. El método implementado para la organización es una decisión que solo compete al auditor, sin embargo, debe recordarse que mucha de la información es utilizada para su consulta por encargados de las demás disciplinas y que en caso de no contarse con mecanismos efectivos de control e identificación, puede dificultarse mucho la interacción y las consultas interdisciplinarias. Es muy importante también, tener presente que como parte de las condiciones contractuales de los trabajos, se establece un convenio de confidencialidad, en el cual se estipula que toda la información generada, así como la proporcionada por el centro de trabajo durante el desarrollo de la auditoría será utilizada exclusivamente con la finalidad de su uso en los aspectos referentes a la auditoría ambiental. Queda prohibido divulgar o dar a conocer a cualquier persona u organización ajena al proceso de auditoría la información contenida en los documentos o los documentos mismos. Asimismo, se acuerda que toda la información sigue siendo propiedad de la empresa auditada, siendo proporcionada solamente para su consulta durante la auditoría. Esta es otra razón por la que conviene tener un control y organización muy eficientes para el manejo de los documentos.

Durante el trabajo de gabinete toda la información debe ser analizada y evaluada, aprovechando el conocimiento cercano adquirido durante la etapa de campo en referencia a las condiciones y características de la instalación.

Los documentos proporcionados deberán ser contrastados y evaluados con lo encontrado y triangulados contra toda la información referente, con la finalidad de determinar su autenticidad, validez y apego a las condiciones reales.

Se debe seleccionar asimismo toda la información que permita caracterizar y describir la situación existente en el centro de trabajo.

El Reporte de Auditoría constituye el resultado de las evaluaciones, verificaciones o determinaciones realizadas durante la auditoría ambiental. El grupo auditor encargado de las auditorías de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo debe realizar la parte correspondiente a su segmento en cada uno de los documentos. Una vez que todos los especialistas han concluido, se integran las respectivas secciones y se conjunta el Reporte de Auditoría Ambiental. Las partes que deben integrar dicho reporte son las siguientes^[11]:

- ⇒ Volumen I. Resumen Ejecutivo
- ⇒ Volumen II. Informe de auditoría ambiental
- ⇒ Volumen III. Anexos

La estructura y contenido de cada uno de los volúmenes son descritos a continuación.

- ⇒ Volumen I. Resumen Ejecutivo

En general, se enfoca hacia el establecimiento de los resultados y los aspectos principales incluidos en la auditoría. Su función es la de mostrar de manera clara y concisa las conclusiones a las que se llegó en la auditoría ambiental. Se conforma de las siguientes partes.

- Índice.

Presenta el contenido y ubicación de las distintas partes del resumen ejecutivo, estableciendo la correspondiente diferenciación entre las partes del documento, así como de las disciplinas auditadas dentro de la secciones.

- Síntesis.

Contiene una descripción corta de las áreas y organizaciones auditadas, así como una descripción general del centro de trabajo y sus condiciones y características particulares. Contiene también una versión resumida de todas las deficiencias detectadas durante la auditoría, divididas por segmento de auditoría y a las cuales se les asigna una clave específica. Su conclusión es la presentación del número de deficiencias encontradas, la inversión requerida para su solución y el plazo de ejecución de las acciones recomendadas. Asimismo, presentan las acciones que deben ser realizadas de forma urgente, junto con su monto y su plazo de ejecución.

- Dictamen.

Contiene una descripción más detallada y profunda de las condiciones existentes en el centro de trabajo auditado, para cada disciplina de auditoría, incluyendo cantidades manejadas de productos, materiales y residuos (dependiendo del rubro de cada especialidad), descripción de actividades, procedimientos y programas seguidos por el personal y todos los datos que permitan ofrecer una comprensión clara de la situación imperante en el centro de trabajo.

Su parte principal se conforma del dictamen propiamente dicho el cual consiste en una explicación concreta, medida, dimensionada, cuantificada de cada deficiencia. La información proporcionada debe ser actualizada, comprensible, ordenada y completa.

- Plan de acción.

Este apartado contiene las recomendaciones que establecen, por lo menos, las acciones correctivas mínimas necesarias para la solución de las deficiencias establecidas en el dictamen en un listado en forma de tabla, la cual deberá contener:

- ✓ Area y/o número de deficiencia.
- ✓ Descripción de la deficiencia.
- ✓ Acciones preventivas o correctivas recomendadas para la solución de la deficiencia.
- ✓ Requisito no cumplido.
- ✓ Tiempo de realización.

- Inversión Requerida

En este apartado se presenta la inversión requerida para la realización de las acciones correctivas recomendadas para cada deficiencia encontrada durante la auditoría. Asimismo, se presenta el monto total estimado, que resulta de sumar las inversiones parciales.

- Anexos

Los Anexos del Resumen Ejecutivo deben incluir, al menos:

- ✓ Diagrama de bloques o esquemático de las instalaciones que indique: áreas contaminadas, emisiones al agua, aire, puntos de alto riesgo y otros focos de contaminación o áreas afectadas.
- ✓ Resultados del programa de inspecciones y pruebas de modo tabulado, indicando los parámetros limitantes y la condición de aceptabilidad.
- ✓ Memoria Fotográfica de la Auditoría.

⇒ Volumen II. Informe de Auditoría Ambiental.

El Volumen II presenta, en todo detalle, la descripción de los resultados del plan de Auditoría Ambiental, presentando datos que van desde las especificaciones técnicas, descripción de procesos, cuantificación y ubicación de sustancias, caracterización del medio físico y ecológico circundante, así como las deficiencias encontradas durante la Auditoría. El contenido y estructura del documento son los siguientes:

- Índice.
 - Índice del contenido temático
 - Índice de tablas
 - Índice de figuras
 - Índice de gráficas

- Identificación del informe

Esta parte contiene el número consecutivo de la auditoría otorgado por la PROFEPA, nombre de la empresa auditada, auditora y supervisora, en la forma establecida por el formato incluido en el anexo D.2 (ver anexo 1) de los Términos de Referencia de la PROFEPA para la realización de auditorías ambientales.

- Introducción

Contiene una descripción general del giro de las instalaciones incluyendo la identificación de los procesos de producción, número de empleados, vida de la planta, antigüedad, tamaño y condiciones de las instalaciones y otros datos básicos

- Generalidades

Esta sección contiene los propósitos y objetivos de la auditoría ambiental, así como los alcances de la misma y datos como lugar y fecha de realización de los trabajos. Se establece también la identidad del cuerpo de auditores, con nombre y función o actividad consistente con el plan de auditoría. Se presentan asimismo, las organizaciones y áreas auditadas, personal entrevistado y puesto o cargo del responsable.

- Descripción de las instalaciones y área circundante.

En esta sección se detalla una descripción del tipo de instalaciones auditadas, incluyendo la descripción de los procesos principales, servicios auxiliares y actividades de apoyo que se llevan a cabo en el centro de trabajo, los listados de equipo, materias primas, insumos, productos, subproductos y residuos generados. Incluye los antecedentes históricos de la instalación y una caracterización del medio circundante que incluye la descripción del entorno desde el punto de vista ecológico (flora, fauna, tipo de clima, suelo, sismicidad, etc.) y social (actividades económicas principales en la zona, entorno social, nivel económico y social, alfabetización, etc.).

- Normatividad Aplicable.

Se incluye toda la normatividad que sirvió como sustento para las evaluaciones realizadas durante la auditoría y de manera específica, los apartados de las fuentes legales que sirvieron para sustentar las deficiencias emitidas. En general, se conforma como base, de la normatividad establecida en el plan de auditoría para cada disciplina, complementándose con los elementos específicos adicionales de los que se ha echado mano para sustentar los dictámenes.

- Lineamientos y Registros Ambientales.

Se conforma del listado o tablas de los registros y documentos que contienen la información de la empresa auditada para cada disciplina de auditoría y que involucran bitácoras, programas, licencias oficiales y registros varios que son obligatorios para el centro auditado.

- Resultados del Plan de Auditoría Ambiental

En esta sección se presenta la descripción de las verificaciones e inspecciones realizadas como parte del trabajo de auditoría y de acuerdo al Plan previamente fijado, estableciendo todos los resultados y señalando tanto las áreas en las cuales el centro de trabajo cumple todos los requerimientos, como las que son susceptibles de mejoras y no satisfacen la normatividad aplicable.

- Dictamen

Esta sección debe indicar en forma detallada cada una de las deficiencias detectadas durante el desarrollo de la auditoría ambiental. Cada deficiencia deberá ser planteada en forma consistente con los objetivos de la auditoría o con las medidas y requerimientos aplicables, de acuerdo con las actividades que realiza el centro de trabajo.

Las deficiencias resultantes de las evaluaciones se establecen individualmente y conforme a un procedimiento escrito y aprobado por el auditor jefe del grupo de la auditoría ambiental. Para cada inconformidad se llenará un formato como el del anexo D 3 de los Términos de Referencia de la PROFEPA para la realización de auditorías ambientales o equivalente.

Cada deficiencia debe incluir la condición de incumplimiento (requisito legal no cumplido) de tal modo que no se preste a más interpretación que la correcta. El requisito no cumplido deberá ser

completamente consistente con la deficiencia, misma que se fundamentará con la evidencia objetiva suficiente que la sustente.

El formato del anexo D.3 debe llenarse conforme a lo siguiente:

- ✓ Número de auditoría y número progresivo de la deficiencia.

En general, se utiliza la siguiente codificación por parte de los auditores:

RSO-00	Residuos Sólidos
RPE-00	Residuos Peligrosos
SYS-00	Suelo y Subsuelo

- ✓ Empresa auditada y función (puesto o cargo) responsable de resolver la deficiencia.
- ✓ Empresa auditora y auditor (designado responsable).
- ✓ Descripción de la condición de incumplimiento o deficiencia relacionada con la evidencia objetiva que la avala, y requisito no cumplido, legislación o normatividad que se incumple por las condiciones detectadas. La referencia debe ser concreta y correctamente asociada con la condición de incumplimiento, lo cual puede incluir uno o más lineamientos.
- ✓ Las recomendaciones y disposiciones para la corrección de la deficiencia, las cuales se proporcionan con base a las causas que la originaron. Se deben indicar las acciones, proyectos, estudios, obras, planes, programas o procedimientos recomendados por el auditor para solucionar la deficiencia y/o los requisitos mínimos para la misma, pudiendo agrupar o desglosar varias observaciones según su naturaleza. Las recomendaciones para solución de cada problema detectado, deben ser consistentes con la deficiencia emitida y se establecen en acciones correctivas y preventivas, según sea necesario. Las acciones correctivas incluyen las condiciones para remediar o corregir la deficiencia. Las acciones preventivas incluyen las condiciones para evitar su recurrencia.
- ✓ Las recomendaciones deben incluir el tiempo estimado para su realización.
- Comentarios

En esta sección se incluye todo aspecto relacionado con la evaluación de la auditoría pero fuera de su alcance; como por ejemplo: aspectos relacionados con la política de trabajo de la empresa auditada, recomendaciones sobre los métodos y procedimientos de la auditoría ambiental, deficiencias en la legislación y normatividad ambiental, etc.

⇒ Volumen III. Anexos.

Este documento deberá contener el material que soporta o respalda la auditoría como planos, fotografías, material gráfico, etc.

Los anexos o apéndices contendrán los planes de auditoría desarrollados, planos, fotografías, material gráfico, reportes de resultados de análisis o pruebas, copias fotostáticas de documentos que representen evidencia objetiva, etc. utilizados durante la auditoría.

Cada página, en el extremo inferior derecho, deberá contener una etiqueta con la siguiente información:

DATOS _____ _____
REFERENCIA _____ _____
AUDITORIA _____ HOJA _____ / _____

Donde:

- Datos Indica la razón del uso del documento en el volumen de anexos, al tiempo que sirve como identificador al documento dentro de documento de anexos.
- Referencia Localización exacta de la referencia hecha al documento dentro del informe de auditoría
- Auditoría Número correspondiente a la auditoría.
- Hoja Número consecutivo total, considerando todos los documentos del anexo y el correspondiente a la página dentro del anexo individual.

Como es fácil observar, la estructura del Reporte de Auditoría dista mucho de ser simple, por lo que el trabajo del auditor no disminuye de ninguna forma cuando entra a la fase de gabinete. En esta fase, el auditor debe cambiar el mecanismo de trabajo, de las actividades de levantamientos y entrevistas, al análisis y evaluación. Es muy importante que la forma y el contenido de los documentos los haga ser claros, precisos y sencillos, dado que deben ser factibles de interpretar por cualquier persona, independientemente de la formación técnica o científica que ésta tenga.

Por supuesto, esto requiere que el auditor tenga una comprensión total del sistema auditado y un conocimiento pleno, tanto de los aspectos de incumplimiento detectados, como de los requerimientos para satisfacer dichas carencias. Igualmente, se requiere por parte del auditor, que tenga una forma clara y sencilla al momento de transmitir sus pensamientos al texto del documento, lo cual no siempre es fácil, dada la complejidad de muchos de los temas, así como la variedad de los mismos. El uso y manejo de herramientas computacionales para el procesamiento de textos, manejo de bases de datos, creación de figuras, gráficas y tablas es un elemento indispensable para agilizar y optimizar esta etapa del trabajo.

En el siguiente capítulo se presentan recomendaciones y aspectos de interés en la fase que se considera más importante dentro del trabajo de auditoría, la cual corresponde a la emisión de dictámenes por parte del auditor.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DICTAMINACION.

Desde un punto de vista simple, el mecanismo de una auditoría ambiental consiste en encontrar aspectos deficientes dentro de la empresa auditada, evaluar el nivel de riesgo provocado por estas deficiencias hacia el personal, el medio ambiente y la propia instalación, con la finalidad de establecer acciones concretas que permitan remediar los incumplimientos detectados.

Por supuesto que lo anterior no expresa con toda exactitud el espíritu y alcances de una auditoría ambiental. Sin embargo, hay algo en esta idea que definitivamente tiene elementos rescatables; fundamentalmente, el hecho de destacar los hallazgos detectados durante los trabajos como parte principal del procedimiento de auditoría.

A pesar de que el reporte de auditoría debe contener descripciones y elementos no relacionados específicamente con deficiencias, resulta incontrovertible el hecho de la preponderancia fundamental que éstas tienen como resultado. La perspectiva de la auditoría ambiental no debe ser evaluada desde este punto de vista, dado que ello equivaldría a generar una resistencia inevitable entre el personal de la organización a auditar y ocasionaría una fuerte carga de inquietud innecesaria. El reporte debe considerar también la existencia de aspectos positivos, obligaciones cumplidas y avances detectados que existan en la empresa auditada. De hecho, se requiere enfatizar los aciertos tanto como señalar las deficiencias, dado que esto puede ser visto como la forma en que el auditor puede reforzar y estimular el cumplimiento de las disposiciones aplicables. La esencia de la auditoría debe ser la objetividad, la imparcialidad y el ánimo de detectar áreas en las cuales el sistema auditado sea susceptible de implementar mejoras. Esta actitud no solo se requiere por parte del auditor, sino también de la empresa auditada, el personal de la misma, la supervisión, la autoridad y del mismo público, conformado por la población circundante fundamentalmente.

En tanto que la empresa acordado someterse a una auditoría ambiental oficial, vigilada y coordinada por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, se compromete también a destinar los recursos humanos, materiales y monetarios para la realización de las acciones correctivas requeridas para solucionar las deficiencias resultantes al final del proceso de auditoría.

Por ello, la emisión del dictamen por parte de auditor debe realizarse con toda seriedad y responsabilidad, con la finalidad de evitar que se incurra en el desperdicio de recursos para resolver aspectos intrascendentes y/o no se atiendan problemáticas realmente significativas.

La primera fase para elaborar el dictamen de cualquier deficiencia, consiste en saber qué es lo que se está buscando. A pesar de que en cada instalación existan características particulares, hay aspectos que son comunes a todas ellas y que se requiere verificar durante la auditoría. Esto permite que el auditor pueda prepararse desde la elaboración del plan de auditoría para evaluar puntos que sabe son fundamentales.

Lo anterior no significa que la auditoría en materia de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo (ni ninguna otra de las disciplinas dentro de la auditoría ambiental) consista simplemente en el llenado de listas de chequeo y formularios predeterminados que puedan ser aplicados

indiscriminadamente. Lo anterior significa una ausencia total de criterio y también de ética y sentido de responsabilidad.

Durante el tiempo que se han realizado auditorías ambientales en México, desafortunadamente se ha visto aparecer en algunos casos el fenómeno descrito. Algunos responsables de estos proyectos, después de realizar un determinado número de auditorías, comienzan a ver e interpretar todas las problemáticas de la misma forma, hasta concluir que todas las instalaciones pueden incurrir y casi seguramente incurrirán en el mismo tipo de carencias e incumplimientos. Dado este panorama, se pretende economizar en tiempo y esfuerzo al máximo, en demérito de la calidad del resultado final.

Esta situación provoca que se pretenda dictaminar casi sin comprobar si lo que se presupuso es realmente consistente con la realidad en cada instalación. También se fomenta de esta forma la tendencia a dictaminar deficiencias generales, de manera que el auditor trata de comprometerse lo menos posible, evitando concretar en sus aseveraciones y preocupándose exclusivamente por terminar el proyecto lo más pronto y al menor costo posible.

De cualquier forma, ya sea porque se sacrifica la calidad del proyecto en favor de la economía del mismo, o el auditor carezca de la inquietud para caracterizar la situación específica existente en cada centro de trabajo y para evaluar la problemática individual del mismo (o quizá debido a ambas razones), el trabajo de auditoría puede verse profundamente desvirtuado, afectándose gravemente la imagen de las auditorías ambientales y perdiéndose el sentido inicial de su realización.

Para evitar incurrir en esta situación no existe una solución sencilla, dado que la problemática tiene un origen multifactorial. En principio, la participación de personal con verdadero sentido de responsabilidad y ética es uno de los elementos requeridos. Otro elemento consiste en la evaluación de los recursos destinados para la realización de la auditoría. Si el monto destinado para la realización de la misma no garantiza la realización de un trabajo que cumpla con las expectativas iniciales, no puede esperarse que sea realizado de forma que éstas lleguen a alcanzarse. Por último, es una obligación personal por parte del auditor evitar que su forma de evaluar las situaciones encontradas se vuelva inflexible y que su sistema de trabajo llegue a prevalecer por encima del sentido común y la inquietud por averiguar la verdad, características ambas que deben ser inherentes a todo participante en una auditoría de cualquier clase.

Las auditorías en las disciplinas de manejo de residuos sólidos, residuos peligrosos y contaminación al suelo y aguas subterráneas tienen características muy especiales en este sentido. El auditor, en muchas ocasiones, es realmente la primera persona que adquiere (o debe adquirir) un conocimiento pleno de la situación existente en la instalación auditada, debido a que los datos y hallazgos realizados por él, no son conocidos por casi nadie, dada la carencia de estadísticas e interés por el control de los residuos y la prevención de la contaminación al suelo que ha prevalecido históricamente. Es por esto que la auditoría ambiental puede ser el punto de partida para el cambio en la actitud y para el inicio en la cultura de prevención. El auditor debe tener en cuenta que, las bases para esta nueva etapa dependen en alguna medida de la calidad de su trabajo.

Volviendo al proceso de dictaminación, como se mencionó, la etapa inicial es prepararse para lo que puede encontrarse durante la auditoría, sin perder la perspectiva de que no todas las situaciones pueden anticiparse. El siguiente paso consiste en la investigación directa de los aspectos auditados, lo cual

puede traducirse en la visita en campo, obtención de datos y realización de pruebas y monitoreos y la recopilación de información documental. A continuación, se compara la situación encontrada contra parámetros o disposiciones aplicables que proporcionan la base para decidir si se está o no incurriendo en deficiencias. La última fase es la emisión de recomendaciones que permitan solucionar la problemática detectada, con base en acciones que atiendan las consecuencias de los incumplimientos, pero que también ataquen sus causas, para evitar caer en soluciones aparentes y parciales. La figura siguiente muestra esquemáticamente el proceso descrito.

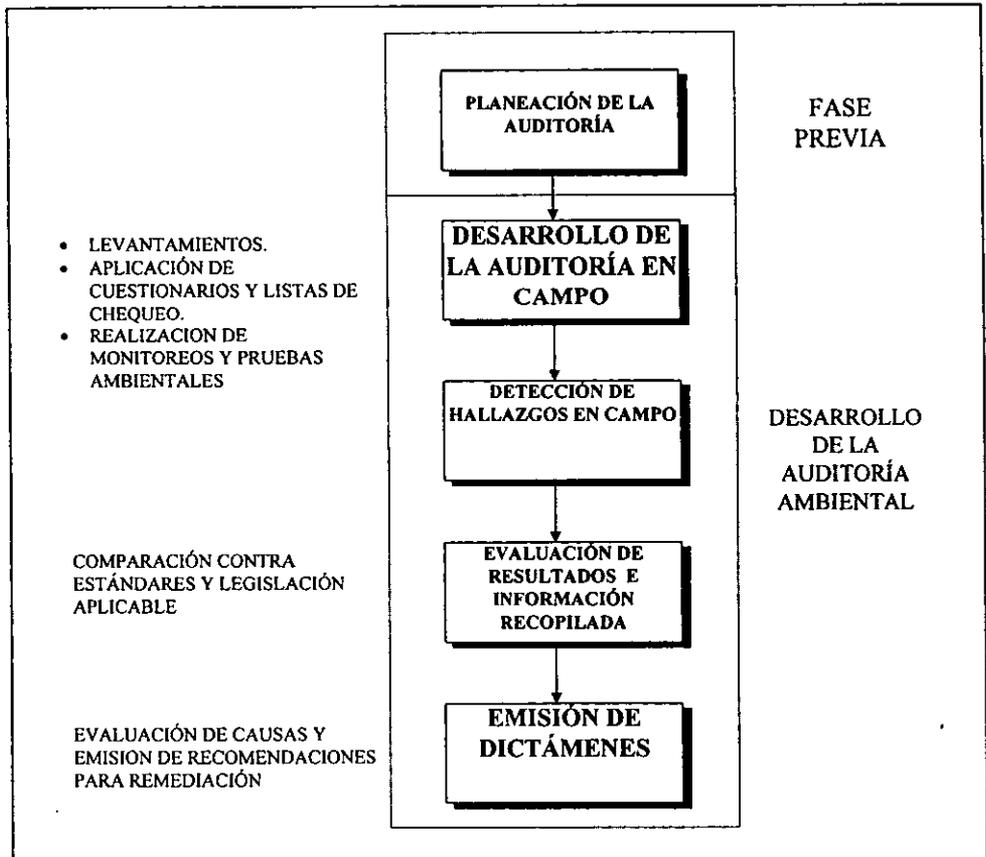


Figura 34. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL DICTAMEN DE AUDITORÍA

Entre los aspectos que más frecuentemente se encuentran involucrados con las deficiencias detectadas en las plantas petroquímicas, se pueden mencionar los siguientes.

⇒ Las áreas de almacenamiento de residuos presentan carencias de acuerdo con lo dispuesto por las disposiciones normativas aplicables.

- ⇒ Actos de manejo de residuos inseguro y/o ambientalmente inadecuado (falta de identificación y etiquetado, manejo conjunto de residuos sólidos con residuos peligrosos, carencia de equipo de protección personal para el manejo de residuos, proliferación de inventarios caducos, etc.).
- ⇒ Incumplimiento de las obligaciones legales-documentales (manifiesto de empresa generadora de residuos peligrosos, reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su tratamiento o disposición, de entrega, transporte y recepción de residuos, de empresa generadora eventual de BPC's, etc.)
- ⇒ Carencia de mecanismos de control y cuantificación en el manejo de residuos (Programas, procedimientos y bitácoras de manejo).
- ⇒ Carencias en la caracterización de residuos.
- ⇒ Existencia de contaminantes en el suelo, subsuelo y aguas subterráneas (básicamente hidrocarburos y metales pesados) de la instalación por encima de los valores permisibles establecidos por criterios internacionales aplicables.
- ⇒ Existencia de áreas de disposición histórica de residuos en el predio.

Cabe mencionar que cuando alguna desviación requiere de una acción correctiva inmediata, debido a que involucra un riesgo inminente para el personal, la población circundante, el medio ambiente o la instalación, el auditor líder debe comunicarlo por escrito, a la brevedad posible y a la organización auditada a través de PROFEPA.

Para la estructuración del dictamen, se deben considerar los siguientes elementos:

- ⇒ Datos generales.
 - Empresa auditada.
 - Empresa auditora.
 - Clave de auditoría.
 - Clave de la deficiencia.
 - Departamento o área de la empresa responsable de corregir la deficiencia.
 - Fecha.
- ⇒ Descripción de la deficiencia.
 - Evidencia objetiva. Descripción del hallazgo que justifica la emisión de la deficiencia. La descripción debe realizarse en términos objetivos, cuantificables y completamente claros, evitando provocar toda interpretación diferente a la correcta.
 - Causa de la deficiencia. Descripción de la problemática de fondo que ha propiciado la ocurrencia de la situación puntual descrita.
 - Requisito no cumplido o fundamento legal. Disposiciones legales-ambientales normativas infringidas por la situación descrita, indicando las Leyes, Reglamentos, Códigos o Normas, y especificando los artículos o apartados específicos que han sido aplicados.
- ⇒ Acciones correctivas o preventivas recomendadas.

Acciones mínimas requeridas para la solución de la situación detectada, que proporcionan al menos una alternativa que puede adoptar la organización auditada. Deben disponerse considerando los siguientes aspectos.

- Contemplar la remediación de la problemática puntual que dio origen al dictamen por medio de acciones inmediatas.
- Atacar la problemática de fondo que ha originado la deficiencia, considerando acciones que atiendan las causas que la originaron.
- Considerar la asignación de los recursos humanos y materiales para su realización.
- Incluir las acciones en planes y programas escritos para favorecer la implementación de mecanismos de control y seguimiento.
- Incluir dentro de las acciones requeridas, la elaboración de procedimientos por escrito para la realización de las actividades.
- Considerar la capacitación y la difusión entre el personal para la aplicación de los procedimientos.
- Incluir la supervisión de las acciones correctivas.
- Considerar el registro en bitácora de todas las acciones correctivas realizadas, con la finalidad de tener constancia de las mismas y favorecer el control y seguimiento de los proyectos de remediación.

⇒ Inversión requerida.

Costo estimado para la implementación de las acciones correctivas recomendadas. Se calcula con base en el análisis de las acciones necesarias e incluyendo el monto requerido en horas-hombre del personal asignado para su realización, los costos por asesorías para elaboración de estudios y proyectos, los gastos generados por supervisión y control de actividades, inversión requerida para adquisición de materiales, maquinaria y equipo, así como los costos por realización de proyectos tales como remediación de suelos y elaboración de planes de manejo de residuos. Las estimaciones se realizan con la ayuda de tabuladores de costos y proyecciones razonables en los casos en los que no se dispone de datos aplicables.

⇒ Plazo de ejecución.

Tiempo requerido para la implementación de las acciones correctivas recomendadas por el auditor.

⇒ Observaciones.

Aspectos relativos a la deficiencia, que complementan la descripción, sin ser parte indispensable de la misma o que se relacionan con ella de alguna manera. Por ejemplo, en ocasiones la deficiencia detectada es resuelta de forma casi inmediata durante la estancia en campo del cuerpo auditor. Sin embargo aunque la problemática evidente sea resuelta, las causas que la originaron subsisten, de modo que la deficiencia debe ser emitida de todas formas. Por ello en caso de que sea este el caso, esto puede especificarse dentro de las observaciones. También pueden incluirse datos que permitan acotar con mayor detalle la descripción (aunque no sean vitales para su comprensión), para evitar que la descripción sea demasiado extensa.

Cabe aclarar que estos elementos básicos pueden variar dependiendo de la naturaleza de la deficiencia. Por ejemplo para el caso de deficiencias que se refieren al cumplimiento de obligaciones legales relativas a documentos, tales como la carencia del manifiesto de generador de residuos peligrosos, no pueden incluirse datos de cuantificación o ubicación, ya que la deficiencia en sí misma consiste en la omisión en el cumplimiento de la obligación legal.

Otro ejemplo ilustrativo muy frecuente es el de la carencia de planes y procedimientos por escrito para el manejo de residuos peligrosos. En este caso no resulta muy productivo buscar causas que ocasionen este tipo de deficiencias, siendo más bien que la carencia de planes y procedimientos puede ocasionar (y ocasiona) el manejo poco eficiente e inseguro de residuos. La elaboración de los planes y procedimientos solucionará directamente la deficiencia, por lo que no se requiere atacar aspectos ulteriores, sino solamente verificar su aplicación y cumplimiento.

La determinación de las causas que ocasionan la aparición de las situaciones deficientes es una tarea muy importante, y en alguna medida, la efectividad de las acciones correctivas dependen de ella. A continuación se muestran algunas de las deficiencias frecuentemente detectadas, junto con las causas que comúnmente les dan origen.

<i>Deficiencias comunes</i>	<i>Causas Probables</i>
Incumplimientos en las áreas de almacenamiento de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de un diseño para las áreas de almacenamiento conforme a la normatividad aplicable
Actos inseguros o ambientalmente inadecuados durante el manejo de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de planes y programas para el manejo de residuos. • Falta de capacitación y concientización entre el personal. • Escasez de cultura de prevención entre la alta dirección y el personal
Incumplimiento de trámites legales.	<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de planes y programas para el manejo de residuos. • Desconocimiento de los requisitos legales aplicables.
Carencia de programas y procedimientos escritos para el manejo de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de planes de manejo integral de residuos implementados por la alta dirección que contemplen la necesidad de la generación y formalización de estos documentos
Carencia de bitácoras de manejo de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de planes y programas para el manejo de residuos. • Carencia de procedimientos escritos para el control de residuos que establezcan la necesidad de registrar las actividades realizadas.
Falta de caracterización entre los residuos generados.	<ul style="list-style-type: none"> • Carencia de planes y programas para el manejo de residuos. • Desconocimiento de los requisitos legales aplicables.
Presencia de contaminantes en el suelo, subsuelo y manto freático.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cultura de prevención de la contaminación al suelo y aguas subterráneas. • Existencia de fugas, infiltraciones y vertido de contaminantes sin que se implementen acciones para su detección, prevención y control.
Existencia de sitios clandestinos de disposición histórica de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cultura de prevención de la contaminación al suelo y aguas subterráneas. • Carencia de planes de manejo de residuos.

Es interesante observar que mucha de la problemática involucrada se relaciona directamente con la necesidad de contar con planes de manejo de residuos que incluyan programas para la realización de actividades, procedimientos por escrito para la realización de las mismas y capacitación para la aplicación de los procedimientos.

Así, se convierte en una tarea muy interesante y compleja emitir dictámenes que permitan dar una imagen completa de la situación existente en la instalación, además de proporcionar las medidas mínimas requeridas para su remediación.

Es necesario en este punto recordar que la normatividad mexicana todavía se encuentra en fase de conformación en lo referente al manejo de residuos y la prevención de la contaminación al suelo y aguas subterráneas. Este es un aspecto crítico, dado que como ya se ha mencionado, la base legal se requiere como criterio de aceptación o rechazo durante las evaluaciones realizadas. Es por ello que el auditor en la materia debe utilizar en muchos casos su criterio y adaptar los principios generales contenidos en la normatividad para su aplicación a situaciones más bien particulares. Asimismo, como es el caso de los valores permisibles de contaminantes presentes en suelo y agua subterránea, se debe recurrir a valores recomendados por organizaciones extranjeras e internacionales y aplicarlos, con las debidas reservas a la situación mexicana.

Otro de los aspectos que deben recordarse durante la elaboración del dictamen es que la auditoría de cada disciplina no constituye un trabajo separado, sino una parte de la auditoría ambiental, por lo que los auditores deben intercambiar información e impresiones que les permitan a todos tener una perspectiva total de la situación del centro de trabajo y los aspectos críticos que requieren atención en el mismo.

Además, debe evitarse que se dupliquen las acciones recomendadas en diferentes disciplinas; esto puede ocurrir cuando aspectos relativos a diferentes segmentos de auditoría se ven involucrados en la misma área. Por ejemplo, el manejo inseguro de residuos peligrosos tiene implicaciones de seguridad e higiene, por lo que cada auditoría podría enfocar por separado esta problemática y probablemente esto resultaría en que se duplicaran recomendaciones orientadas hacia la solución de la problemática desde la perspectiva de ambas disciplinas. Sin embargo, resulta más conveniente la cooperación entre los auditores de las áreas dando como resultado dictámenes que contemplen la solución integral de los problemas y asignándose al área predominantemente involucrada con la problemática (manejo de residuos o seguridad e higiene, volviendo al ejemplo citado), o por lo menos, excluyendo la duplicación de recomendaciones en los respectivos dictámenes.

En general, las acciones correctivas detectadas en lo referente a manejo de residuos sólidos y peligrosos deberán quedar insertadas dentro de un plan de manejo de residuos industriales que se generará en la instalación como resultado de la auditoría ambiental. Este plan tendrá como grandes componentes al plan de manejo de residuos sólidos por un lado y por el otro al plan de manejo de residuos peligrosos.

Estos planes deberán contener los programas de actividades a realizar, junto con sus respectivos procedimientos y considerar también las acciones requeridas para la capacitación al personal y la actualización periódica del contenido de los documentos.

En otras palabras, el dictamen debe tener la intención explícita de convertirse en la etapa inicial (si es que no existen antecedentes en la empresa auditada) para la conformación del plan que defina las políticas y filosofías de manejo de residuos en la empresa.

Las acciones deben orientarse hacia el manejo racional y eficiente de los residuos generados. Esta política puede ilustrarse por medio de la figura siguiente que muestra los lineamientos y políticas de control de residuos^[30].

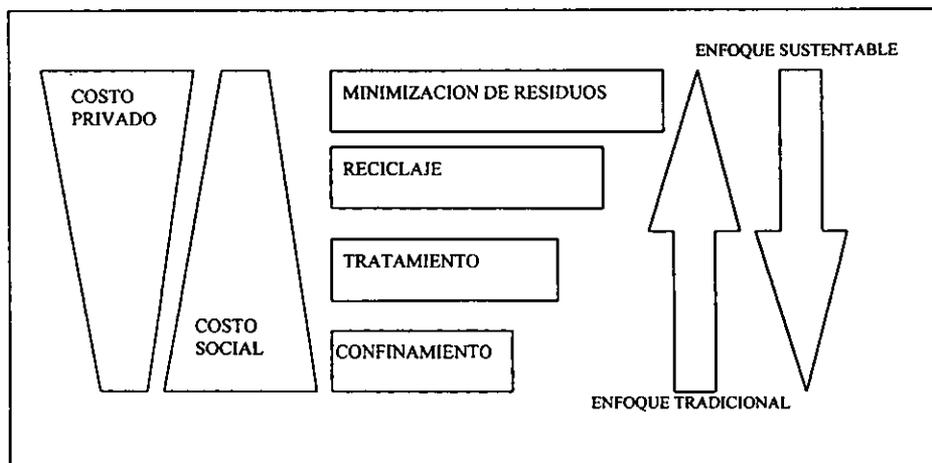


Figura 35 FILOSOFÍA ACTUAL EN EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

En términos generales, el esquema representa que se debe preferir la prevención antes que la remediación, es decir, que es más racional antes que otra cosa, reducir la generación de residuos en la fuente. El siguiente paso consiste en el reciclaje de los residuos que sean susceptibles de servir en otros procesos como materiales útiles. Una vez que se han implementado las fases anteriores, aún existirá cierta cantidad de residuos, los cuales deberán ser sometidos a tratamiento para disminuir sus características de peligrosidad hasta márgenes permisibles. La última etapa, hasta la que deberán llegar la menor cantidad de residuos posible es el confinamiento controlado.

También se reconoce que la implementación de las etapas de prevención puede representar inversiones particulares que no sean compensadas por los beneficios iniciales. Sin embargo, aparejado con el costo privado, existe un costo social, que se acrecienta en la medida en la que se opta por las opciones de disposición final. Por ello, al analizar en conjunto la situación, la perspectiva de la inversión inicial adquiere una óptica diferente, dado que aunque el enfoque tradicional consiste en resolver los problemas una vez que se han generado, se ha podido comprobar que el único enfoque sustentable consiste en contrarrestar los efectos negativos mediante la eliminación y minimización desde su propio origen.

Así pues el criterio básico del auditor en materia de residuos debe consistir en la evaluación del sistema implementado para el manejo de residuos sólidos y peligrosos bajo esta perspectiva preventiva y

racional y en los casos en que se detecten desviaciones, recomendar las acciones requeridas para integrar un esquema sustentable y eficiente.

En lo relativo a los casos de contaminación al suelo y subsuelo y aguas subterráneas, se debe evaluar la situación encontrada y recomendar las acciones correctivas requeridas para asegurar que se reintegren las condiciones que permitan asegurar el bienestar del medio ambiente y de las personas dentro de rangos aceptables de confiabilidad.

Una vez más, no es posible establecer recetas generales, el auditor debe decidir cuándo recomienda que se realicen acciones de remediación que permitan alcanzar los parámetros permisibles recomendados por organizaciones internacionales (dada la inexistencia de parámetros nacionales en la actualidad) o cuándo recomienda que se realicen estudios más profundos para definir con mayor certeza y exactitud la magnitud de la afectación y los límites hasta los cuales deben llevarse las acciones de remediación.

Esto último se realiza a través de estudios llamados Análisis de Riesgo (que son diferentes a los Análisis de Riesgo de Procesos), los cuales son proyectos dedicados a la evaluación específica de las condiciones y características litológicas, geológicas y geohidrológicas existentes en el suelo, subsuelo y manto freático de la instalación, la delimitación y caracterización de la pluma contaminante, el grado y extensión de la misma, así como la relación de todos estos factores con aspectos tales como el uso de suelo actual y programado para el predio, las características del área circundante y los mecanismos posibles de exposición de las personas y los seres vivos en general a los contaminantes presentes en el suelo, subsuelo y manto freático en la instalación. Todo lo anterior permite elaborar una especie de esquema a la medida para la zona estudiada, determinándose los niveles que deben alcanzarse por tipo de contaminante en cada medio.

Debido a la profundidad y grado de detalle de este tipo de estudios, exceden los alcances de las auditorías ambientales comúnmente practicadas, sin embargo pueden ser una opción más adecuada como recomendación si el auditor juzga que las evidencias no son suficientes para recomendar un proyecto de remediación o no se cuenta con parámetros de evaluación confiables para su aplicación.

7. CONCLUSIONES.

La cultura y filosofía de control y prevención de la contaminación ambiental se encuentran en pleno desarrollo a nivel mundial y en el país, este desarrollo pasa por una fase muy temprana todavía. Debido a esto, es muy importante fomentar y optimizar todas las herramientas tanto correctivas como preventivas que integran los órganos de gestión ambiental.

Deben incorporarse todas las adiciones técnicas, tecnológicas, legales y sociales requeridas para conseguir que el desempeño de las entidades públicas y privadas, así como de la sociedad en su conjunto, sea compatible con la convivencia entre los seres humanos y su entorno, permitiendo un desarrollo sustentable y atendiendo asimismo, la necesidad de mantener y elevar la calidad de vida de las personas, por medio del cuidado y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

El análisis y revisión de las actividades humanas adquiere una importancia fundamental. No puede pretenderse que las personas y las sociedades abandonen su forma de vida; solamente pueden modificarla adoptando una actitud seria y responsable en cuanto a las repercusiones de sus actos pasados y presentes.

La importancia de las auditorías ambientales en esta materia consiste en identificar y evaluar el desempeño del centro de trabajo y el grado de cumplimiento con las disposiciones normativas ambientales.

De acuerdo con los planteamientos anteriores, se concluye que:

1. La problemática predominante en las instalaciones petroquímicas tiene una relación directa con la carencia de planes, programas y procedimientos de manejo de residuos sólidos y residuos peligrosos.
2. La legislación y normatividad nacionales en materia de manejo de residuos y contaminación al suelo y aguas subterráneas sufren un rezago considerable, por lo cual resulta vital su actualización y complemento.
3. La preparación y desempeño de los grupos encargados de la realización de las auditorías ambientales deben tender hacia la mejora y especialización constante.
4. La disposición y colaboración de las empresas resultan indispensables para alcanzar los objetivos de la auditoría.
5. Se debe fomentar la difusión de las características, objetivos, alcances y desarrollo de las auditorías ambientales a todos los niveles.
6. Las autoridades tienen un papel vital en todas las fases de la realización de las auditorías ambientales y por ello deben vigilar el cumplimiento de todos los términos y especificaciones requeridos para la ejecución de estos trabajos.

7. La realización de auditorías ambientales requiere de la participación y colaboración estrecha de profesionales de diversas áreas.
8. Los participantes en los trabajos de auditoría ambiental, y de manera fundamental los auditores, deben asumir la importancia y trascendencia del contenido de su reporte de auditoría.
9. La prevención y control de la contaminación al suelo, subsuelo y aguas subterráneas son aspectos de importancia fundamental en la actualidad, dado que el abuso y sobreexplotación de las cuales han sido objeto estos recursos, ponen en grave riesgo tanto los beneficios que en el futuro pueden obtenerse de ellos, como el equilibrio natural del cual, por otra parte, también depende la existencia de todos los seres vivos. Las auditorías ambientales en este rubro se constituyen en una herramienta útil para la prevención y remediación de la problemática asociada.
10. Es necesario prevenir el deterioro de las condiciones de los suelos y subsuelos como resultado del depósito de residuos e infiltraciones originados en instalaciones petroquímicas, dado que involucra efectos perjudiciales en los procesos naturales de los suelos y la contaminación de las aguas subterráneas.
11. La importancia que ha ido adquiriendo el manejo de residuos industriales tanto peligrosos como no peligrosos, se ha incrementado paralelamente con las cantidades de los mismos. Es indispensable, por lo tanto, optimizar y vigilar los mecanismos de gestión para el control y prevención de la generación de residuos industriales. Esta es la función que pretenden cubrir en una parte sustancial las auditorías ambientales.

8. ANEXOS.

Anexo I. Formatos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente para la realización de auditorías ambientales.

A continuación se presentan diversos formatos establecidos por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente que se utilizan durante el desarrollo de las auditorías ambientales.

ANEXO "D 2"

REGISTRO DE AUDITORIA AMBIENTAL

AUDITORIA AMBIENTAL No. AA - _____ / _____

EMPRESA AUDITADA

NOMBRE: _____

DIRECTOR

RESPONSABLE:

DESIGNADO

RESPONSABLE:

CARGO: _____

DOMICILIO: _____

DELEG.

O EDO.: _____

MPIO.: _____

FAX: _____

TEL.: _____

GIRO DE LA EMPRESA: _____

EMPRESA AUDITORA

NOMBRE: _____

DIRECTOR RESPONSABLE: _____

AUDITOR RESPONSABLE: _____

DOMICILIO: _____

DELEG.

O EDO.: _____

MPIO.: _____

C.P.: _____

TEL.: _____

FAX: _____

NUM.

DE

CONTRATO: FECHA:

EMPRESA SUPERVISORA

NOMBRE: _____

DIRECTOR RESPONSABLE: _____

AUDITOR RESPONSABLE: _____

DOMICILIO: _____

DELEG. _____ O EDO.: _____

MPIO.: _____

C:P: _____

TEL.: _____

FAX: _____

NUM. _____

DE _____

CONTRATO: FECHA: _____

AUDITORIA AMBIENTAL

FECHA DE INICIO: _____ FECHA DE TERMINACION: _____

COMENTARIOS: _____

ANEXO "D 3"

REGISTRO DE DEFICIENCIAS

EMPRESA AUDITADA: _____ No. DE AUDITORIA: AA - ____ / ____
 AREA RESPONSABLE: _____ No. DE DEFICIENCIA: _____
 EMPRESA AUDITORA: _____ FECHA: _____

DEFICIENCIA (INDICAR EVIDENCIA OBJETIVA Y REQUERIMIENTOS NO CUMPLIDOS):

ACCIONES CORRECTIVAS O PREVENTIVAS RECOMENDADAS:

FECHA DE CUMPLIMIENTO: _____

OBSERVACIONES:

FECHA, NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE DE LA EMPRESA :

FECHA, NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITOR QUE EMITE LA DEFICIENCIA:

FECHA, NOMBRE Y FIRMA DEL AUDITOR QUE CIERRA LA DEFICIENCIA:

ANEXO "D 5"

DOCUMENTO: _____
REVISION POR: _____
SOLUCION POR: _____

LUGAR: _____
FECHA DE REVISION: _____
FECHA DE SOLUCION: _____

No.	COMENTARIO	SOLUCION

ANEXO "D 6"

FORMATO DE REGISTRO DE CAPACITACION DE PERSONAL (CONFORME AL PARRAFO D 2.3.6)

NOMBRE: _____
 ORGANIZACION: _____
 ACTIVIDAD: _____

CLAVE: _____
 CLAVE: _____
 No. DE REGISTRO: _____

	ORGANIZACION:	PERIODO :
1. EDUCACION		
2. EXPERIENCIA		
3. OTRAS APTITUDES		
4. CAPACITACION		
5. OBSERVACIONES:		
_____ _____ _____		
6. POR EL DEPTO. DE CAPACITACION		
NOMBRE: _____		FIRMA: _____
PUESTO: _____		
7. POR LA EMPRESA		
NOMBRE: _____		FIRMA: _____
PUESTO: _____		
LUGAR: _____		FECHA: _____

ANEXO "D 7"
FORMATO DE AVANCE DE AUDITORIA AMBIENTAL

N° DE AUDITORIA: AA - ____ / ____ / ____
 FECHA DE INICIO: ____ / ____ / ____
 FECHA DE TERMINACION: ____ / ____ / ____
 HOJA NUMERO: ____ DE ____

EMPRESA AUDITADA: _____
 UBICACION: _____
 EMPRESA AUDITORA: _____
 EMPRESA SUPERVISORA: _____

ACTIVIDAD	FECHA	
	INICIO	FINAL
1. VISITA PRELIMINAR		
2. PLAN DE AUDITORIA		
ELABORACION Y SOLUCION DE COMENTARIOS		
COMENTARIOS		
LIBERACION POR EL AUDITOR		
3. VISITA DE CAMPO		
DESARROLLO DE LA AUDITORIA		
PROG. DE PRUEBAS Y ANALISIS		
4. EVALUACION Y REPORTE		
ELABORACION Y SOLUCION DE COMENTARIOS		
COMENTARIOS		
LIBERACION POR EL SUPERVISOR		
5. ENTREGA A PROFEPA		

Anexo II. Extracto de la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL/93, QUE ESTABLECE LAS CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS, EL LISTADO DE LOS MISMOS Y LOS LIMITES QUE HACEN A UN RESIDUO PELIGROSO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE

1.- OBJETO

Esta norma oficial mexicana 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.

2.- CAMPO DE APLICACION

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en la definición y clasificación de residuos peligrosos.

3.- REFERENCIAS**NOM-CRP-002-ECOL**

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.

4.- DEFINICIONES**4.1 CRETIB**

El código de clasificación de las características que contienen los residuos peligrosos y que significan: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológicos infecciosos.

4.2 Fuente no específica

Las actividades que generan residuos peligrosos y que pueden aplicarse a diferentes giros o procesos.

4.3 Proceso

El conjunto de actividades físicas o químicas relativas a la producción, obtención, acondicionamiento, envasado, manejo, y embalado de productos intermedios o finales.

4.4 Solución acuosa

La mezcla en la cual el agua es el componente primario y constituye por lo menos el 50% en peso de la muestra.

5.- CLASIFICACION DE LA DESIGNACION DE LOS RESIDUOS

5.1 El procedimiento a seguir por el generador de residuos para determinar si son peligrosos o no, se muestra en el anexo 1.

5.2 Se consideran como peligrosos los residuos clasificados en las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3), y 3 y 4 (anexo 4), así como los considerados en el punto 5.5. En casos específicos y a criterio de la Secretaría de Desarrollo Social, podrán ser exceptuados aquellos residuos que habiendo sido listados como peligrosos en las tablas 1, 2, 3 y 4 de los mencionados anexos, puedan ser considerados como no peligrosos porque no excedan los parámetros establecidos para ninguna de las características indicadas en el punto 5.5.

5.3 Los residuos peligrosos atendiendo a su fuente generadora, se clasifican en residuos peligrosos por giro industrial y por procesos, así como por fuente no específica de acuerdo a las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3), y 3 y 4 (anexo 4).

5.4 Para fines de identificación y control, en tanto la Secretaría no los incorpore en cualquiera de las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3) ó 3 y 4 (anexo 4), los residuos determinados en el punto 5.5 se denominarán como se indica en la siguiente tabla:

CARACTERISTICAS	No. SEDESOL
Corrosividad (C)	P 01
Reactividad (R)	P 02
Explosividad (E)	P 03
Toxicidad al Ambiente (T)	El correspondiente al contaminante tóxico según las Tablas 5, 6 y 7
Inflamabilidad (I)	P 04
Biológico Infecciosas (B)	P 05

5.5 Además de los residuos peligrosos comprendidos en las tablas 1 (anexo 2), 2 (anexo 3), y 3 y 4 (anexo 4), se considerarán peligrosos aquéllos que presenten una o más de las siguientes características: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y/o biológico infecciosas; atendiendo a los siguientes criterios.

5.5.1 Un residuo se considera peligroso por su corrosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.1.1 En estado líquido o en solución acuosa presenta un pH sobre la escala menor o igual a 2.0, o mayor o igual a 12.5.

5.5.1.2 En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55 °C es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 1020), a una velocidad de 6.35 milímetros o más por año.

5.5.2 Un residuo se considera peligroso por su reactividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.2.1 Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.

5.5.2.2 En condiciones normales (25 °C y 1 atmósfera) cuando se pone en contacto con agua en relación (residuo-agua) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.

5.5.2.3 Bajo condiciones normales cuando se ponen en contacto con soluciones de pH; ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo-solución) de 5:1, 5:3, 5:5 reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.

5.5.2.4 Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5 pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades a 250 mg de HCN/kg de residuo o 500 mg de H₂S/kg de residuo.

5.5.2.5 Es capaz de producir radicales libres.

5.5.3 Un residuo se considera peligroso por su explosividad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.3.1 Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno.

5.5.3.2 Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 kg/cm² de presión.

5.5.4 Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente cuando presenta la siguientes propiedad:

5.5.4.1 Cuando se somete a la prueba de extracción para toxicidad conforme a la norma oficial mexicana NOM-CRP-002-ECOL/1993, el lixiviado de la muestra representativa que contenga cualquiera de los constituyentes listados en las tablas 5, 6 y 7 (anexo 5) en concentraciones mayores a los límites señalados en dichas tablas.

5.5.5 Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.5.1 En solución acuosa contiene más de 24% de alcohol en volumen.

5.5.5.2 Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60°C.

5.5.5.3 No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos (a 25°C y a 1.03 kg/cm²).

5.5.5.4 Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes que estimulan la combustión.

5.5.6 Un residuo con características biológico infecciosas se considera peligroso cuando presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

5.5.6.1 Cuando el residuo contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.

5.5.6.2 Cuando contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos.

5.6 La mezcla de un residuo peligroso conforme a esta norma con un residuo no peligroso será considerada residuo peligroso.

6.- MANEJO

6.1 Los residuos que hayan sido clasificados como peligrosos y los que tengan las características de peligrosidad conforme a esta norma oficial mexicana deberán ser manejados de acuerdo a lo previsto en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, las normas oficiales mexicanas correspondientes y demás procedimientos aplicables.

ANEXO 1

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA IDENTIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS

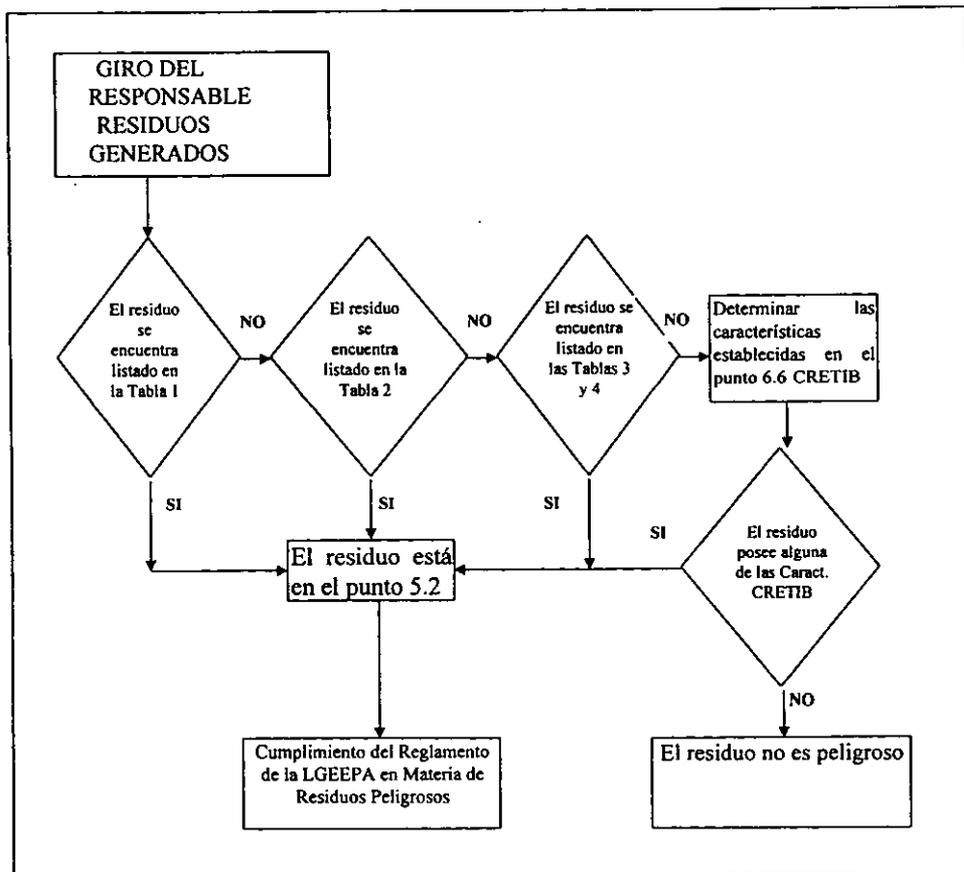


TABLA 1

CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS POR GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO.

No. DE GIRO INDUSTRIAL Y PROCESO	CLAVE CRETIB	RESIDUO PELIGROSO	No.
6. PRODUCCION DE HULE			
6.1 HULE SINTETICO Y NATURAL	(T)	MATERIALES DE DESECHO PROVENIENTES DE LA TRANSFORMACION EN LA MANUFACTURA DE HULE NATURAL Y SINTETICO	RP6.1/01
	(T)	RESIDUOS DE NITROBENCENO PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA INDUSTRIA HULERA.	RP6.1/02
7. MATERIALES PLASTICOS RESINAS SINTETICAS.			
7.1 PRODUCCION DE FIBRA DE RAYON	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.1/01
	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.1/02
	(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.1/03
7.2 PRODUCCION DE LATEX ESTIRENOBUTA DIENO.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.2/01
	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.2/02
	(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.2/03

7.3 PRODUCCION DE RESINAS ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO	(T)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS	RP7.3/01
	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	RP7.3/02
	(T)	LODOS DE AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.3/03
	(T)	PIGMENTOS RESIDUALES	RP7.3/04
7.4 PRODUCCION DE RESINAS DERIVADAS DEL FENOL	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO MONOMEROS	RP7.4/01
	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.4/02
	(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.4/03
7.5 PRODUCCION DE RESINAS POLIESTER	(T)	CATALIZADOR GASTADO	RP7.5/01
	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.5/02
	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.5/03
	(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.5/04
	(T)	PIGMENTOS RESIDUALES.	RP7.5/05
7.6 PRODUCCION DE RESINAS DE POLIURETANO.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.6/01

	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	RP7.6/02
	(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.6/03
7.7 PRODUCCION DE RESINAS DE SILICON.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.7/01
	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.7/02
	(T)	LODOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS SISTEMAS DE LAVADO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.	RP7.7/03
	(T)	SOLVENTES GASTADOS.	RP7.7/04
7.8 PRODUCCION DE RESINAS VINILICAS.	(T,I)	FONDAJES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE MONOMEROS.	RP7.8/01
	(T)	LODOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	RP7.8/02
10. PETROLEO Y PETROQUIMICA.			
10.1 EXTRACCION DE PETROLEO.	(R,I)	RECORTE DE PERFORACION DE POZOS PETROLEROS EN LOS CUALES SE USEN LODOS DE EMULSION INVERSA.	RP10.1/01
10.2 REFINACION DEL PETROLEO.	(T)	NATAS DEL SISTEMA DE FLOTACION CON AIRE DISUELTO (FAD).	RP10.2/01
	(T)	LODOS DEL SEPARADOR API Y CARCAMOS.	RP10.2/02
	(T)	LODOS SIN TRATAR DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO QUE CONTENGAN SUBSTANCIAS TOXICAS QUE REBASAN LOS LIMITES PERMITIDOS POR ESTA NORMA.	RP10.2/03
	(T)	LODOS DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS QUE CONTENGAN METALES PESADOS O SUBSTANCIAS TOXICAS QUE REBASAN LOS LIMITES PERMITIDOS POR ESTA NORMA.	RP10.2/04

10.3			
PETROQUIMICA			
10.3.1	(T)	POLIMERO Y CATALIZADOR USADO DE LA PURGA DE LA TORRE DE APAGADO.	RP10.3.1/01
PRODUCCION DE ACRILONITRILO			
10.3.2	(T)	RESIDUOS DE LA DESHIDROGENACION DEL N-BUTANO.	RP10.3.2/01
PRODUCCION DE BUTADIENO			
10.3.3	(C,T,I)	CLORADOS INTERMEDIOS PROVENIENTES DEL FONDO DE LA COLUMNA REDESTILADORA DE MONOMEROS DE CLORURO DE VINILO	RP10.3.3/01
PRODUCCION DE DERIVADOS CLORADOS			
	(C,T,I)	CLORADOS PESADOS PROVENIENTES DE LOS FONDOS DE LA COLUMNA DE PURIFICACION DE DICLOROETANO.	RP10.3.3/02
10.3.4	(C,T,I)	CROTONALDEHIDO RESIDUAL DEL CORTE LATERAL DE LA TORRE DE DESTILACION DEL PROCESO VIA OXIGENO.	RP10.3.4/01
PRODUCCION DE ACETALDEHIDO			
	(C,T)	CLORACETALDEHIDO PROVENIENTE DEL FONDO DE LA TORRE PURIFICADORA Y TORRE LATERAL DEL PROCESO VIA AIRE.	RP10.3.4/02
10.3.5	(T)	CATALIZADOR CON OXIDOS DE FIERRO, CROMO Y POTASIO PROVENIENTES DEL REACTOR DE DESHIDROGENACION.	RP10.3.5/01
PRODUCCION DE ESTIRENO-ETILBENCENO.			
10.3.6	(T)	DERIVADOS HEXACLORADO PROVENIENTES DE LOS FONDOS DE LA COLUMNA DE RECUPERACION DE PERCLOROETILENO.	RP10.3.6/01
PRODUCCION DE PERCLOROETILENO			

10.3.7 (T,I) LODOS DE LOS SEPARADORES API Y RP10.3.7/01
 TRATAMIENTO CARCAMOS.
 PRIMARIO DE
 EFLUENTES.

ANEXO 3

TABLA 2

CLASIFICACION DE RESIDUOS POR FUENTE NO ESPECIFICA

NO. DE FUENTE	CLAVE	RESIDUO PELIGROSO	NO. INE
1. FUENTES DIVERSAS Y NO ESPECIFICAS.			
1.1 FUENTES ESPECIFICAS.	(T)	ENVASES Y TAMBOS VACIOS USADOS EN EL MANEJO DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS.	RPNE1.1/01
	(T)	LODOS DE DESECHO DEL TRATAMIENTO BIOLOGICO DE AGUAS RESIDUALES QUE CONTENGA CUALQUIER SUBSTANCIA TOXICA AL AMBIENTE EN CONCENTRACIONES MAYORES A LOS LIMITES SEÑALADOS EN EL ARTICULO 5.5 DE ESTA NORMA.	RPNE1.1/02
	(T,I)	ACEITES LUBRICANTES GASTADOS.	RPNE1.1/03
	(T)	RESIDUOS DE BIFENILOS POLICLORADOS O DE CUALQUIER OTRO MATERIAL QUE LOS CONTENGA EN CONCENTRACION MAYOR DE 50 PPM.	RPNE1.1/04
	(T)	RESIDUOS DE EL MANEJO DE LA FIBRA DE ASBESTO PURO, INCLUYENDO POLVO, FIBRAS Y PRODUCTOS FACILMENTE DESMENUZABLES CON LA PRESION DE LA MANO (TODOS LOS RESIDUOS QUE CONTENGAN	RPNE1.1/05

- ASBESTO EL CUAL NO ESTE SUMERGIDO O FIJO EN UN AGLUTINANTE NATURAL O ARTIFICIAL).
- (T) TODAS LAS BOLSAS QUE HAYAN RPNE1.1/06
TENIDO CONTACTO CON LA FIBRA DE ASBESTO, ASI COMO LOS MATERIALES FILTRANTES PROVENIENTES DE LOS EQUIPOS DE CONTROL COMO SON: LOS FILTROS, MANGAS, RESPIRADORES PERSONALES Y OTROS; QUE NO HAYAN RECIBIDO UN TRATAMIENTO PARA ATRAPAR LA FIBRA EN UN AGLUTINANTE NATURAL O ARTIFICIAL.
- (T) TODOS LOS RESIDUOS RPNE1.1/07
PROVENIENTES DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA CUYA MATERIA PRIMA SEA EL ASBESTO Y LA FIBRA SE ENCUENTRE EN FORMA LIBRE, POLVO O FACILMENTE DESMENUZABLE CON LA PRESION DE LA MANO.
- (T) LOS SIGUIENTES SOLVENTES RPNE1.1/08
HALOGENADOS GASTADOS EN OPERACIONES DE DESENGRASADO:
TETRACLOROETILENO,
TRICLOROETILENO, CLORURO DE METILENO, 1,1,1-
TRICLOROETANO,
TETRACLORURO DE CARBONO,
FLUOROCARBONOS CLORADOS Y LOS SEDIMENTOS O COLAS DE LA RECUPERACION DE ESTOS SOLVENTES Y MEZCLAS DE SOLVENTES GASTADOS.
- (T) LOS SIGUIENTES SOLVENTES RPNE1.1/09
HALOGENADOS GASTADOS USADOS EN OTRAS OPERACIONES QUE NO SEA EL DESENGRASADO:
TETRACLOROETILENO, CLORURO

- DE METILENO,
 TRICLOROETILENO, 1,1,1-
 TRICLOROETANO,
 CLOROBENCENO, 1,1,2-
 TRICLORO-1,2,2-
 TRIFLUORETANO,
 ODICLOROBENCENO,
 TRICLOROFLUOROMETANO Y
 1,1,2-TRICLOROETANO; Y LOS
 SEDIMENTOS O COLAS DE LA
 RECUPERACION DE ESTOS
 SOLVENTES Y MEZCLAS DE
 SOLVENTES GASTADOS.
- (T,I) LOS SIGUIENTES SOLVENTES RPNE1.1/10
 GASTADOS NO HALOGENADOS:
 XILENO, ACETONA, ACETATO DE
 ETILO, ETILBENCENO, ETER
 ETILICO, ISOBUTIL METIL
 CETONA, ALCOHOL N-BUTILICO,
 CICLOHEXANONA Y METANOL: Y
 LOS SEDIMENTOS O COLAS DE
 LA RECUPERACION DE ESTOS
 SOLVENTES Y MEZCLAS DE
 SOLVENTES GASTADOS.
- (I,T) LOS SIGUIENTES SOLVENTES RPNE1.1/11
 GASTADOS NO HALOGENADOS:
 TOLUENO, ETIL METIL CETONA,
 DISULFURO DE CARBONO,
 ISOBUTANOL, PIRIDINA,
 BENCENO, 2-ETOXIETANOL; 2-
 NITROPROPANO Y LOS
 SEDIMENTOS DE LA
 RECUPERACION DE ESTOS
 SOLVENTES Y MEZCLAS DE
 SOLVENTES GASTADOS.
- (E,T) LOS SIGUIENTES SOLVENTES RPNE1.1/12
 GASTADOS NO HALOGENADOS:
 CRESOLES, ACIDO CRESILICO,
 NITROBENCENO Y LOS
 SEDIMENTOS DE LA
 RECUPERACION DE ESTOS
 SOLVENTES Y MEZCLAS DE
 SOLVENTES GASTADOS.
- (T) RESIDUOS DEL TRI-TETRA-, O RPNE1.1/13
 PENTAFLOROFENOL
 PROVENIENTES DE SU

- (T) PRODUCCION O DE SU USO COMO REACTANTE, PRODUCTO INTERMEDIO O COMPONENTE DE UNA FORMULACION.
RESIDUOS DE TETRA-PENTA-, O RPNE1.1/14 HEXACLOROBENCENO PROVENIENTES DE SU USO COMO REACTANTE, PRODUCTO INTERMEDIO O COMPONENTE DE UNA FORMULACION, BAJO CONDICIONES ALCALINAS.

ANEXO 5

TABLA 5

CARACTERISTICAS DEL LIXIVIADO (PECT) QUE HACEN PELIGROSO A UN RESIDUO POR SU TOXICIDAD AL AMBIENTE

NO. DE INE	CONSTITUYENTES INORGANICOS	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.1.01	ARSENICO	5.0
C.1.02	BARIO	100.00
C.1.03	CADMIO	1.0
C.1.04	CROMO HEXAVALENTE	5.0
C.1.05	NIQUEL	5.0
C.1.06	MERCURIO	0.2
C.1.07	PLATA	5.0
C.1.08	PLOMO	5.0
C.1.09	SELENIO	1.0

TABLA 6

NO. DE INE	CONSTITUYENTES ORGANICOS	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.O.01	ACRILONITRILO	5.0
C.O.02	CLORDANO	0.03
C.O.03	o-CRESOL	200.0
C.O.04	m-CRESOL	200.0
C.O.05	p-CRESOL	200.0
C.O.06	ACIDO 2,4-	10.0

	DICLOROFENOXIACE TICO	
C.0.07	2,4-DINITROTOLUENO	0.13
C.0.08	ENDRIN	0.02
C.0.09	HEPTACLORO (Y SU EPOXIDO)	0.008
C.O.010	HEXACLOROETANO	3.0
C.0.011	LINDANO	0.4
C.0.012	METOXICLORO	10.0
C.0.013	NITROBENCENO	2.0
C.0.014	PENTACLOROFENOL	100.0
C.0.015	2,3,4,6- TETRACLOROFENOL	1.5
C.0.016	TOXAFENO (CANFENOCLORADO TECNICO)	0.5
C.0.017	2,4,5-TRICLOROFENOL	400.0
C.0.018	2,4,6-TRICLOROFENOL	2.0
C.0.019	ACIDO 2,4,5- TRICLORO FENOXIPROPIONICO (SILVEX)	1.0

TABLA 7

NO. DE INE	CONSTITUYENTE ORGANICO VOLATIL	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.V.01	BENCENO	0.5
C.V.02	ETER BIS (2-CLORO ETILICO)	0.05
C.V.03	CLOROBENCENO	100.0
C.V.04	CLOROFORMO	6.0
C.V.05	CLORURO DE METILENO	8.6
C.V.06	CLORURO DE VINILO	0.2
C.V.07	1,2- DICLOROBENCENO	4.3
C.V.08	1,4- DICLOROBENCENO	7.5
C.V.09	1,2-DICLOROETANO	0.5
C.V.010	1,1-DICLOROETILENO	0.7

NO. DE INE	CONSTITUYENTE ORGANICO VOLATIL	CONCENTRACION MAXIMA PERMITIDA (mg/l)
C.V.011	DISULFURO DE CARBONO	14.4
C.V.012	FENOL	14.4
C.V.013	HEXACLOROBENCENO	0.13
C.V.014	HEXACLORO-1,3-BUTADIENO	0.5
C.V.015	ISOBUTANOL	36.0
C.V.016	ETILMETILCETONA	200.0
C.V.017	PIRIDINA	5.0
C.V.018	1,1,1,2-TETRACLOROETANO	10.0
C.V.019	1,1,2,2-TETRACLOROETANO	1.3
C.V.020	TETRACLORURO DE CARBONO	0.5
C.V.021	TETRACLOROETILENO	0.7
C.V.022	TOLUENO	14.4
C.V.023	1,1,1-TRICLOROETANO	30.0
C.V.024	1,1,2-TRICLOROETANO	1.2
C.V.025	TRICLOROETILENO	0.5

Anexo III. Criterios para agua subterránea y suelo contaminados con hidrocarburos del estado de Arizona (E.U.A.).

AGUA SUBTERRÁNEA						
PRODUCTO	PARAMETRO/ CONSTITUYENTE	TÉCNICA	NIVEL DE DETECCIÓN	NIVEL DE NOTIFICACIÓN	NIVEL DE ACCIÓN	NIVEL PERMISIBLE
Gasolina	TPH	EPA 418.1	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	X>No detectado	X < 1 ppb
	Benceno	EPA 502.2	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	X>No detectado	X < 6 ppb
	Tolueno	EPA 502.2	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	X>No detectado	X < 1,000 ppb
	Étilbenceno	EPA 502.2	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	X>No detectado	X < 700 ppb
	Xilenos	EPA 502.2	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	X>No detectado	X < 10,000 ppb
Diesel	TPH	Igual que para gasolina				
Aceite gastado	Requerimientos específicos para la clase de aceite gastado					
SUELO						
PRODUCTO	PARAMETRO/ CONSTITUYENTE	TÉCNICA	NIVEL DE DETECCIÓN	NIVEL DE NOTIFICACIÓN	NIVEL DE ACCIÓN	NIVEL PERMISIBLE
Gasolina	TPH	ADHS BLS-181	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>100 ppm	X < 100 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)
	Benceno	EPA 8020	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>0.13 ppm	X < 0.13 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)
	Tolueno	EPA 8020	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>200 ppm	X < 200 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)
	Étilbenceno	EPA 8020	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>68 ppm	X < 68 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)
	Xilenos	EPA 8020	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>44 ppm	X < 44 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)
Keroseno	Igual que para gasolina					
Diesel	TPH	ADHS BLS-181	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>100 ppm	X < 100 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)
Jet Fuel	Igual que para gasolina					
Aceite Pesado	Igual que Diesel					
Solventes	TPH	ADHS BLS-181	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>100 ppm	X < 100 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)

SUELO						
PRODUCTO	PARAMETRO/ CONSTITUYENTE	TECNICA	NIVEL DE DETECCIÓN	NIVEL DE NOTIFICACIÓN	NIVEL DE ACCIÓN	NIVEL PERMISIBLE
	Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos	Igual que para gasolina				
Accite gastado	TPH	ADHS BLS-181	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad	Específico del Sitio X>No Det. o X>100 ppm	X < 100 ppm (o el obtenido por análisis de riesgo)
	Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos	No requerido				
	Compuestos Orgánicos Volátiles	EPA 8010	Dependiente del laboratorio	Cualquier cantidad		Específico del compuesto

Anexo IV. Criterios de remediación de suelo del Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente.

Este documento presenta los Intervalos de Criterios de Calidad Ambiental para Sitios Contaminados del Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente. Estos son límites numéricos o disposiciones narrativas tendientes a proteger, mantener o mejorar el uso actual y futuro del suelo y agua en sitios contaminados en general.

CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELO (Valores en ug/g peso seco, a menos que se especifique otra cosa)

PARÁMETROS GENERALES	USO DE SUELO		
	AGRICOLA	RESIDENCIAL/ RECREATIVO	COMERCIAL/ INDUSTRIAL
pH (unidades de pH)	6-8	6-8	6-8
Conductividad (uomh)	2	2	4
Radio de absorción de sodio (adimensional)	5	5	12
PARAMETROS INORGÁNICOS			
Antimonio	20	20	40
Arsénico	20	30	50
Bario	750	500	2000
Berilio	4	4	8
Boro (soluble en agua caliente)	2	-	-
Cadmio	5	5	20
Cromo, +6	8	8	-
Cromo, total	750	250	800
Cobalto	40	50	300
Cobre	150	100	500
Plomo	375	500	1000
Mercurio	0.8	2	10
Molibdeno	5	10	40
Níquel	150	100	500
Selenio	2	3	10
Plata	20	20	40
Talio	1	-	-
Estaño	5	50	300
Vanadio	200	200	-
Zinc	600	500	1500
Cianuro, libre	0.5	10	100
Cianuro, total	5	50	500
Flúor, libre	200	400	2000

PARÁMETROS GENERALES	USO DE SUELO		
	AGRICOLA	RESIDENCIAL/ RECREATIVO	COMERCIAL/ INDUSTRIAL
Azufre, elemental	200	-	-
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS MONOCÍCLICOS			
Benceno	0.05	0.5	5
Etilbenceno	0.1	5	50
Tolueno	0.1	3	30
Clorobenceno	0.1	1	10
1-2, Diclorobenceno	0.1	1	10
1-3, Diclorobenceno	0.1	1	10
1-4, Diclorobenceno	0.1	1	10
Estireno	0.1	5	50
Xileno	0.1	5	50
COMPUESTOS FENÓLICOS			
No clorados (cada uno)	0.1	1	10
Clorados (cada uno)	0.05	0.5	5
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (PAH'S)			
Benzo(a)antraceno	0.1	1	10
Benzo(a)pireno	0.1	1	10
Benzo(b)fluoroanteno	0.1	1	10
Benzo(k) fluoroanteno	0.1	1	10
Dibenzo(a,h)antraceno	0.1	1	10
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0.1	1	10
Naftaleno	0.1	5	50
Fenantreno	0.1	5	50
Pireno	0.1	10	100
HIDROCARBUROS CLORADOS			
Alifáticos (cada uno)	0.1	5	50
Clorobencenos (cada uno)	0.05	2	10
Hexaclorobenceno	0.05	2	10
Hexaclorociclohexano	0.01	-	-
Bifenilos Policlorados	0.5	5	50

9. BIBLIOGRAFÍA.

1. **Asociación Nacional de la Industria Química, A.C.** 1996. La Industria Química y Petroquímica Mexicana. ANIQ. México.
2. **Chow Pangtay, Susana.** 1996. Petroquímica y Sociedad. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. México.
3. **Departamento de Salud de Nueva Zelandia.** 1989. Manejo Seguro de los BPC's. Código de Prácticas. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México.
4. **Hahn, Albert V.** 1970. The Petrochemical Industry. Mc Graw Hill, Inc. U.S.A.
5. **Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.** 1994. Memorias del Curso "Auditorías Ambientales". ITESM. México.
6. **Judson, Sheldon.** 1986. Fundamentos de Geología Física. Limusa. México.
7. **Krynine, Dimitri P.** 1961. Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros. Ediciones Omega, S.A. España.
8. **Mitastein, M.** 1985. Asbesto y Salud en América Latina. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México.
9. **Odum, Eugene P.** 1976. Ecología. Interamericana, 3a. De. México.
10. **Organización Panamericana de la Salud.** 1979. Difenilos y Trifenilos Policlorados. Servicio de Publicaciones y Documentación de la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. México.
11. **Diario Oficial de la Federación.** México. 30 de octubre de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT2-1994. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados..
12. **Diario Oficial de la Federación.** México. 21 de agosto de 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT2-1994. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
13. **Diario Oficial de la Federación.** México. 13 de septiembre de 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT2-1993. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos..
14. **Diario Oficial de la Federación.** México. 23 de agosto de 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-006-SCT2-1993. Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
15. **Diario Oficial de la Federación.** México. 25 de septiembre de 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-010-SCT2-1994. Disposiciones de compatibilidad y segregación para almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
16. **Diario Oficial de la Federación.** México. 25 de septiembre de 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-011-SCT2/1994. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.
17. **Diario Oficial de la Federación.** México. 23 de octubre de 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-043-SCT2-1994. Documento para transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

18. Diario Oficial de la Federación. México. 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93. Que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso.
19. Diario Oficial de la Federación. México. 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-053-ECOL/93. Que establece el procedimiento para prueba de extracción para determinar constituyentes que hacen a un residuo peligroso
20. Diario Oficial de la Federación. México. 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-054-ECOL/93. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL/93.
21. Diario Oficial de la Federación. México. 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL/93. Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radioactivos.
22. Diario Oficial de la Federación. México. 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-056-ECOL/93. Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.
23. Diario Oficial de la Federación. México. 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-057-ECOL/93. Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de confinamiento controlado para residuos peligrosos.
24. Diario Oficial de la Federación. México. 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-058-ECOL/93. Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
25. Diario Oficial de la Federación. México. 13 de diciembre de 1989. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-1/89.
26. Diario Oficial de la Federación. México. 23 de febrero de 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996. Requisitos Durante la Construcción de Pozos de Extracción de Agua para Prevenir la Contaminación de los Acuíferos.
27. Diario Oficial de la Federación. México. 1996. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
28. Diario Oficial de la Federación. México. 28 de enero de 1988. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
29. Instituto Nacional de Ecología. 1993. Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. INE-SEDESOL. México.
30. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología. 1997. Programa para la Minimización y el Manejo Integral de los Residuos Industriales Peligrosos en México. 1996-2000). INE-SEMARNAP. México.
31. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 1996. Términos de Referencia para la Realización de Auditorías Ambientales. PROFEPA-SEMARNAP. México.
32. Department of Health and Human Services. 1991. Un Sistema para la Prevención, Valoración y Control de las Exposiciones a Sitios Peligrosos y sus Efectos a la Salud. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México.
33. Department of Health and Human Services. 1996. Toxicological profile for polychlorinated biphenyls. U.S. Department of Health and Human Services. U.S.A.

34. **Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.** 1997. Auditoría Ambiental. Manual de Capacitación para Auditores. México.