

19  
24



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONTAMINACION Y PROTECCION  
AMBIENTAL EN LA EXPLOTACION  
DE HIDROCARBUROS**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO PETROLERO**

**P R E S E N T A N :**

**JOSE MANUEL GARCIA ORTEGA  
JULIO ROBERTO RAMIREZ RAMIREZ**

DIRECTOR DE TESIS: ING. EDUARDO CERVERA DEL CASTILLO

MEXICO, D. F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1990



## **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.

## INDICE

INTRODUCCION	1
I. LA INDUSTRIA PETROLERA MEXICANA	5
II. LEGISLACION MEXICANA	10
A. General	10
B. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	10
1. Normas preliminares.	10
2. Son asuntos de alcance general en la nación o de interés de la Federación.	11
3. Atribuciones de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.	12
4. Política Ecológica	13
5. Evaluación del impacto ambiental.	13
6. Normas técnicas ecológicas	14
7. Aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos.	15
8. Aprovechamiento racional del suelo y sus recursos.	15
9. Efectos de la exploración y explotación de los recursos no renovables en el	

	equilibrio ecológico.	16
10.	Prevención y control de la contaminación a la atmósfera.	16
11.	Prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.	18
12.	Prevención y control de la contaminación del suelo.	20
13.	Actividades consideradas como riesgosas.	21
14.	Materiales y residuos peligrosos.	21
15.	Inspección y vigilancia.	22
16.	Medidas de seguridad.	22
17.	Sanciones administrativas.	23
18.	Denuncia popular.	23
C.	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental	24
D.	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos	25
	1. Disposiciones generales.	25
	2. Competencia de la SEDUE.	25
	3. Manejo de Residuos Peligrosos.	26
E.	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y	

Control de la Contaminación a la Atmósfera	27
1. Disposiciones generales.	27
2. Emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes fijas	28
F. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas	29
1. Disposiciones generales.	29
2. De la prevención y control de la contaminación de aguas.	29
G. Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias	30
1. Autoridad.	30
2. Organización y competencia.	30
3. Del procedimiento.	31
4. De las excepciones.	31
5. Sustancias.	32
H. Acuerdo por el que el Plan Nacional de Contingencia para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas en el Mar sera de Carácter Permanente y de Interés Social	33
I. Versión Abreviada del Plan de Contingencia para Controlar Derrames de Hidrocarburos y Otras Sustancias Nocivas en el	

Mar.	34
1. <i>Introducción.</i>	34
2. <i>Objetivo.</i>	35
3. <i>Metas.</i>	36
4. <i>Integrantes.</i>	36
5. <i>Administración y recursos.</i>	37
J. Acuerdo que Establece los Lineamientos Para la Formulación, Expedición y Modificación de Normas Técnicas Ecológicas	37
<b>III. LEGISLACION INTERNACIONAL</b>	39
A. General	39
B. Normas	40
C. Derrames en el Mar	40
D. Organismos de Industria Petrolera para el Combate de Contaminación en el Mar	41
<b>IV. CONTAMINACION AMBIENTAL OCASIONADA POR LA INDUSTRIA PETROLERA</b>	43
A. Fuentes de Contaminación	43
1. <i>Contaminación por petróleo.</i>	43
2. <i>Fuentes del petróleo.</i>	45
3. <i>Contaminación por petróleo en tierra.</i>	47
B. Efecto de los Derrames de Petróleo en el Mar	49
C. Contaminación del aire por uso del Petróleo	50
D. Contaminación Acontecida Durante la Perforación y Producción en Tierra y en el	

Mar	51
1. Fuentes de contaminación.	52
2. Contaminación operacional.	53
a. Equipo de seguridad del fuego.	55
b. Remoción de los derrames de aceite.	56
c. Tratamiento de los recortes de perforación.	60
d. Tratamiento de lodo de perforación a base de agua.	62
e. Tratamiento de lodo de perforación a base de aceite.	63
E. Contribución de los Ductos	64
F. Descargas de Plantas Industriales y Otras Descargas en Alcantarillado, en Ríos o en el Mar	66
G. Almacenamiento Doméstico e Industrial	67
1. General.	67
2. Clasificación de los productos de petróleo.	67
3. Riesgos durante el almacenamiento.	69
H. El Factor Humano en la Contaminación por Petróleo	71
V. ORIGEN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION OCASIONADA POR LA PRODUCCION PRIMARIA	73
A. Recolección	75

B.	Separación, Medición, Compresión, Calentamiento, Deshidratación y Desalado	73
1.	Separación de aceite.	76
a.	Separadores primarios.	76
b.	Separadores secundarios.	81
2.	Tratamiento biológico.	83
a.	Lagunas de aeración.	83
b.	Construcciones biológicas rotatorias (BBR).	83
3.	Eliminación final de sólidos suspendidos.	84
a.	Clarificadores.	85
b.	Lagunas de sedimentación.	85
c.	Filtración.	85
a.	Flotación.	86
C.	Almacenamiento	87
D.	Transporte	94

VI.	LA INDUSTRIA PETROLERA MEXICANA FRENTE A LA CONAMINACION	96
A.	Introducción	96
B.	Acciones Preventivas, Correctivas y Predictivas	97
C.	Marco de Referencia Ambiental	100
1.	Terrestre.	100
2.	Marino.	101
D.	Estrategias para la Protección del Medio	102
1.	Terrestre.	102
a.	Estudios de acceso.	103
b.	Pera del fuego.	103
c.	Presión del sistema del	



<i>tratamiento de desechos</i> <i>líquidos.</i>	103
d. <i>Equipo de perforación.</i>	104
e. <i>Áreas adyacentes.</i>	104
2. Marino.	105
a. <i>Acciones preventivas</i> <i>para la protección de</i> <i>costas.</i>	108
b. <i>Acciones correctivas</i> <i>para la limpieza de</i> <i>costas.</i>	108
E. Barco Recuperador de Hidrocarburos	111
VII. CONCLUSIONES	115
BIBLIOGRAFIA	119

## INTRODUCCION

Es difícil encontrar en esta época un problema de mayor actualidad que el de conservación del ambiente. Su importancia reside en que de no detenerse el proceso progresivo de destrucción de la biosfera, se puede originar el desmoronamiento de las condiciones naturales de existencia de la humanidad.

De la correcta solución del problema de la conservación del ambiente depende mucho la posibilidad de desarrollo de la economía nacional, así como, el bienestar y la vida no sólo de las generaciones actuales, sino también de las futuras.

Ahora bien, como el crecimiento ininterrumpido del desarrollo económico va inevitablemente acompañado de una explotación cada vez mayor de los recursos naturales, así como, del deterioro de la calidad del ambiente, lógicamente ha conducido a conferir una gran importancia teórica y práctica al problema de encontrar los nexos óptimos entre la economía y el ambiente, entre las necesidades de desarrollo y la protección y mejoramiento del medio habitado por el hombre.

En un país petrolero como México se necesita tener protección adecuada del medio con el fin de que la contaminación no lo afecte; es por eso que una de las principales preocupaciones del ingeniero petrolero debe ser la de proteger el ambiente.

Entre el desarrollo de la industria petrolera y la ecología existe una estrecha relación que no pasa desapercibida, debido a

la responsabilidad que como individuos y como industria comparten la de respetar la vida y el ambiente.

En los países donde opera la industria petrolera, existe un gran potencial de contaminación ambiental ocasionado por la emisión de humos, polvos y gases; por la extracción de líquidos, la refinación y la producción de petroquímicos.

También por la transportación de crudos y productos refinados, a través de tuberías no exentas de la posibilidad de fugas que pueden contaminar el suelo, el agua y la atmósfera.

Si a esto se agregan los derrames de algún pozo descontrolado, se tendrá una gama grande de posibilidades de contaminación.

Es más, aún durante la etapa de exploración se tiene un impacto sobre el medio al realizar exploraciones de geología superficial, estudios geofísicos de gravimetría, magnetometría y sismología.

Sin embargo, si hay algo de lo que se puede estar seguro con respecto a la contaminación es que se dispone de los medios y la capacidad para disminuirla.

Esto motivó cierta inquietud, lo cual hizo abocarse al estudio de estos medios.

El objetivo de esta tesis es presentar causas, efectos y los medios con los cuales se cuenta para disminuir la contaminación y en su caso tratar de restaurar las condiciones originales ambientales que se encontraban en el lugar en el cual se está

trabajando.

Puesto que toda manifestación de vida esta implicada en algunas actuaciones del hombre, el problema de la contaminación no es un problema de estética o de moral; es más bien un problema de subsistencia.

Bien se sabe que no se intenta aportar nada nuevo en este trabajo; sin embargo, puede resultar de interés para quienes tienen relación con esta actividad.

A continuación se mencionan algunas definiciones importantes descritas por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

**Ambiente:** El conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinado.

**Aprovechamiento racional:** La utilización de los elementos naturales, en forma que resulte eficiente, socialmente útil y procure su preservación y la del ambiente.

**Contaminación :** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier contaminación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

**Contaminante:** Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

**Impacto ambiental:** Modificación del ambiente ocasionada por

la acción del hombre o de la naturaleza.

**Recurso natural:** El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

**Residuo:** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, o tratamiento cuya calidad no permita utilizarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

**Residuos peligrosos:** Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

**Restauración:** Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y el restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales

## I. LA INDUSTRIA PETROLERA MEXICANA

La Industria Petrolera en Mexico ha sufrido diversas transformaciones a través de su historia, iniciándose bajo bases comerciales en 1904, cuando brotó el pozo La Pez número 1, localizado en el hoy Municipio de Ebané del Estado de San Luis Potosí.

Posteriormente, en 1908, con el brote imprevisto e incendio del pozo San Diego de la Mar número 3, localizado en el Municipio de Tantima, al Norte del Estado de Veracruz, de gran resonancia mundial. Se establecieron varias compañías extranjeras, dichas compañías perforaron y explotaron algunos yacimientos petrolíferos del país, tiempo durante el cual, hasta antes de la expropiación, tuvieron bastantes fricciones con el Gobierno en cuanto a legislación petrolera, por la creación de Leyes, Reglamentos y principalmente del Artículo 27 de la Constitución de 1917; pagando impuestos irrisorios, gozando de privilegios económicos y tolerancia gubernamental; explotando a los trabajadores que vivían en condiciones miserables e insalubres, con salarios bajos y trabajos duros; y, en las regiones donde estaban localizadas las áreas petroleras no existían obras de beneficio social tales como hospitales, escuelas, campos deportivos, agua potable, luz eléctrica, a pesar de los grandes ingresos obtenidos por concepto de la explotación de los recursos petroleros.

Los trabajadores organizaron a principios de 1936, el Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana (STPRM), agrupando a todos los pequeños sindicatos existentes.

El STPRM, de inmediato luchó por conseguir el Contrato Colectivo de Trabajo en cuyo proyecto incluía aumento salarial, prestaciones económicas y demandas de otra índole.

Las compañías, en principio, estuvieron de acuerdo en la celebración del Contrato; pero no en cuanto al monto, que consideraban exagerado, a que ascendían el aumento de salarios y prestaciones económicas.

Con ello se desató una fuerte lucha obrero-patronal en la cual tuvo que intervenir el Gobierno Federal, y ante las tácticas dilatorias, campañas publicitarias de desacreditación, presiones económicas y burla a los obreros, se llegó a la decisión, el 18 de Marzo de 1938, siendo Presidente de la República el General Lázaro Cárdenas del Río, de aplicar la Ley de Expropiación en vigor expidiéndose el Decreto correspondiente.

Debido a esto se sucedieron reclamaciones por parte de los Gobiernos de Estados Unidos, Inglaterra y Holanda además de diferentes acciones en contra del País.

Finalmente aceptaron las indemnizaciones del Gobierno Mexicano por los bienes expropiados.

La deuda petrolera quedó totalmente saldada el 31 de Agosto de 1962.

Mientras tanto, a pesar de los problemas iniciales inmediatamente después de la expropiación, la Industria Petrolera creció y se desarrolló hasta forjar lo que esta importante industria es en nuestros días, constituyendo la

prueba irrefutable del error de quienes predijeron abiertamente que los mexicanos "no sabían como" operar una de las industrias más complejas que existen.

Como resultado de la expropiación se creó el organismo descentralizado Petróleos Mexicanos que de acuerdo con el Artículo Primero de la Ley Orgánica del mismo, del 21 de Enero de 1971 publicado en el Diario Oficial el 6 de Febrero de 1971. Se define como sigue: Petróleos Mexicanos creado por Decreto el 7 de Junio de 1939 es un Organismo Público Descentralizado del Gobierno Federal de carácter técnico, industrial y comercial, con personalidad jurídica y patrimonio propio y con domicilio en la Ciudad de México, D.F.

Por lo que se refiere a la Legislación petrolera, se promulgaron en 1958 y 1959 respectivamente, la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia del petróleo y el Reglamento de la misma. La primera establece:

*Artículo Primero:* Corresponde a la Nación el dominio directo, inalienable e imprescriptible de todos los carburos de hidrógeno que se encuentran en el territorio nacional, incluyendo la plataforma continental, en mantos o yacimientos, cualquiera que sea su estado físico, incluyendo los estados intermedios, y que componen el aceite mineral crudo, lo acompañen o se derivan de él.

*Artículo Segundo:* Solo la Nación podrá llevar a cabo las distintas explotaciones de los hidrocarburos, que constituyen la industria petrolera en los términos del Artículo siguiente.



En esta Ley se comprende con la palabra *petróleo* a todos los hidrocarburos a que se refiere el *Artículo Primero*.

*Artículo Tercero:* La industria petrolera abarca:

- I. La exploración, la explotación, la refinación, el transporte, la distribución y las ventas de primera mano del petróleo, el gas y los productos que se obtengan de la refinación de estos.
- II. La elaboración, el almacenamiento, el transporte, la distribución, y las ventas de primera mano del gas artificial.
- III. La elaboración, el almacenamiento, el transporte, la distribución y las ventas de primera mano de aquellos derivados del petróleo que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas.

Además, en 1960, para evitar toda duda al respecto, se modificó el párrafo sexto del Artículo 27 Constitucional, quedando de la forma siguiente:

"Tratándose del petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos y gaseosos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que se hayan otorgado y la Nación llevará a cabo la explotación de estos productos en los términos que señale la Ley Reglamentaria respectiva".

Finalmente, Petróleos Mexicanos tiene como objetivo principal satisfacer las demandas de la creciente y

diversificada industria nacional, los transportes, la mecanización de la agricultura y el consumo doméstico; pero, manteniendo al mismo tiempo una relación adecuada entre el esfuerzo exploratorio, las reservas y la producción tanto primaria como industrial.

## II. LEGISLACION MEXICANA

### A. General.

Dentro de la legislación mexicana existen leyes que regulan la protección del ambiente; a continuación se mencionan extractos de ellas, donde uno de los puntos más importantes es el relativo al petróleo.

### B. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

#### 1. Normas preliminares.

Esta es la ley reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como, la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Los reglamentos de esta Ley se refieren a diferentes capítulos de la misma.

Se considera de utilidad pública el establecimiento de zonas intermedias de salvaguardia por la presencia de actividades consideradas como riesgosas.

2. Son asunto de alcance general en la nación o de interés de la Federación.

La formulación de los criterios generales que deberán observarse en la aplicación de los instrumentos de la política ecológica para la protección de las áreas naturales de la flora y de la fauna silvestre y acuática; para el aprovechamiento de los recursos naturales; para el ordenamiento ecológico del territorio nacional y para la prevención y control de la contaminación del aire, el agua y el suelo.

Las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, que se realicen en bienes y en zonas de jurisdicción federal.

La expedición de las normas técnicas en las materias objeto de esta ley; la regulación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas, según ésta y otras leyes y sus disposiciones generales, por la magnitud o gravedad de los efectos que puedan generar en el equilibrio ecológico o el ambiente.

La protección de la fauna y flora acuáticas en aguas de propiedad nacional o sobre las que la nación ejerce derechos de soberanía y jurisdicción; la protección de la atmósfera en zonas o en caso de fuentes emisoras de jurisdicción federal.

El aprovechamiento racional y la prevención y el control de la contaminación de aguas de jurisdicción

federal, conforme a esta ley, la Ley Federal de Aguas, las disposiciones vigentes de derecho internacional y las normas que de dichas disposiciones se deriven.

La regulación de las actividades relacionadas con la exploración y explotación de los recursos del subsuelo que según el Artículo 27 de la Constitución son propiedad de la nación, en cuanto puedan originar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente; la regulación de las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos.

*S. Atribuciones de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.*

Corresponde a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE): Expedir las normas técnicas ecológicas que serán observadas en todo el territorio nacional.

Proponer al Ejecutivo Federal las disposiciones que regulen las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos en coordinación con la Secretaría de Salud.

Expedir las normas técnicas ecológicas que deberán incorporarse a las normas oficiales mexicanas que se establezcan para productos utilizados como combustibles o energéticos.

#### 4. Política Ecológica.

Para la formulación y la conducción de la política ecológica y la expedición de normas técnicas ecológicas y demás instrumentos previstos en esta ley, en materia de preservación y protección al ambiente y restauración del equilibrio ecológico, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios: Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos.

#### 5. Evaluación del impacto ambiental.

La realización de obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señaladas en los reglamentos y las normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación para proteger al ambiente, deberán sujetarse a la autorización previa del Gobierno Federal, por conducto de la SEDUE o las entidades federativas o municipios, conforme a las competencias que señala esta Ley, así como, el cumplimiento de los requisitos que se les impongan una vez evaluado el impacto ambiental que pudieren originar, sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes.

Cuando se trate de la evaluación del impacto ambiental por la realización de obras o actividades que tengan por objeto el aprovechamiento de los recursos naturales, la SEDUE requerirá de los interesados que en la manifestación del impacto ambiental correspondiente

se incluya la descripción de los posibles efectos de dichas obras o actividades en el ecosistema de que se trate, considerando el conjunto de elementos que lo conforman y no únicamente los recursos que serían sujetos de aprovechamiento.

Corresponderá al Gobierno Federal, por conducto de la SEDUE, evaluar el impacto ambiental, particularmente tratándose de las siguientes materias: Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos y gasoductos; industria química, petroquímica, siderúrgica; exploración, extracción, tratamiento y refinación de sustancias minerales y no minerales, reservadas a la Federación.

#### 6. Normas técnicas ecológicas.

Para los efectos de esta Ley se entiende por norma técnica ecológica, el conjunto de reglas científicas o tecnológicas, emitidas por la SEDUE, que establezcan los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente, y además, que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias en la materia.

Las normas técnicas ecológicas, determinan los parámetros dentro de los cuales se garantizan las condiciones necesarias para el bienestar de la población y para asegurar la preservación y restauración del

equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Las actividades y servicios que originen emanaciones, emisiones, descargas o depósitos, que causen o puedan causar daño al ambiente o afectar los recursos naturales, la salud, el bienestar de la población, o los bienes propiedad del Estado o de los particulares, deberán observar los límites y procedimientos que se fijan en las normas técnicas ecológicas aplicables.

7. *Aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos*

Con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, las autoridades competentes promoverán el tratamiento de aguas residuales y su empleo.

La SEDUE y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en sus respectivas esferas de competencia, realizarán las acciones necesarias para evitar, y en su caso controlar procesos de eutroficación, salinización y cualquier otro proceso de contaminación en las corrientes y cuerpos de aguas propiedad de la nación.

8. *Aprovechamiento racional del suelo y sus recursos.*

Los criterios ecológicos para la protección y aprovechamiento del suelo se considerarán en las actividades de extracción de materias del subsuelo, la exploración, la explotación, el beneficio y



aprovechamiento de sustancias minerales, las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales.

9. *Efectos de la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico.*

Para prevenir y controlar los efectos nocivos de la exploración y la explotación de los recursos naturales no renovables en los ecosistemas, la SEDUE expedirá las normas técnicas ecológicas que permitan la protección de las aguas que sean utilizadas o sean resultado de estas actividades, de modo que puedan ser objeto de otro uso.

La protección de los suelos y de la flora y fauna silvestres, de manera que las alteraciones topográficas que generen estas actividades sean oportuna y debidamente tratadas, y la adecuada ubicación y forma de los depósitos de desmontes, y escorias de las minas y establecimiento de beneficio de los minerales.

Las normas técnicas ecológicas a que se refiere lo anterior serán observadas por los titulares de concesiones, autorización y permisos para el uso, aprovechamiento, exploración y explotación de los recursos no renovables.

10. *Prevención y control de la contaminación a la atmósfera.*

Para la protección a la atmósfera se consideran las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles y

deben ser reducidas y controladas asegurando una calidad de aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Para controlar, reducir o evitar la contaminación a la atmósfera, la SEDUE expedirá las normas técnicas ecológicas para el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

Expedirá las normas técnicas ecológicas para la certificación por la autoridad competente de los niveles de contaminación de la atmósfera provenientes de fuentes determinadas.

En materia de contaminación atmosférica, los gobiernos de los estados y los municipios en los ámbitos de sus respectivas jurisdicciones, convendrán con quienes realicen actividades contaminantes, y en su caso, les requerirán la instalación de equipos de control de emisiones cuando se trate de actividades de jurisdicción local, y promoverán ante la SEDUE dicha instalación en los casos de jurisdicción federal; integrarán y mantendrán actualizado el inventario de fuentes fijas de contaminación y evaluarán el impacto ambiental.

La SEDUE promoverá que en la determinación de usos del suelo que definan los programas de desarrollo urbano respectivos, se consideren las condiciones topográficas, climatológicas y meteorológicas, para asegurar la adecuada dispersión de contaminantes.

11. *Prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.*

En la prevención y control de la contaminación del agua corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; el aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir contaminación, lleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas para reintegrarlas en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas.

Para la prevención y control de la contaminación del agua corresponderá a la SEDUE expedir, en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y las demás autoridades competentes, las normas técnicas para el vertimiento de aguas residuales en redes colectoras, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de aguas, así como, infiltrarlas en terrenos; expedir las normas técnicas ecológicas a las que se sujetará el almacenamiento de aguas residuales, con la intervención que en su caso compete a otras dependencias; fijar condiciones particulares de descarga cuando se trate de aguas residuales generadas en bienes y zonas de jurisdicción federal y de aquellas vertidas directamente en aguas propiedad de la nación.

A la SEDUE, en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Salud; emitir

opinión a la que deberá sujetarse la programación y construcción de nuevas industrias que puedan producir descargas contaminantes de aguas residuales, así como, de las obras e instalaciones conducentes a purificar las aguas residuales de procedencia industrial en los casos de jurisdicción federal.

Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local las descargas de origen industrial, las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción que afecten los mantos acuíferos.

El otorgamiento de asignaciones, autorizaciones, concesiones o permisos para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas en actividades económicas susceptibles de contaminar dicho recurso estará condicionado al tratamiento previo necesario de las aguas residuales que se produzcan.

La SEDUE resolverá sobre las solicitudes de autorización para descargar aguas residuales, sustancias o cualquier otro tipo de residuos en aguas marinas, fijando en cada caso la norma técnica ecológica, condiciones y tratamiento de las aguas y residuos, de acuerdo al reglamento correspondiente. Cuando el origen de las descargas provengan de fuentes móviles o de plataformas fijas en el mar territorial y la zona económica exclusiva, la SEDUE se coordinará con la Secretaría de Marina para la expedición de las autorizaciones correspondientes.

Para la protección del medio marino, el Ejecutivo Federal emitirá los criterios para la explotación, conservación y administración de los recursos naturales vivos y abióticos, del lecho y el subsuelo del mar y de las aguas suprayacentes, así como, los que deberán observarse para la realización de actividades de exploración y explotación en la zona económica exclusiva.

La SEDUE se coordinará con las Secretarías de Marina, de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Salud, de Comunicaciones y Transportes y de Pesca, a efecto que dentro de sus respectivas atribuciones y competencias que intervengan para prevenir, controlar, vigilar y abatir la contaminación del medio marino y preservar y restaurar el equilibrio de sus ecosistemas con arreglo a lo que se establece en la presente Ley, la Ley Federal del Mar, los demás ordenamientos aplicables y las normas vigentes del derecho internacional.

## 12. *Prevención y control de la contaminación del suelo.*

Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se deben controlar los residuos en tanto constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos; es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales e incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje.

Los criterios para prevenir y controlar la

contaminación del suelo se considerarán, en los casos de las autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos.

Los residuos que se acumulen o puedan acumularse o se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar la contaminación del suelo, las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos y las alteraciones en el suelo que cambien su aprovechamiento, uso o explotación.

### *13. Actividades consideradas como riesgosas*

La SEDUE promoverá que en la determinación de los usos del suelo se especifiquen las zonas en que se permitirá el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados como riesgosos por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente, tomándose en consideración las condiciones topográficas, meteorológicas y climatológicas de las zonas, su proximidad a centros de población, previniendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos, los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, sobre los centros de población y los recursos naturales y la infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas.

### *14. Materiales y residuos peligrosos.*

La instalación y operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento,

reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos, requerirá de autorización previa de la SEDUE.

#### *15. Inspección y vigilancia*

Las entidades federativas y municipios, podrán realizar actos de inspección y vigilancia, para la verificación del cumplimiento de esta Ley en asuntos de orden federal.

Las autoridades competentes podrán realizar por conducto de personal debidamente autorizado, visitas de inspección, sin perjuicio de otras medidas previstas en las leyes que puedan llevar a cabo para verificar el cumplimiento de este ordenamiento; en toda visita de inspección deberá levantarse acta, en la que se harán constar en forma circunstanciada los hechos u omisiones que se hubieren presentado durante la diligencia.

#### *16. Medidas de seguridad.*

Cuando existan riesgo inminente de desequilibrio ecológico o casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes, o la salud pública, la SEDUE como medida de seguridad, podrá ordenar el decomiso de materiales o sustancias peligrosas, la clausura temporal, parcial o total, de las fuentes contaminantes correspondientes y promover la ejecución ante la autoridad competente, en los términos de las leyes relativas, de alguna o algunas de las medidas de seguridad que en dichos ordenamientos se

establezcan.

17. *Sanciones administrativas.*

Cuando la gravedad de la infracción lo amerite, la autoridad solicitará a quien los hubiere otorgado, la suspensión, revocación o cancelación de la concesión, permiso, licencia y en general toda autorización otorgada para la realización de actividades comerciales, industriales o de servicios o para el aprovechamiento de recursos naturales que haya dado lugar a la infracción.

18. *Denuncia popular.*

Toda persona podrá denunciar ante la SEDUE, o ante otras autoridades federales o locales según su competencia, todo hecho, acto u omisión de competencia de la Federación, que produzca desequilibrio ecológico o daños al ambiente, contraviniendo las disposiciones de la presente Ley de la Preservación y Restauración del Equilibrio Ecológico.

Si en la localidad no existiere representación de la SEDUE, la denuncia se podrá formular ante la autoridad municipal o, a elección del denunciante, ante las oficinas más próximas de dicha representación.

Si la denuncia fuera presentada ante la autoridad municipal y resulta de orden federal deberá ser remitida para su atención y trámite a la SEDUE.



C. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la  
Protección al Ambiente en Materia del Impacto Ambiental.

*Disposiciones generales*

Deberán contar con previa autorización de la SEDUE, en materia de impacto ambiental, las personas físicas o morales que pretendan realizar obras o actividades, públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en el reglamento y las normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación para proteger el ambiente, así como, cumplir los requisitos que se les impongan; particularmente oleoductos, gasoductos, industrias química, petroquímica y siderúrgica, exploración, extracción, tratamiento y refinación de sustancias minerales y no minerales reservadas a la Federación, con excepción de las actividades de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoelectrica, magnetotelúrica de susceptibilidad magnética y densidad, instalaciones de tratamiento, confinamiento, o eliminación de residuos peligrosos, actividades altamente riesgosas, cuando la obra que pretenda realizarse pueda afectar el equilibrio ecológico de dos o más entidades federativas o de otros países o zonas de jurisdicción internacional.

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

1. Disposiciones generales

Se consideran las siguientes definiciones:

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

**Confinamiento en formaciones geológicas estables:** Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos en estructuras naturales impermeables que garanticen su aislamiento definitivo.

**Contenedor:** Caja o cilindro móvil en el que se depositan para su transporte residuos peligrosos.

**Degradación:** Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

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

2. Competencia de la SEDUE.

Controlar el manejo de residuos peligrosos que se generen en las operaciones y procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo,

utilización, y de servicios; evaluar el impacto ambiental de los proyectos sobre instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos y resolver su autorización.

Autorizar la construcción y operación de instalaciones para el tratamiento de residuos peligrosos o su confinamiento.

Las personas físicas o morales públicas o privadas que con motivo de su actividad generen residuos están obligadas a determinar si estos son peligrosos.

Para la determinación de residuos peligrosos, deberán realizarse pruebas y análisis necesarios conforme a las normas técnicas ecológicas correspondientes y se estará al listado de residuos peligrosos que expida la SEDUE, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Gobernación.

### *3. Manejo de residuos peligrosos*

Se requiere autorización de la SEDUE para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos, así como, para prestar servicios en dichas operaciones sin perjuicio de las disposiciones aplicables en materia de salud y de seguridad e higiene en el trabajo.

E. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

I. Disposiciones generales.

Compete a las entidades federativas y municipios, en el ámbito de sus circunscripciones territoriales y conforme a las distribuciones de atribuciones que se establezcan en las leyes locales, y en especial, la prevención y el control de la contaminación de la atmósfera generada en zonas o por fuentes emisoras de jurisdicción estatal o municipal.

Se consideran las siguientes definiciones:

**Emisión:** La descarga directa o indirecta a la atmósfera de toda sustancia en cualquiera de sus estados físicos o de energía.

**Fuente fija:** Es toda instalación establecida en un sólo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del reglamento y de las normas técnicas ecológicas que de él se deriven, las personas físicas o morales, públicas o privadas que pretendan realizar o que realicen obras o actividades por las que emitan a la atmósfera olores, gases o partículas sólidas o líquidas.

Para los efectos del reglamento se consideran fuentes de jurisdicción federal: las instalaciones, obras o actividades industriales, comerciales y de servicios que realicen las dependencias y entidades de la administración pública federal.

La SEDUE, previos estudios, promoverá ante las autoridades competentes la reubicación de fuentes fijas, cuando las condiciones topográficas y meteorológicas del sitio en que se ubiquen, dificulten la adecuada dispersión de contaminantes a la atmósfera, cuando la calidad del aire así lo requiera o cuando las características de los contaminantes constituyan un riesgo inminente de desequilibrio ecológico.

2. *Emisión de contaminantes a la atmósfera, generada por fuentes fijas.*

Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera para que éstas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes; llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, cuando la fuente de que se trate se localice en zonas urbanas o suburbanas, cuando colinde con zonas con áreas naturales protegidas y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas a juicio de la SEDUE.

Sin perjuicio de las autorizaciones que expidan otras autoridades competentes, las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o pudan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, requerirán licencia de funcionamiento expedida por la SEDUE, la que tendrá una vigencia indefinida.

Sólo se permitirá la combustión a cielo abierto en zonas de jurisdicción federal, cuando se efectúe con permiso de la SEDUE para adiestrar y capacitar al personal encargado del combate de incendios.

**F. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.**

*1. Disposiciones generales.*

El presente reglamento tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, a la observancia de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en toda la República, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea el régimen legal.

*2. De la prevención y control de la contaminación de aguas.*

La prevención y control de la contaminación de las aguas para preservar y restaurar la calidad de los cuerpos receptores, deberá realizarse en los términos de este reglamento mediante los siguientes procedimientos: Tratamiento de las aguas residuales para el control de

sólidos sedimentables, grasa y aceites, materia flotante, temperatura y potencial hidrógeno (pH).

Para los efectos de este reglamento se entiende por:

**Aguas residuales:** Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que no han sido utilizadas con fines industriales, comerciales, agrícolas o pecuarios.

**Cuerpo receptor:** Es toda la red colectora, río, cuenca, cauce, vaso o depósito de aguas que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

**G. Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias.**

*1. Autoridad.*

Por acuerdo presidencial, fue designada la Secretaría de Marina como autoridad competente para el ejercicio de todas y cada una de la funciones contenidas en el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias.

*2. Organización y competencia.*

La Secretaría de Marina para los efectos de este

reglamento ejercerá jurisdicción en el mar territorial y la zona económica exclusiva.

### 3. *Del procedimiento.*

El permiso se otorgará para verter los desechos y otras materias en la zona específicamente determinada por la Secretaría de Marina, desde barcos y aeronaves; las plataformas u otras estructuras utilizarán dichos medios para trasladar sus desechos hasta el lugar indicado para su vertimiento.

Para los efectos de este reglamento debe entenderse como vertimiento, toda evacuación deliberada en el mar por desechos u otras materias, efectuadas desde buques, aeronaves y las que realicen por estos medios las plataformas u otras estructuras.

No se permitirá el abandono o hundimiento deliberado en el mar de ningún barco o aeronave, plataforma u otra estructura que por sí mismos contaminen el ambiente marino.

### 4. *De las excepciones.*

Los propietarios y las personas que se equiparen a ellos, que efectúen vertimiento por causa de fuerza mayor, no serán responsables en los casos que el vertimiento se produzca con motivo de un siniestro no imputable al propietario.

El capitán de la aeronave o nave o el responsable de



alguna plataforma que lleve a cabo un vertimiento por causa de fuerza mayor, deberá rendir inmediatamente a su arribo al puerto más cercano, un informe detallado y pormenorizado a la autoridad competente de la zona : sección al mar más cercana, en el que se justifique la realización del mismo.

La contravención a lo dispuesto en este artículo, aun tratándose de un siniestro, será considerado como vertimiento deliberado.

Para otorgar un permiso de vertimiento de alguna de las sustancias nombradas abajo, la autoridad competente exigirá que éstas puedan degradarse rápidamente en sustancias inocuas, que por los procedimientos físicos, químicos o biológicos a que hayan sido sometidos previamente, no contaminen ni alteren el sabor de los organismos marinos comestibles y que no representen un peligro a la salud humana o a la de los animales domésticos.

### 5. Sustancias.

Petróleo crudo, fuel-oil, aceite pesado, diesel y aceites lubricantes, fluidos hidráulicos y mezclas que contengan esos hidrocarburos, cargados con el fin de ser vertidos.

- H. Acuerdo por el que el Plan Nacional de Contingencias para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas en el Mar Será de Carácter Permanente y de Interés Social.

El Plan Nacional de Contingencias para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas en el Mar, será de carácter permanente y de interés social y aplicable a las áreas cuya soberanía corresponde a la nación de acuerdo con la ley.

La Secretaría de Marina coordinará y ejecutará el plan y se responsabilizará de las acciones para combatir cualquier tipo de contaminación por derrame de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en las costas, mar territorial y zona económica exclusiva.

Se integrará un consejo técnico presidido por el Comandante General de la Armada de la Secretaría de Marina y con representantes de las Secretarías de Salubridad y Asistencia, de Comunicaciones y Transporte, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Educación Pública, de la Defensa Nacional, de Asentamientos Humanos y Obras Públicas y de Patrimonio y Fomento Industrial, así como, la Secretaría de Pesca y Petróleos Mexicanos.

# I. Versión Abreviada del Plan Nacional de Contingencia para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Otras Sustancias en el Mar.

## 1. Introducción.

La creciente explotación de recursos de los fondos marinos entre los que se cuenta el petróleo, además del incremento del tráfico de buques petroleros, petroquímicos y de carga en general, que transportan hidrocarburos y sustancias nocivas en el medio marino, constituyen un riesgo de contaminación.

El propósito del plan de contingencia, consiste en prevenir una reacción oportuna y adecuada en casos de contaminación, a fin de reducir al máximo la extensión de los daños, estableciendo, en consecuencia, procedimientos que permitan a todos los organismos gubernamentales capaces de aportar una contribución, concentrar sus recursos y esfuerzos de manera ordenada con objeto de responder a una emergencia, en este caso provocadas por un derrame de hidrocarburos u otras sustancias nocivas en el mar.

Para lograr lo anterior, es determinante un grado elevado de coordinación y esto se logrará en forma eficaz con una organización que se ajuste a la magnitud e índole del incidente, que sea capaz tanto de hacer frente a derrames pequeños y localizados, como de emprender operaciones de gran envergadura para responder a derrames de consecuencias peligrosas que requieran de la movilización de recursos considerables.

## 2. Objetivo.

El objetivo del presente plan es el establecer una organización con un mando unificado para llevar a cabo planes de acción, para el combate y control de cualquier tipo de contaminación provocada por derrames de hidrocarburos o por cualquier otra sustancia nociva en el mar.

Establecer los mecanismos de coordinación necesaria entre las dependencias federales, estatales, municipales, privadas y población en general, para llevar a cabo en forma efectiva el plan mencionado.

Aplicar y conocer los recursos legales nacionales e internacionales vigentes. Establecer las bases técnicas para que la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental proponga lo conducente, a fin de legislar lo propuesto en el presente plan.

Establecer los mecanismos necesarios a fin de canalizar la erogaciones que por concepto de gastos se efectúen, tramitando ante las Secretarías de Estado correspondientes, la adquisición programada de material y formando un fondo especial para cubrir los gastos propios que una contingencia ocasionaria.

Formar parte de un Plan de Contingencia conjunto entre México y Estados Unidos y otros países con que se creyera conveniente formular este tipo de planes en el ámbito internacional, en caso de derrames.

### 3. Metas.

Prever una reacción oportuna y adecuada ante casos de contaminación marina a fin de reducir al máximo la extensión de los daños.

Actualizar los planes de acción con base al desarrollo tecnológico y las posibilidades económicas del país.

### 4. Integrantes.

A continuación se enlistan las Secretarías de Estado y dependencias descentralizadas integrantes de la Subcomisión de Prevención y Control de la Contaminación del Mar.

SS:	Secretaría de Salud
SEP:	Secretaría de Educación Pública
SDN:	Secretaría de la Defensa Nacional
SHARINA:	Secretaría de Marina
SCT:	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SGOB:	Secretaría de Gobernación
SPESCA:	Secretaría de Pesca

##### 5. Administración y recursos.

En cada plan los recursos humanos, materiales y financieros se escalonarán de la siguiente manera: Primer escalón, recursos de la Armada de México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Petróleos Mexicanos y responsables del derrame; segundo escalón, recursos de las demás dependencias del Ejecutivo Federal involucrados en el plan; tercer escalón, recursos de gobiernos estatales y municipales y particulares.

Considerando que el tiempo de reacción es el factor más importante para hacer frente a los derrames en el mar, los gastos de operación inmediata para combatir un derrame serán cubiertos provisionalmente por los recursos financieros del Gobierno Federal.

##### J. Acuerdo que Establece los Lineamientos para la Formulación, Expedición y Modificación de Normas Técnicas Ecológicas.

El presente acuerdo tiene como propósito establecer los lineamientos que deberán observar las unidades administrativas de la SEDUE, en la formulación, expedición y modificación de las normas técnicas ecológicas.

Las normas técnicas ecológicas tendrán por objeto:

- a) Contribuir a la conservación y aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.

- b) Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente.

En la gaceta SEDUE se publicará:

- a) Las actividades o uso y destino de bienes que se pretendan normar.
- b) La convocatoria mediante la cual se invita a participar a representantes de los sectores social y privado, con amplio reconocimiento en los temas a tratar.

### III. LEGISLACION INTERNACIONAL

#### A. General

Existen muchas y variadas leyes, producto de convenciones multilaterales de relevancia internacional y aplicadas a través de convenciones regionales e incluso bilaterales, reflejando las necesidades del área interesada, con regulaciones y leyes nacionales, algunas de las cuales transforman las obligaciones internacionales y leyes nacionales mientras otras suplen el sistema de reglas internacionales. Los medios para ejecutar la ley son varios. La aplicación de las leyes internacionales contra barcos extranjeros involucra problemas difíciles de jurisdicción. La aplicación de reglas nacionales es en algunos casos un asunto de ley penal y en otros de ley civil.

Para su mejor comprensión la leyes internacionales se dividen en cuatro partes que son las relativas a:

1. Exploración
2. Explotación y producción de aceite, incluyendo su transportación por oleoductos
3. Transportación marina por buques tanque
4. Por y después de su procesamiento.



## B. Normas.

1. No se justifica interferencia con la navegación, pesca o la conservación de recursos vivos en el mar.
2. La expedición de reglamentos para prevenir contaminación por tuberías o exploración y explotación de lecho marino y aceite en el subsuelo.
3. Señalamientos para protección de zonas de seguridad alrededor de instalaciones o dispositivos en los campos terrestres.
4. Notificar de la construcción de instalaciones, mencionando el peligro de su presencia y remoción de desechos o instalaciones abandonadas.
5. Señalamientos de recursos vivientes en zonas riesgosas.
6. Prohibición de operaciones de descarga.
7. Acatamiento en instalaciones de las normas de cuidado en una buena práctica en un campo petrolero.

## C. Derrames en el Mar.

Los países que cuentan con ordenamientos para resolver los problemas ocasionados por derrames en el mar son: Bélgica, Canadá, Dinamarca, República Federal de Alemania, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Holanda, Noruega, Portugal, España, Estados Unidos y Gran Bretaña. Los convenios fundamentales aprobados dentro de

estos países son tratados en relación a los recursos amenazados por la contaminación por petróleo, evaluar el riesgo por contaminación, designación de responsabilidad de limpieza, recursos humanos y técnicos, e investigación y desarrollo de tecnología. También se consideran esquemas de adiestramiento y acuerdos internacionales de cooperación en el derrame de petróleo en aguas europeas. Se hacen avalúos críticos de la respuesta a la mayoría de los derrames ocurridos de los cuales se obtienen conclusiones y tópicos específicos de acción definida.

Las recomendaciones se hacen para mejorar la efectividad de la existencia de convenios nacionales para combatir derrames de petróleo a través de más amplia cooperación internacional. Esto incluye el establecimiento de un inventario de equipo y materiales de limpieza; archivos sobre las propiedades, procedimientos y técnicas de limpieza de petróleo; la promoción de cooperación e intercambio de información relativa a la investigación, desarrollo y pruebas de equipo y materiales de limpieza, el fomento de esquemas de adiestramiento y el intercambio de ciertas técnicas especiales de limpieza.

#### D. Organismos de Industria Petrolera Para el Combate de Contaminación en el Mar.

En Europa existen diversos organismos que se encargan de combatir la contaminación debida a derrames de petróleo. El objetivo de estos organismos es el de proveer asistencia técnica.

A continuación se mencionan algunos de los organismos más importantes, con sus siglas en inglés.

- Asociación Internacional de Industria Petrolera para la Conservación del Ambiente (IPIECA).
- Foro Internacional de Compañías Petroleras Marinas (OCIMF).
- Foro Internacional de Industria Petrolera de Exploración y Producción (E & P Forum)
- Grupo de Estudio de Compañías Internacionales Petroleras para la Conservación del Agua y Aire Europeos Limpios (CONCAWE).

## IV. CONTAMINACION AMBIENTAL OCASIONADA POR LA INDUSTRIA PETROLERA

### A. Fuentes de Contaminación.

#### 1. Contaminación por petróleo.

La contaminación por petróleo, particularmente en el mar y en aguas navegables ha despertado mucho más interés en el público que cualquier otro desperdicio o material derramado, aun cuando este resulte potencial o realmente mucho más peligroso. Son dos las razones:

Primera, el petróleo en general flota en la superficie del agua y puede ser visto aunque sólo sea una capa muy delgada.

Segunda, cualquiera, caminando en la playa o nadando en el mar, es muy probable que se encuentre con capas de aceite, no importando en que parte del mundo se esté.

No es únicamente la contaminación del agua por petróleo la que causa intranquilidad, sino todas las operaciones relativas a la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución del petróleo y sus derivados.

Como se mencionó en el capítulo anterior los diversos países expiden leyes y reglamentación tendientes a reducir los derrames y el consecuente deterioro del medio ambiente y la salud humana.

Las propiedades de los materiales derramados varían, pero existen algunas de carácter general.

El petróleo crudo y sus derivados usualmente despiden un vapor inflamable el cual puede ser fácilmente encendido. El riesgo principal, por tanto, es el de la presencia de fuego y la ocurrencia de una explosión. Esta propiedad da lugar a la reglamentación concerniente a todos los aspectos de transporte y de almacenamiento.

Estos vapores son incoloros y por lo tanto invisibles, y pueden acumularse al nivel del suelo; son medianamente tóxicos y dependiendo de la concentración pueden causar desde desvanecimientos hasta sofocación por la reducción de la cantidad de oxígeno.

Los productos líquidos, especialmente la gasolina, son tóxicos si son ingeridos. El plomo, un aditivo en la mayoría de las gasolinas, incrementa su toxicidad.

La limpieza y reparación de tanques es especialmente peligrosa. La mayoría de los productos del petróleo actúan como solventes muy efectivos y pueden causar dermatitis por un prolongado contacto con la piel.

Las aves marinas son particularmente vulnerables a la contaminación por petróleo. Ellas se posan en la superficie del agua y algunas veces se sumergen deliberadamente en las películas de aceite, tal vez, por que los pájaros ven en el aceite una semejanza con los bancos de peces.

El petróleo destruye el impermeabilizante natural de las plumas de tal manera que pierden sus propiedades protectoras del sol y el ave muere por insolación o cansancio. Además, al limpiarse ellas mismas se intoxican.

## 2. Fuentes del petróleo.

En muchos campos petroleros, los estratos que contienen al petróleo tienen fisuras por las cuales fluye este a la superficie. Los campos pueden estar en tierra o en el mar. Debido a los yacimientos que se localizan en el fondo marino hay un gran número de infiltraciones marinas naturales y se ha estimado que en el mar, debido a esto, se encuentran entre dos decimas y seis toneladas por año de petróleo.

En el pasado, la terminación (brote) de los pozos se efectuaba sin control alguno dando lugar a derrames de aceite crudo.

Actualmente los pozos se terminan debidamente controlados, pero ocasionalmente ocurren accidentes (brotes imprevistos). Se ha estimado que por cada mil pozos perforados uno se puede descontrolar, pero, solamente uno de cada diez mil pozos perforados representa alguna amenaza al medio ambiente.

Cuando la perforación se localiza en el mar, particularmente en aguas profundas, las condiciones adversas incrementan el riesgo de un derrame y hacen más difícil su control.

La mayoría del petróleo que contamina el mar procede de tierra o directamente de descargas de ductos, de refinarias o de plantas petroquímicas en las corrientes de agua de descarga.

Este puede ser desperdicio de petróleo vertido accidental o deliberadamente en las corrientes o la descarga de líquidos oleosos de fábricas de todos los tipos. Los automóviles usan derivados de petróleo que se queman, pero, una parte se descarga como niebla de aceite o bien gotea sobre la calle al caminar o cuando está estacionado.

Una gran parte del aceite usado en automóviles se arroja al drenaje o al terreno al realizar el mantenimiento.

El aceite procedente de cualquiera de estas fuentes, eventualmente llega al mar.

Las descargas directas dentro del mar por buques tanque u otros barcos se pueden dividir en cuatro grupos:

- a) Descargas operacionales durante el lavado del tanque
- b) Descargas por fisuras
- c) Derrames por accidentes marinos
- d) Derrames durante la carga o descarga

FUENTE	APORTE (mtm)	PORCENTAJE	BÁRILES (1000)
Descargas urbanas y ríos	1.0	21.1	13,870
Operaciones de buques tanque	1.33	21.8	9,709
Otras actividades de transportación	0.6	9.8	4,300
Instalaciones costeras (refinerías e industrias químicas en general)	0.8	13.1	5,840
Precipitación atmosférica	0.6	9.8	4,300
Chapopoteras naturales	0.6	9.8	4,300
Accidentes de buques tanque	0.2	3.3	1,460
Producción mar adentro	0.08	1.3	584
<b>TOTAL</b>	<b>6.11</b>	<b>100.0</b>	<b>44,603</b>

### 3. Contaminación por petróleo en tierra.

Hasta aquí, tal vez se ha insinuado que la mayor parte del problema de la contaminación por petróleo ocurre en el mar. Esto está lejos de la realidad, la contaminación del suelo por petróleo y sus derivados es igualmente objetable y es más difícil de llevar a cabo la limpieza y aplicar las medidas correctivas.



Anteriormente, los pozos petroleros fueron perforados sin considerar el medio ambiente, lo cual ocasionó graves daños al medio ambiente.

La mayoría de los derrames en tierra tienen su origen en tanques de almacenamiento o de fugas y de roturas en tuberías.

El petróleo vertido por completo en las corrientes puede recolectarse por medio de represas y bombearlo posteriormente.

El petróleo que se filtra a través del terreno dentro de los acuíferos puede viajar con el agua grandes distancias y en consecuencia contaminar las fuentes de agua potable. Esta agua puede tener sabor a aceite. Pues bien, pequeñas cantidades, particularmente de petróleo o combustibles ligeros de tanques de almacenamiento subterráneos pueden producir muy serios problemas; afortunadamente tales casos son raros pero se debe tener permanentemente gran cuidado.

El petróleo transportado en tanques por carretera o por vía férrea constituye un riesgo latente de contaminación y algunas veces de pérdidas de vidas.

Los productos del petróleo, después de accidentes en vías de comunicación, derramamientos sin fuego, tienden a descargar dentro de las vías fluviales, frecuentemente propiciado por los bomberos, quienes limpian los caminos para reducir el peligro de un incendio y fácilmente conducen a problemas de contaminación del agua.

## B. Efectos de los Derrames del Petróleo en Tierra o en el Mar.

El petróleo y sus componentes que se han derramado dentro del medio ambiente eventualmente se degradan por agentes fisicoquímicos o biológicos, con o sin asistencia humana, y se vuelven inofensivos; pero, en el proceso, pueden causar serios daños a las plantas y animales o a sus medios físicos, y de este modo dificultar el aprovechamiento de los recursos naturales. Es difícil cuantificar o siquiera resumir los efectos de dicha contaminación, ya que existe una gran diversificación en los tipos de aceites. Los efectos de la contaminación por petróleo puede inferir directamente con la industria o el comercio, dañando los centros de recreo o afectando procesos naturales aparentemente no relacionados con asuntos humanos.

La contaminación terrestre por petróleo a causa de derrames sencillos debido a pérdidas menores pero tal vez repetitivas, que se originan en el manejo de pequeñas fábricas que vierten furtivamente sus desperdicios oleosos, constituyen fuentes de contaminación local.

Las lluvias y tormentas acarrear de los estacionamientos y carreteras una cantidad de lubricantes u otros aceites, usualmente ignorados, que pueden también ser una fuente de contaminación local.

La mayoría de la contaminación está localizada en las proximidades a las áreas donde el petróleo se produce, se procesa, se transporta y se usa, puesto que los derrames

rara vez se extienden en el medio ambiente terrestre.

### C. Contaminación del Aire por Uso del Petróleo.

Para mucha gente la contaminación por petróleo del medio ambiente significa buques tanque que naufragaron, chapopote en la playa y tal vez contaminación en los alrededores de su localidad causada por un derrame o por fugas en instalaciones de almacenamiento sobre el terreno o dentro de una corriente de agua.

La contaminación del aire puede producirse por sustancias emitidas cuando el petróleo se refina y sus derivados se queman en motores y en hornos.

Para estar seguros de que no hay un concepto erróneo en cuanto a lo que constituye la contaminación, es conveniente repetir "que el aire tiende a estar contaminado cuando las concentraciones de algunos de sus constituyentes menores son suficientemente altas para causar daño a la salud o a la pérdida de afabilidad". También se deben tomar en cuenta los efectos económicos adversos que ocasiona dicha contaminación a la agricultura y materiales (edificios, monumentos, estructuras metálicas, etc.).

Las sustancias que contaminan el aire a causa del uso de combustibles fósiles, sea carbón o petróleo, y que causan preocupación, son:

Dióxido de carbono

Monóxido de carbono

Oxido de azufre

Oxido de nitrógeno

Humo y tiznes

En adición a éstos, el carbón produce una gran cantidad de polvos y cenizas, y los productos del petróleo son casi enteramente responsables de los siguientes:

Compuestos sulfurosos orgánicos malolientes

Vapores de hidrocarburos

Contaminantes fotoquímicos (smog)

Compuestos de plomo

#### **D. Contaminación Acontecida Durante la Perforación y Producción en Tierra y en el Mar.**

En la contaminación por petróleo durante las actividades de perforación y producción, se debe, como en otras actividades relacionadas con el petróleo, diferenciar entre la contaminación que ocurre durante las actividades operacionales y en los casos de emergencia.

Hay también diferencias entre operaciones en tierra y costa afuera debido a las grandes diferencias en el medio ambiente, el efecto del petróleo en la ecología y las variaciones en equipo impuesto por el medio. Se debe también diferenciar entre las diversas fases de la

se debe principalmente a fallas de los dispositivos de seguridad (preventores) seguido de fallas de la columna de fluido de perforación para contrarrestar la presión natural del yacimiento después de las medidas preventivas operacionales.

Las medidas preventivas pueden ser sobrepasadas por una inesperada presión de formación durante la perforación; por ejemplo, por el paso de gas a través de la columna de fluido reduciendo el peso efectivo de éste. Otra posibilidad puede ser la pérdida de circulación del lodo, cuando en vez de retornar a la superficie se pierde dentro de los estratos de la roca porosa.

Ninguno de estos sucesos en sí significa que ocurra un brote; de ellos, virtualmente en todos los casos los problemas son combatidos por una serie de medidas preventivas. Tales medidas inician con los estudios geológicos iniciales de las formaciones que serán atravesadas. Durante la perforación, muchas variables se registran; la más significativa desde el punto de prevención de un brote lo constituye el registro continuo de la densidad y el volumen del fluido de perforación. Cualquier cambio en este registro obligará a tomar las medidas necesarias como son aumentar la densidad del lodo, suspender la perforación, circular, cerrar los preventores, etc..

#### *2. Contaminación operacional.*

Hasta aquí una gran parte de la atención se ha dado

a las causas de la contaminación por petróleo ocurrida durante la perforación y producción.

El método y grado de tratamiento varia, dependiendo de si se consideran operaciones costa afuera o en tierra, y en el impacto potencial de las descargas resultantes al medio ambiente. En todos los casos las fuentes de tal contaminación pueden ser relativamente fáciles de categorizar.

En operaciones de perforación y producción se pueden esperar emanaciones oleosas debido a defectos mecánicos menores en el sistema, tales como fugas en los sellos de las bombas y la necesidad, en ciertos casos, de depresionar las vasijas en el tratamiento del crudo.

En operaciones de perforación se consideran dos fuentes específicas de contaminación: Primero, cuando se usa fluido de perforación a base de aceite; segundo, cuando se realizan pruebas del pozo.

En operaciones de producción el líquido que fluye desde el pozo usualmente es una mezcla de gas, aceite y agua los cuales se separan, siendo esta última desechada.

En operaciones costa afuera es necesario ampliar el tratamiento dependiendo de la localización, profundidad del agua y de las corrientes marinas y del efecto de las descargas sobre los seres vivientes potencialmente vulnerables.

#### a. *Equipo de seguridad del pozo.*

El equipo de seguridad está diseñado para cerrar el pozo automáticamente si el peso de la columna del fluido de control no es suficiente para balancear la presión del yacimiento.

En las operaciones de perforación el principal elemento de control son los preventores. Los preventores están diseñados para cerrar el pozo bajo diferentes circunstancias.

Los preventores se conectan a la tubería de revestimiento; su arreglo y los rangos de presión dependen del pozo, el estado de la perforación y los posibles problemas que se puedan presentar.

En si los preventores son los elementos más importantes de protección en caso de un brote, más no son los únicos elementos pues también se usan preventores internos colocados dentro de la tubería o válvulas que cierran la sarta de perforación.

En operaciones de producción los sistemas están diseñados para contener y controlar presiones por lo que el equipo de seguridad se incorpora no solamente para controlar, sino también para cerrar el pozo debido a problemas en la cabeza del pozo o en el sistema de producción. El diseño de la cabeza del pozo y de los sistemas de seguridad está determinado por las presiones involucradas, flujos anticipados, el grado de mantenimiento requerido del pozo y el

tipo de aceite producido.

El elemento usado en la cabeza del pozo se conoce como árbol de válvulas.

Las válvulas automáticas de seguridad superficiales normalmente se instalan corriente abajo de la válvula maestra y son diseñadas para cerrar el pozo en caso de que se excedan ciertos límites especificados de presión o temperatura. También se usan válvulas subsuperficiales de seguridad.

#### 8. *Remoción de los derrames de aceite*

En caso de derrame de aceite se deben tomar medidas para la contención y la limpieza, particularmente cuando son amenazados sistemas ecológicos vulnerables.

En tierra dichas precauciones pueden involucrar el uso de palas mecánicas para reunir el aceite y que sea fácilmente recogido; en el mar el aceite de la superficie se recolecta con equipo especial o se pueden usar dispersantes.

Es de mucha importancia conocer el destino del aceite derramado en el mar y la capacidad del aceite para dispersarse naturalmente por la acción del viento y las corrientes; esto se puede determinar para conocer las áreas que serán afectadas y de esta manera protegerlas.



En el mar existen tres fenómenos naturales que afectan los remanentes de aceite en la superficie:

El primero de estos es la evaporación, que depende del espesor de la película, temperatura y turbulencias en el mar.

El segundo es la solución de los componentes ligeros del aceite, este fenómeno es de poca importancia desde el punto de vista de remoción de aceite, no así desde el punto de vista ecológico. La solubilidad de tales componentes es baja, ocurre en la superficie y se evaporan rápidamente.

El último es la dispersión natural. Ocurre cuando se forman pequeñas gotas de aceite por la acción del oleaje y en una capa en la parte superior del agua. Estas gotas, que ocupan una superficie amplia, se biodegradan en el agua. La proporción de aceite que se dispersa en la superficie debido a este fenómeno es alta y se incrementa con la acción del oleaje.

El agua producida, por lo general, acarrea residuos de aceite y debe ser previamente tratada antes de su descarga. Tal tratamiento está usualmente basado en dos procesos o una combinación de ambos. El primero consiste en un tratamiento por gravedad, utilizando separadores similares a los interceptores de lámina corrugada usados en las refinarias; frecuentemente se usan baterías de dos en serie. El segundo es mediante el uso de celdas de flotación en serie. Aquí, el petróleo, disperso en gotas, se remueve de la superficie mediante aire

finamente dividido y esparcido dentro de cada celda.

Generalmente se usa un separador por gravedad corriente arriba de las celdas de flotación para remover la mayor parte del aceite y mejorar la coalescencia de las gotas, ayudada en muchos casos con la adición de productos químicos. Como los sistemas en operaciones costa afuera son más críticos, los trenes de separación frecuentemente son duplicados.

En perforación, en tierra o costa afuera, el uso de fluidos de perforación a base de aceite requiere de tratamiento especial.

El lodo a base de aceite no se usa habitualmente, siendo una alternativa costosa en comparación con un fluido a base de agua; sin embargo ciertas formaciones se pueden afectar adversamente por la presencia de agua, la cual puede, por ejemplo, causar hinchazón o debilitamiento.

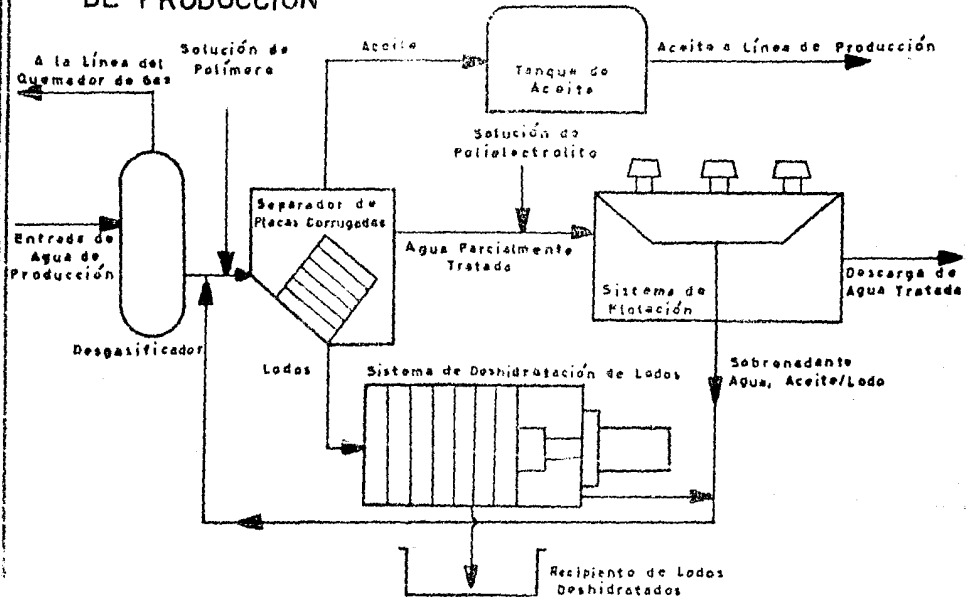
Los problemas de contaminación se pueden originar por dos causas:

Primero, la dispersión de los cortes oleosos.

Segundo, derrames de lodo durante la perforación cuando la tubería se extrae del pozo.

En el segundo caso, dicho derrame casi invariablemente retorna a la presa de tratamiento.

# DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE PRODUCCIÓN



Los cortes oleosos, en plataformas, se lavan para remover el aceite, previamente a su desecho. En tierra este problema es menos crítico, puesto que el aceite en los cortes se biodegrada con su exposición al aire.

El fluido a base de aceite es usualmente dispuesto para su incineración.

Los tratamientos dados a los diversos residuos obtenidos son:

*c. Tratamiento a recortes de perforación.*

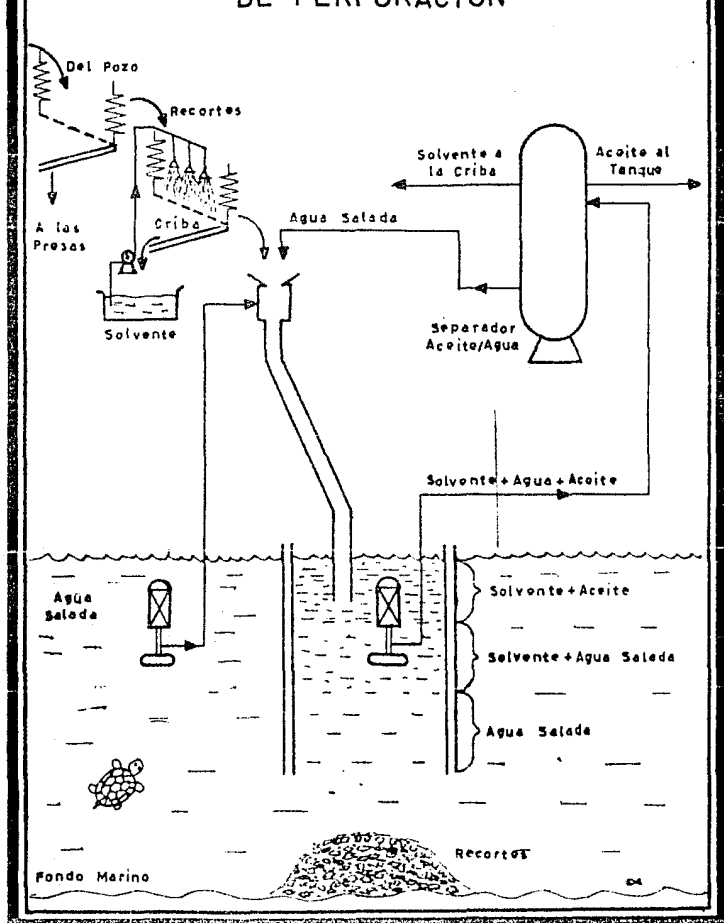
Estos son fragmentos de las rocas que van siendo penetradas durante la perforación de un pozo. Están constituidas de material inerte.

Debido a su naturaleza inerte, este tipo de materiales pueden desecharse directamente al mar, cuando los pozos son costa afuera, excepto los impregnados de hidrocarburos, los cuales deben ser lavados con el equipo apropiado.

Uno de los equipos utilizados para el lavado de recortes consiste en un tubo vertical inmerso en agua a través del cual los recortes se descargan al mar después de lavarse con solvente y agua.

Estas unidades constan de cribas vibradoras y de boquillas por donde el solvente se automatiza sobre los recortes de perforación. El exceso de solvente se recircula a un depósito y se vuelve a utilizar.

# SISTEMA PARA LAVADOS DE RECORTES DE PERFORACION



Continuando con el proceso, los recortes son enjuagados con agua de mar y está corriente de recortes, solventes y agua de mar se descarga en el tubo vertical.

El fluido sobrenadante en el tubo vertical, aceite y solvente, se bombea a un separador, donde el solvente se manda a las cribas vibratorias y el aceite al tanque de recuperados.

Cuando se trata de pozos en tierra, los recortes son enviados a la presa de desperdicio, donde en caso que los recortes estén impregnados de aceite, éste se biodegrada como ya se mencionó anteriormente.

*d. Tratamiento de lodo de perforación a base de agua.*

Este lodo es una suspensión de arcilla y barita en agua, ya sea dulce, salada o saturada con cloruro de sodio.

A este tipo de lodo se le agregan aditivos; estos compuestos se adicionan en pequeñas cantidades de tal forma que no constituyen un riesgo de contaminación.

Cuando se trata de un pozo terrestre, los lodos de perforación a base agua se desechan directamente a las presas de desperdicio.

En el caso de que el pozo sea costa afuera, el lodo se desecha usualmente en el mar.

e. *Tratamiento de lodo de perforación a base de aceite.*

Como ya se mencionó el fluido de perforación a base de aceite se utiliza cuando la formación tiene características tales que se presenta inestabilidad del agujero, derrumbes, flujo por mantos salinos, corrosión y altas temperaturas.

Su uso puede causar riesgos de contaminación si no se tiene cuidado al desecharlo. Si se tienen las precauciones debidas en su manejo, este fluido puede usarse sin peligro.

Cundo se trata de pozos terrestres, los fluidos son incinerados.

Cuando se trata de pozos en el mar, los fluidos deben almacenarse, y transportarse a tierra, en donde pueden ser incinerados o tratados.

Durante las pruebas del pozo, el petróleo que fluye desde él, para probar el potencial del yacimiento, se elimina a través de un quemador o se almacena en tanques portátiles.

El tratamiento en tierra del agua producida es semejante al de las descargas de las refinarias, e invariablemente incluirá separación por gravedad seguido por un tratamiento adicional dependiendo de la capacidad del receptor del agua para soportar la recarga biológica.

En algunos casos, tanto en tierra como en el mar, puede ser práctico el reinyectar el agua dentro del yacimiento, lo cual omite la necesidad del tratamiento. Sin embargo, esto depende de las características del yacimiento ya que en algunos casos la reinyección puede inhibir la recuperación de aceite.

#### E. Contribución de los Ductos.

Actualmente los ductos transportan una inmensa cantidad de aceite, gas y otros productos; son seguros, confiables y ambientalmente recomendables.

El que sólo se pierda una pequeña fracción, debido a alguna de las formas de derrame que se mencionan, se logra mediante la aplicación de buenos principios de ingeniería de proyectos y adecuadas construcciones, aunado con una operación práctica y el mantenimiento adecuado.

Causas de derrame:

- Fallas mecánicas:

Fallas en la construcción

Defectos de los materiales o  
componentes

-Error operacional:

Mal funcionamiento del sistema



Error humano

-Amenaza natural:

Deslizamientos

Hundimientos

Inundaciones

-Corrosión:

Galvánica

Bacteriana

Electrolítica

-Otras causas:

Daños accidentales por trabajos en el  
ducto

Daños accidentales por trabajos  
adyacentes a los ductos

Daños por vandalismo o actividades  
maliciosas

F. Descargas de Plantas Industriales y Otras Descargas en el Alcantarillado, en Ríos y en el Mar.

La mayoría de los derrames son el resultado de fallas del equipo o de un error humano. Sin embargo, despreciando el petróleo transportado por el viento, casi un tercio del petróleo que se encuentra en el mar se origina en la tierra. Esto se puede prevenir con la instalación conveniente de equipos de tratamiento y con el ejercicio permanente del debido cuidado.

Las descargas oleosas se originan de numerosas fuentes, las principales son:

Refinerías

Plantas petroquímicas

Fábricas diversas

Áreas de almacenamiento, depósito y venta de petróleo y sus derivados

Estaciones de gasolina

Talleres de ingeniería

Fábricas de acero

Estaciones de mantenimiento de automóviles

Otras fuentes

## G. Almacenamiento Doméstico e Industrial.

### 1. General.

Los productos de petróleo se usan ampliamente como combustibles de vehículos, para uso en sistemas de calefacción en locales domésticos y comerciales, como lubricantes, como materia prima en la elaboración de productos químicos, para la generación de energía.

Con tan amplio rango de productos a almacenar, es necesario tener algún conocimiento de las propiedades de cada producto y el tipo de almacenamiento más apropiado para cada caso, así el derrame y el consecuente daño al medio ambiente se evita o al menos se minimiza.

### 2. Clasificación de los productos del petróleo.

El petróleo, o petróleo crudo, es una mezcla compleja de componentes de carbón e hidrógeno con trazas de impurezas como sodio, vanadio, sulfuro y otros elementos. Los componentes ligeros, metano y etano, se separan como gas natural.

El petróleo se transporta a las refinerías para ser procesado para producir gases pesados, propano y butano, que son licuados bajo presión (gas LP) y una variedad de productos líquidos.

Debido a que estos productos líquidos son, en sí mismos, mezclas de diferentes hidrocarburos, se evaporan

y con un calentamiento adicional eventualmente hierven sobre un rango de temperaturas, en vez de hacerlo a una temperatura específica como un componente simple, tal como el agua. El vapor que se desprende es el que se inflama y es por ello que los componentes más ligeros y volátiles que fácilmente despiden vapores a las temperaturas de almacenamiento normales, se inflaman fácilmente.

Los productos más pesados requieren calentarse para producir suficiente vapor para ser capaces de incendiarse; en cualquier caso, únicamente se encenderán cuando se mezcle con aire a ciertas proporciones.

Si el porcentaje de vapor en la mezcla es menor del uno por ciento, la mezcla es demasiado pobre para encenderse y estará abajo del límite inferior de inflamación. Cuando la mezcla contiene más del diez por ciento de vapores de hidrocarburos (para propano y más pesados), la mezcla es demasiado rica para encenderse y estará arriba del límite superior de inflamación.

La siguiente clasificación se usa en la industria petrolera y por corporaciones reguladoras que consideran los riesgos de fuego y los reglamentos aptos para el almacenamiento de un producto del petróleo en particular:

Clase 0      Gases licuados

Clase I      Productos que tienen un punto de inflamación inferior a 21°C

Clase II      Productos con un punto de inflamación entre 21°C y 55°C

Clase III     Productos que tienen un punto de inflamación entre 55°C y 100°C

Productos inclasificables    Productos con un punto de inflamación superior a los 100°C

En los casos donde los productos se almacenan o se manejan a temperaturas superiores a su punto de inflamación se tratan como productos de Clase I, aun cuando normalmente estén dentro de otra clasificación.

### 3. *Riesgos durante el almacenamiento.*

Los mayores peligros encontrados en el almacenamiento de productos de Clase 0 y Clase I son el riesgo de la presencia de fuego y la ocurrencia de una explosión, debido a la facilidad de evaporación de estos productos y de su bajo punto de inflamación. Debido a que los productos de Clase 0 (gas LP) son gases bajo condiciones normales de presión y temperatura, únicamente pueden almacenarse bajo presión a la temperatura ambiente o temperaturas de refrigeración bajo cualquier condición de presión.

Excepto para grandes instalaciones de almacenamiento, normalmente se almacenan en recipientes cilíndricos o esféricos a temperatura ambiente. Se requiere un cuidado especial en el llenado inicial de tales recipientes para remover el aire y evitar la

posibilidad de la formación de una mezcla explosiva gas-aire en él.

También debe evitarse el sobrellenado y represionar el recipiente, de tal manera que no se tenga el suficiente espacio para la expansión térmica del producto líquido.

Para recipientes portátiles, normalmente usados para el transporte y almacenamiento de estos productos, el llenado se lleva a cabo para un peso máximo especificado para cada recipiente y tipo de producto; el peso se calcula para garantizar suficiente espacio para el vapor como seguridad bajo las peores condiciones esperadas.

Cualquier fuga en un recipiente de gas LP será vapor si la fuga esta arriba del nivel de líquido, o de líquido, que se evaporará rápidamente al principio y más lentamente al ir disminuyendo la temperatura por evaporación, si la fuga está abajo del nivel del líquido. En cualquiera de los dos casos la mezcla explosiva inflamable de gas y aire se formará a menos que haya suficiente aire en movimiento que garantice una completa dispersión.

Si la fuga continúa, puede ocurrir una acumulación de gas cerca de ella; el centro de la acumulación es de gas con poco aire y por tanto demasiado rica como para incendiarse; pero, rodeado por una mezcla de gas y aire dentro del rango explosivo. Para minimizar la oportunidad de que se presente tal situación, los

productos de Clase 0 deben almacenarse en lugares bien ventilados que eviten la posibilidad de que un escape de gas de lugar a una fuente de ignición. Esto es necesario para el almacenamiento de productos de Clase I en envases, tambores u otros recipientes, así como, el almacenamiento en tanques convencionales.

Para los productos de Clase II y más pesados los riesgos de fuego son considerablemente menores, pero el riesgo ambiental es más importante.

#### H. El Factor Humano en la Contaminación por Petróleo.

En el decaimiento de los sistemas de alta tecnología en la industria del petróleo es fácil perder de vista el hecho de que la base de todo trabajo es la gente.

Se extrae, transporta, refina y usa el petróleo para servir a las necesidades humanas. Estos procesos son concebidos y dirigidos por operarios humanos y si algo funciona mal es debido a que en alguna parte, en algún tiempo uno o más de ellos cometieron errores. No hay otra causa de los accidentes y de las fuentes de la contaminación.

Tales incidentes son importantes, porque colectivamente se considera que ni la gente ni el medio ambiente deben dañarse por decisiones enfermizas de políticos o técnicos inexpertos.

Las actitudes y opiniones no siempre son racionales. Los especialistas en el análisis de accidentes efectúan

convenciones sobre ciertos incidentes que ocurrieron por causa de error humano y otras donde no.

Si un operador gira una válvula errónea a un tiempo incorrecto es un error humano. Con todo, si se observa a aquel en detalle e invariablemente lo comete, este no es enteramente una falla de él; tal vez la válvula no fue apropiadamente marcada o localizada; él no fue lo suficientemente adiestrado y nunca debió haber sido responsabilizado o no debió haber trabajado demasiadas horas. Todas estas son equivocaciones, pero no de la persona que operó la válvula. En el caso de una válvula corroída se pudo deber a una inadecuada inspección, de una decisión errónea durante el diseño del sistema el cual incorporó una válvula con una especificación inapropiada, una equivocación en el diseño de la válvula que usó los materiales erróneos o de mala calidad, o que tuvo una manufactura defectuosa.



## V. ORIGEN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION OCASIONADA POR LA PRODUCCION PRIMARIA

Las operaciones de recolección, separación, medición, compresión, calentamiento, deshidratación, desalado, almacenamiento y transporte a las plantas de proceso pertenecen al manejo de la producción primaria en la superficie del terreno; esta materia prima está constituida por el aceite, el gas, el condensado, el agua salada, la sal y el sedimento.

### A. Recolección.

Los problemas de contaminación ambiental que se pueden presentar durante la recolección de los hidrocarburos, desde el árbol de válvulas hasta el múltiple de recolección, son por fugas y/o roturas. Dichos problemas pueden ser ocasionados a causa de: Mala calidad de los materiales, corrosión, abrasión, trabajos adyacentes a la tubería o en ella, soldadura defectuosa, daños intencionales o por mal diseño.

### B. Separación, Medición, Compresión, Calentamiento, Deshidratación y Desalado.

En la batería se presentan fugas pequeñas en las conexiones o mal funcionamiento de los elementos que controlan el flujo de aceite y de gas.

Parte del aceite derramado es biodegradado al

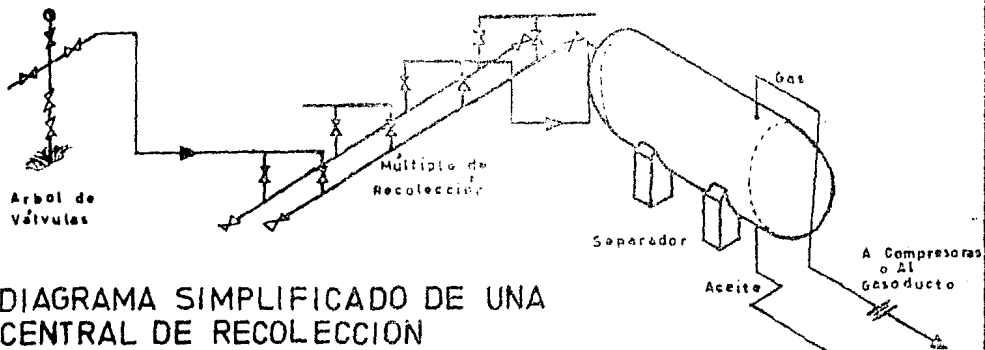
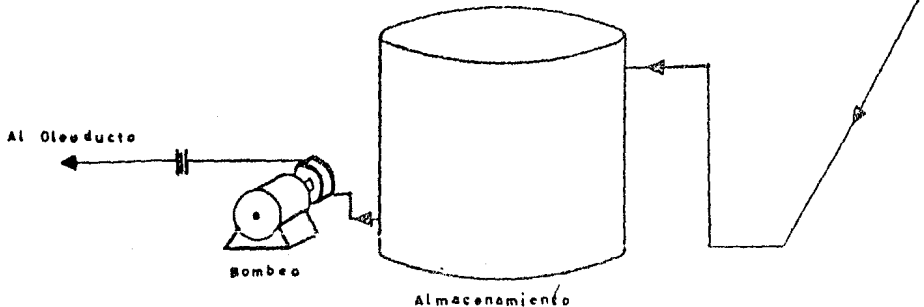


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UNA CENTRAL DE RECOLECCION



contacto con el aire y la otra parte llega a la red de drenaje industrial para su posterior tratamiento.

Durante la reparación o el mantenimiento, se lavan los separadores, los tanques de almacenamiento, los rectificadores, los tanques de balance y las tuberías; los desechos de estas operaciones se descargan a la red de drenaje.

Antes de descargar, estos desechos se deben tratar, siguiendo las recomendaciones que a continuación se mencionan:

- \* Todos los sistemas para el tratamiento de aguas residuales deberán diseñarse en tal forma que el contenido de aceite en el agua que se descarga no sea mayor de 50 ppm en promedio.
- \* Se debe muestrear cuatro veces al mes durante un periodo de 24 horas y se deben efectuar mediciones de pH, temperatura, sedimentos sólidos, sólidos suspendidos, contenido total de aceite y volumen total de la muestra.
- \* No se permite descargar ningún volumen que contenga más de 100 ppm de aceite.
- \* Se debe enviar un informe escrito anual de los resultados a la oficina de la autoridad competente.
- \* Se requieren instalar sistemas de drenajes para facilitar la descarga.

\* Los drenajes después del tratamiento deben contener 50 ppm de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), 150 ppm como máximo de sólidos suspendidos y tener un contenido de cloro residual de un miligramo por litro, después de 15 minutos de retención.

El tratamiento a las descargas consiste de tres etapas básicas que son:

Separación de aceite

Tratamiento biológico

Eliminación de sólidos

También pueden requerirse fosas de retención, manejo de aguas amargas y cáusticas y neutralización.

#### *1. Separación de aceite.*

Se tienen dos tipos de separadores, los primarios y los secundarios. Los separadores primarios se utilizan para eliminación de aceite no emulsionado y sedimentado y los separadores secundarios que eliminan el aceite emulsionado.

##### *a. Separadores primarios.*

La mayoría de los separadores de este tipo, los cuales se aprovechan como principio elemental de separación la fuerza de gravedad, son del tipo API, aunque en los últimos años

se han instalado otros tipos, como de placas paralelas, placas corrugadas, etc..

Estos tipos de separadores producen, más o menos, las mismas características de agua tratada, si es que son bien operados, pero están sujetos a una misma limitación, no pueden eliminar aceite emulsionado.

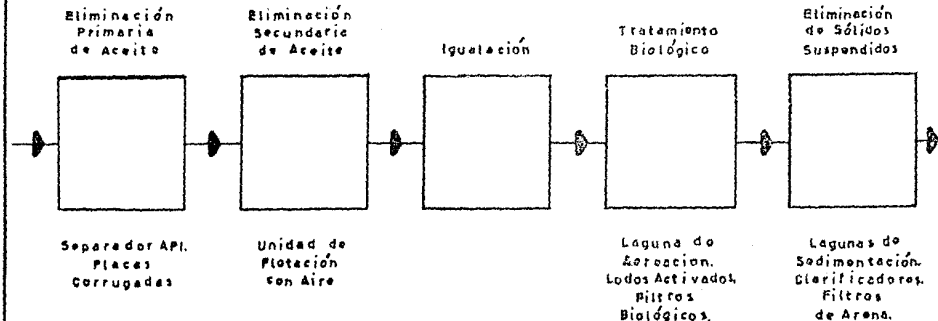
El separador de placas paralelas es más pequeño, fácil de techar y más barato que un separador tipo API, pero su tamaño pequeño lo hace incapaz de manejar lodos que se forman, con lo que no proporciona el tiempo de residencia suficiente como para romper emulsiones inestables.

Otra desventaja es que se presentan desgastes severos en las placas.

Es de preferencia general utilizar separadores del tipo API debido a su simplicidad de internos, los cuales ni se desgastan ni se taponan cuando se manejan sólidos.

Cuando se tiene que usar un separador del tipo de placas paralelas, debido a la falta de espacio, se deben usar paquetes de placas que posean una configuración abierta y no taponable; además se debe la precaución de instalar una leguna aguas arriba del

# SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



separador, la cual tenga la función de colectar los sólidos que la corriente a tratar pudiera arrastrar.

#### a. separador tipo API

El diseño de recipientes de sedimentación o tanques para separar aceite de agua, utilizando para ello la diferencia de densidad relativa existente entre aceite y agua, ha sido objeto de investigación teórica y experimental a lo largo de muchos años. La institución que se ha dedicado a este tipo de estudios es el Instituto Americano del Petróleo debido a lo cual este separador lleva el nombre de API.

El separador tipo API sólo retiene sólidos y líquidos inmiscibles, que por sus características se pueden separar por diferencia de densidad. Este separador no puede separar sólidos disueltos ni romper emulsiones estables.

La eficiencia de operación de un separador a un flujo dado, depende de la temperatura del agua, la densidad y el tamaño de los glóbulos de aceite, así como, de la cantidad y características de la materia en

suspensión presente en el desecho.

Un problema común que se presenta en los separadores que han sido contruidos de gran tamaño para proporcionar bajas velocidades de flujo, necesarias para la separación adecuada del aceite y el agua, es que no es posible dar mantenimiento, ni hay rastra que pueda remover los lodos que se hayan acumulado en el fondo de dicho separador.

**b. separador de placas corrugadas.**

En este sistema se hace que el agua residual entre a una velocidad menor de .3 metros por segundo con lo que las partículas de arena pueden sedimentarse (Flujo laminar), acumulándose en el fondo para ser eliminadas. Por otra parte el aceite que flota se elimina en la superficie por medio de un desnatador.

La capacidad de un separador de placas corrugadas depende del nivel al cual se logre aumentar la velocidad de sedimentación de las partículas a eliminar, esto a su vez depende del flujo, tamaño de la partícula, temperatura y diferencia de densidades



entre el agua y el aceite a separar.

#### 8. Separadores secundarios.

Existen tres tipos comunes de procesos usados para la separación secundaria de aceite:

- Flotación
- Filtración
- Coagulación y sedimentación

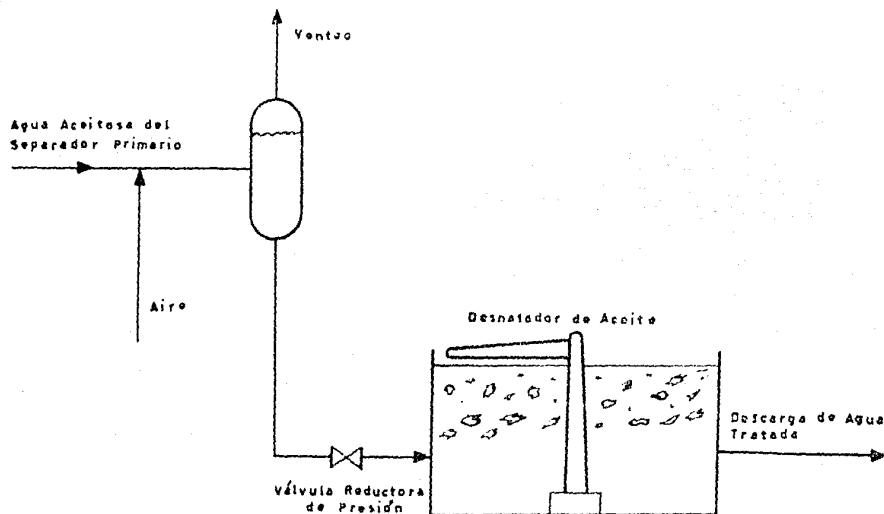
##### a. Flotación por aire disuelto (FAD).

Este es un proceso convencional, en el cual se generan burbujas de aire para flotación, disolviendo primeramente aire a presión en el desecho, y posteriormente dejando descender la presión de tal forma que el aire abandone la solución en forma de burbujas diminutas.

Estas burbujas hacen flotar aceite y/o sólidos a la superficie del agua de desecho en el tanque de flotación, en donde son desnatados.

Usualmente se emplean productos químicos y floculantes para coagular

# UNIDAD DE FLOTACION POR AIRE DISUELTO



el aceite emulsionado, aumentando así la eficiencia de la flotación.

Estos floculantes pueden ser polielectrolitos orgánicos, pero también puede usarse sulfato de aluminio o algún producto similar para lograr mayores eficiencias.

## 2. Tratamiento biológico.

Hay varios tipos de procesos de tratamiento biológico; los más importantes son:

- Lagunas de aeración
- Contactores biológicos rotarios

### a. Lagunas de aeración.

Es el sistema más simple en términos de construcción y operación. La uniformidad en la alimentación en una fosa no es necesaria, dado que estas lagunas proporcionan grandes volúmenes de mezclado perfecto que diluyen baches de contaminante que pueden venir en la descarga.

### b. Contactores biológicos rotarios (CBR).

Este proceso consiste básicamente en una serie de discos montados en una flecha

horizontal rotatoria, parcialmente sumergida en agua residual. En estos discos se presenta un crecimiento bacteriano (especie de lama), el cual se encarga de absorber los contaminantes del desecho y oxidarlos utilizando el oxígeno presente en la atmósfera.

El exceso de crecimiento bacteriano se va desprendiendo de estos discos y fluye junto a la descarga tratada.

Una práctica recomendable a seguir, es cuando se instala un sistema de CBR es incluir una fosa de igualación previa al mismo para que se puedan atenuar las fluctuaciones de carga orgánica a tratar, con lo que se asegura un comportamiento óptimo del CBR y se obtiene una buena eficiencia de eliminación de contaminantes.

### *3. Eliminación final de sólidos suspendidos.*

Los sólidos generados en las etapas de tratamiento biológico deben eliminarse con el fin de cumplir con los límites establecidos de turbidez, sólidos suspendidos y DEO.

En la práctica se utilizan varios procesos para lograr esta eliminación, los principales son:

- Clarificadores

- Lagunas de sedimentación
- Filtración
- Flotación

a. *Clarificadores.*

Consisten en poner claro y transparente el fluido de la descarga, la operación se realiza mediante sustancias llamadas clarificantes (albumina, tanino, etc.).

b. *Lagunas de sedimentación.*

El dimensionamiento de las lagunas de sedimentación se hace tratando de evitar sobrecarga de sólidos y posibles condiciones anaeróbicas. Estas lagunas deben limpiarse periódicamente, dependiendo de la carga de sólidos y del tamaño de la laguna. Se pueden presentar problemas de crecimiento de algas en estas lagunas, lo cual puede contribuir a elevar la concentración de sólidos suspendidos totales en la descarga.

c. *Filtración.*

Pueden usarse filtros de lecho mezclados, pero su mayor desventaja es el alto costo y la necesidad de vigilar la operación si se requiere desinfectar productos químicos

floculantes que permitan la eliminación de algas.

*a. Flotación.*

Es frecuente utilizar máquinas de flotación por aire inducido para mejorar la calidad de las descargas de clarificadores y lagunas de sedimentación. Estas máquinas de flotación cuestan menos que los filtros y tienen buen comportamiento.

Todos los tratamientos mencionados anteriormente pueden usarse independientemente o usando combinaciones de ellos, dependiendo del grado de contaminación de la descarga y de la calidad de agua requerida por las autoridades.

Las características básicas de calidad son:

Sólidos sedimentables	máx	1.0	mg/l
grasas y aceites	máx	70	mg/l
materia flotante		ninguna que pueda ser retenida por malla de 3mm de claro libre cuadrado	
Temperatura	máx	95	C
pH		4.5 a 10.0	

Las fugas de gas se disuelven en el aire y no causan problemas a menos de que se trate de grandes volúmenes y/o contengan gases venenosos. Además existe el peligro de una explosión.

En la deshidratación y desalado del aceite el problema de contaminación comúnmente asociado es el de la descarga del agua, el que ya fue tratado anteriormente.

### C. Almacenamiento.

El almacenamiento es una actividad indispensable en el transporte y manejo de hidrocarburos. La selección del tipo y tamaño de los tanques está regida por la relación producción-consumo, las condiciones ambientales, la localización del tanque y el tipo de fluido a almacenar.

El almacenamiento de hidrocarburos líquidos se puede realizar en tres tipos de instalaciones:

- Superficiales
- Subterráneas
- Buques tanque

El gas es un producto asociado a la producción de aceite. Su manejo y almacenamiento son de igual importancia que el de los hidrocarburos líquidos. Debido a que comparativamente el costo del gas en relación al

del aceite difiere sustancialmente, en muchas ocasiones en la instalación de plantas para el tratamiento de éste producto no se lleva a cabo debido a la magnitud de la inversión que representa.

Para el almacenamiento de gas natural se emplean:

- Tanques superficiales de doble pared
- Tanques superficiales de hormigón reforzado
- Tanques subterráneos a baja temperatura
- Tanques subterráneos de hormigón prensado

La seguridad en cualquier instalación es sumamente importante; este factor toma especial importancia cuando se manejan productos inflamables, de los cuales los hidrocarburos forman parte. Las instalaciones de almacenamiento cuentan con medios para evitar derrames y escape de vapores.

Los dispositivos de control de vapores se colocan en el techo del tanque; dichos vapores se conducen por una tubería para ventearlos a la atmósfera o bien conducirlos a una unidad recuperadora.

Existen sistemas para la detección de incendios y de temperatura; algunos sistemas además controlan el siniestro con el empleo de productos químicos. La colocación de los dispositivos de control debe ser tal que su funcionamiento sea rápido y sencillo.



- Reparación inadecuada de aberturas
- Tensión causada por temblores
- Vibraciones
- Mal diseño

La inspección del tanque de techo flotante es importante para prevenir el goteo o escape de vapores contaminantes al aire. Esta revisión debe incluir la inspección de la selladura del techo flotante.

Los intervalos de inspección están condicionados por los siguientes factores:

- Naturaleza de los materiales empleados
- Resultado de las inspecciones visuales
- Capacidad del equipo
- Corrosión permanente y ritmo de corrosión
- Condiciones en inspecciones previas
- Localización de los tanques

Cuando se trata de almacenamiento en buques tanque, las precauciones durante el vaciado y llenado deben extremarse, ya que cualquier derrame ocasionará una gran contaminación. En general toda maniobra cualquiera que

sea, debe de realizarse con sumo cuidado cuando se trate de buques tanque pues el control de derrames o cualquier manejo deficiente ocasiona grandes pérdidas económicas y fuertes riesgos de incendio.

Las válvulas de presión y vacío pueden fallar debido a la presencia de material pegajoso o carbonoso, la corrosión entre las partes móviles o guías, los depósitos de organismos extraños como pájaros o insectos, formación de hielo o mal uso por personal no capacitado.

Durante las operaciones de carga y descarga, en buques tanque, también debe extremarse la vigilancia para que no vaya a estarse bombeando aceite al agua.

Si llegaran a ocurrir fugas por las conexiones de las mangueras de carga o descarga, deberán suspenderse las operaciones hasta corregir el defecto. En caso de rotura de las mangueras, se deberán suspender todas las operaciones.

Se deben evitar derrames al desconectar las mangueras o cuando menos reducir sus proporciones; si el ajuste en las conexiones no es eficaz, deberá colocarse debajo de éstas un depósito metálico de recolección.

En las terminales marítimas donde existan líneas submarinas, deberá tenerse especial cuidado que las conexiones puedan soltarse con facilidad en cualquier instante y al primer aviso.

Para evitar la contaminación con aceite de las aguas marinas, en los buques tanque en operaciones de carga o descarga deberán taponarse convenientemente todos los imbornales a efecto de prevenir la caída de aceite al agua en caso de ocurrir un derrame fortuito.

Las pérdidas por evaporación durante el almacenamiento de hidrocarburos líquidos no sólo traen consigo la reducción en volumen almacenado, sino que presentan, además, las siguientes desventajas:

- Pérdidas de los vapores que se ventean a la atmósfera
- Reduce el valor de los hidrocarburos líquidos, ya que son las fracciones ligeras de mayor costo, las que se evaporan
- Contaminación ambiental
- Riesgos de explosión
- Aumento de la corrosión en el área destinada a los vapores.

Las causas básicas por las que se origina el desprendimiento de vapores son: cambios de temperatura, agitación, llenado y descarga del tanque y el color exterior del tanque.

encuentran en el techo y pared del tanque, se deberán diseñar a una presión no menor de aquella a la que se diseñan las válvulas de alivio; esto tanto para presión como para vacío. Debe existir una tolerancia en cuanto a la presión existente en el espacio destinado a vapores y la presión de alivio de las válvulas, y de manera que puedan contenerse dentro del tanque los vapores que por temperatura o agitación se desprenden del aceite. La presión máxima permisible para el espacio de vapores no debe exceder de un kilogramo sobre centímetro cuadrado manométrico.

Todos los elementos que se encuentran abajo del nivel del líquido se deberán diseñar para operar a condiciones más severas que el resto del equipo, ya que éstos están sujetos a la carga hidrostática del fluido y a las variaciones de presión por el efecto de llenado y vaciado.

La construcción y capacidad del tanque depende de la cantidad y tipo de fluido que se pretenda almacenar, de su volatilidad y de su presión de vapor.

#### D. Transporte.

Por último durante el transporte por ductos de los hidrocarburos, líquidos y gaseosos, los problemas que se presentan son los mismos que ocurren durante la recolección, sólo que en mayor escala debido a los grandes volúmenes manejados.

Como se observa durante la producción de hidrocarburos.

los riesgos de contaminación más grandes se tienen durante la separación y el almacenamiento; la mayoría de los problemas pueden disminuirse notablemente mediante un buen diseño de los tanques de almacenamiento, así como, de las baterías y de un adecuado programa de mantenimiento.

Los problemas en la recolección y en el transporte de hidrocarburos se presentan generalmente al realizar trabajos en las zonas de tuberías, sin tomar en cuenta las precauciones necesarias.

## VI. LA INDUSTRIA PETROLERA MEXICANA FRENTE A LA CONTAMINACION

### A. Introducción

Una de las políticas fundamentales para la definición y ejecución de las acciones de protección ambiental de la Industria Petrolera Mexicana, es el de lograr que sus actividades se desarrollen en una forma armónica con el medio ambiente.

Es por eso que se fijó el establecimiento de una serie de programas de trabajo, tendientes a evitar o mitigar todo impacto ambiental adverso a la ecología, derivado de su desarrollo.

La diversidad de actividades que realiza la Industria Petrolera Mexicana para la exploración, explotación, transformación, distribución de petróleo y de sus productos derivados, hace que prácticamente en todo el territorio nacional exista algún tipo de instalación.

El desarrollo industrial se ha intercalado con la vida cotidiana de los hombres de las regiones petroleras, y ejerce influencia en su forma de vivir y en su desarrollo socioeconómico. Este fenómeno debe mantenerse en equilibrio para que la vocación del suelo persista y no sufra cambios sustanciales y al mismo tiempo permita que el desarrollo industrial se realice con la única condición de que se conserve la armonía con el medio ambiente.

Debido a esto, la Industria Petrolera Mexicana realiza un programa de estudios de marco de referencia ambiental, en el entorno de los estados de la República donde se desarrollan actividades petroleras, con lo cual se obtiene información de las áreas donde se realizan dichas actividades y sirve para tomar las medidas necesarias, preventivas y correctivas, para evitar afectaciones significativas a los ecosistemas.

Estos estudios están enfocados a conocer los tipos de vegetación, así como, el aprovechamiento del suelo y del mar con respecto a las actividades agrícolas, ganaderas, pesqueras y forestales dentro del área de influencia.

El petróleo ha representado en general para los distintos estados donde se tienen instalaciones un impacto ambiental positivo, su explotación ha sido un factor importante en el desarrollo industrial y socioeconómico, lo que generó en forma paralela la infraestructura necesaria para la creación de polos de desarrollo, que transformaron a pequeñas poblaciones en ciudades importantes.

#### **B. Acciones Preventivas, Correctivas y Predictivas.**

Las actividades que desarrolla la industria petrolera y las características de los productos que maneja representan una fuente de contaminación potencial hacia los ecosistemas aledaños.

Conciente de este riesgo, la Industria Petrolera Mexicana en materia de protección ambiental realiza acciones preventivas, correctivas y predictivas.

Las acciones preventivas se llevan a cabo en forma continua, como parte normal de la operación de las instalaciones y se refieren a los dispositivos anticontaminantes para el tratamiento de las aguas de desecho y la emisión de gases y humos, cuyo objetivo es controlar la calidad de las aguas residuales y disminuir las emisiones a la atmósfera.

Para las emisiones atmosféricas, todas las instalaciones de transformación industrial cuentan con quemadores elevados para la eliminación de gases ácidos. Para el control de las aguas de desecho, en todas las instalaciones petroleras, como baterías de separación, refinarias y centros petroquímicos, se tienen tratamientos primarios donde por métodos físicos se separa el aceite del agua de desecho. En algunas instalaciones de transformación industrial se tiene, además, tratamiento de tipo secundario, el cual consiste en una serie de procesos en los que intervienen reacciones de tipo biológico, que degradan la materia orgánica que se encuentra en la descarga, tal como fue explicado ampliamente en el capítulo anterior.

En caso de que en algunas instalaciones petroleras, estos sistemas de tratamiento se encuentren en etapa de modificación o rehabilitación, las aguas de desecho tendrán un alto contenido de hidrocarburos. En estos casos específicos, se establecen programas de recuperación de hidrocarburos, cuyos resultados evitan afectaciones en áreas aledañas.

Otra de las acciones preventivas consiste en la



realización de diagnósticos ambientales, que cumplen dos objetivos principales: Revisar las condiciones de operación de los dispositivos anticontaminantes para detectar las fuentes de contaminación y conocer la situación que guarda el entorno en un área de dos kilómetros de diámetro.

Las acciones correctivas se llevan a cabo para la atención y control de derrames de hidrocarburos y cuerpos de aguas que se han visto afectados por las emisiones naturales de hidrocarburos, vertimiento de aguas de desecho y derrames accidentales.

Las acciones predictivas se llevan a cabo en todas las áreas donde la industria petrolera desarrolla cualquier actividad y se realizan para dar cumplimiento al procedimiento de impacto ambiental, establecido en la Ley Federal de Protección al Ambiente, la cual fué explicada ampliamente en el segundo capítulo. Estas acciones consisten en estudios ecológicos y marcos de referencia ambiental.

Los estudios ecológicos se realizan para evaluar el posible impacto ambiental en los ecosistemas aledaños a las instalaciones petroleras, en los cuales se incluyen muestreos y análisis fisicoquímicos, tanto en la descarga como en los cuerpos receptores.

Los estudios de marco de referencia ambiental permiten obtener información en áreas donde la Industria Petrolera Mexicana realiza actividades o proyecta construir obras mayores, con el fin de conocer las características de los ecosistemas y evitar o minimizar al máximo las

afectaciones de los mismos.

### C. Marco de Referencia Ambiental.

#### 1. Terrestre.

El marco de referencia ambiental, está enfocado principalmente a los tipos de vegetación y los principales usos del suelo que componen el área de influencia de las instalaciones petroleras.

Con este conocimiento se podrán definir las zonas prioritarias para fortalecer los programas de preservación del medio ambiente; además, esta información permitirá tener un marco de referencia ambiental de zonas donde puedan realizarse a futuro actividades propias del desarrollo de la industria petrolera.

Para conocer el marco de referencia ambiental de la vegetación y uso del suelo en las zonas petroleras, se estableció una zona de estudio comprendida dentro de la superficie limítrofe de cada uno de los distritos de explotación. Dentro de esta zona están localizadas las instalaciones de producción primaria y para efecto de este estudio se incluyen instalaciones que geográficamente están dentro de los límites de los distritos de explotación, pero no son administrados por el distrito, tal es el caso de instalaciones de transformación industrial, y comercialización.

Estas zonas de estudio se estructuraron tomando en

cuenta que las instalaciones petroleras no están concentradas en un área específica, sino que están dispersas, por lo que se trazo un contorno imaginario conforme a una figura irregular, cuyos vértices son las instalaciones ubicadas más al exterior, y se adicionó una franja envolvente de 5 kilómetros de ancho para incluir a esas instalaciones perimetrales.

A estas zonas de estudio se les denominó área de influencia de las instalaciones petroleras.

Estas áreas de influencia tiene como característica principal ser la región donde se concentran las instalaciones petroleras y su infraestructura, por consiguiente, es aquí donde se presenta la mayor cantidad de fenómenos que determinan la interrelación de las instalaciones con el medio ambiente.

La magnitud de la superficie que cubre la zona de estudio de cada distrito de explotación, está determinada por su extensión y no por el número de instalaciones, de tal modo que el área de influencia será distinta para cada distrito de explotación.

## 2. *Mar Lno.*

En el Golfo de México y su litoral se desarrollan importantes operaciones para la producción, transformación y comercialización del crudo, ya que en el se localizan los más grandes yacimientos petroleros del país, particularmente de la Sonda de Campeche, en la cual, en la actualidad se encuentran en explotación 16

campos considerados como supergigantes

De la Sonda de Campeche, se extraen aproximadamente 1.7 millones de barriles de aceite por día. Esta producción representa aproximadamente el 68 % de la producción nacional.

Para conocer el marco de referencia ambiental de la zona marina, se ha establecido una zona de estudio que comprende la plataforma continental del Golfo de México.

#### D. Estrategias para la Protección del Medio.

##### 1. Terrestre.

Se ha establecido un programa de realización de diagnósticos ambientales de las condiciones actuales de las zonas de influencia de los pozos.

El programa de realización de diagnósticos ambientales tiene como objetivo prever, mitigar o eliminar oportunamente cualquier situación de contaminación ambiental, que pudiera generar alguna repercusión al medio ambiente aledaño, y determinar, si es el caso, la existencia de impactos negativos en la zona como resultado de la interacción de la actividad petrolera con el medio físico natural.

En lo referente a la perforación y de acuerdo a lo anterior, durante la realización de los diagnósticos se verifica principalmente el avance y situación actual para cada pozo, en cada uno de los siguientes

conceptos:

a. *Caminos de acceso.*

En la etapa de construcción del camino de acceso se registra el avance del mismo y se comprueba que el derecho de vía no exceda lo estipulado, considerando la topografía del terreno. Una vez que el camino está construido, se hacen observaciones sobre los terrenos deforestados para fines agropecuarios aledaños a los caminos de acceso.

b. *Pera del surgo.*

En su etapa de construcción se lleva un seguimiento de su avance. Cuando la localización ya cuenta con su equipo de perforación y se está perforando, se hacen observaciones sobre el estado de la pera, indicando si existen zonas manchadas o desperdicios, así como, si cuenta con cuneta perimetral y las condiciones de la misma.

c. *Presas del sistema de tratamiento de desechos líquidos.*

Durante la etapa de construcción se lleva un seguimiento del avance de cada una de las presas del sistema, verificando la instalación de los tubos rectos o sifón según sea el caso. Cuando el sistema está en operación se verifican las condiciones de la descarga de cada presa a la presa subsecuente y se inspecciona la conformación de los bordos.

Asimismo, en caso de que las aguas residuales de la segunda presa auxiliar del sistema de tratamiento de desechos líquidos se estén descargando hacia áreas aledañas, y a fin de constatar que éstas se encuentren dentro de los límites máximos permisibles que indica la legislación, se realizan, en forma periódica, muestreos y análisis fisicoquímicos de las mismas. Los puntos de muestreo que se toman en cuenta para el análisis respectivo, son generalmente en la llegada del agua de abastecimiento, en la segunda presa auxiliar y en el cuerpo receptor antes de la descarga de aguas residuales.

Las determinaciones fisicoquímicas que se incluyen en los programas de análisis son: Temperatura, pH, sólidos sedimentables, materia flotante, grasas y aceites, oxígeno disuelto, sulfuros, color, DBO, conductividad y cloruros.

*d. Equipo de perforación.*

Se lleva un seguimiento de la instalación del equipo de perforación y del avance de la profundidad alcanzada, una vez iniciada la perforación.

*e. Áreas aledañas.*

Se hace una inspección de las áreas aledañas a la localización observando si existen áreas manchadas o vegetación afectada como consecuencia de las actividades que se realizan, procediendo a identificar la fuente de contaminación para la

implantación de las medidas para su eliminación.

Asimismo, durante la realización de los diagnósticos ambientales se realizan observaciones sobre los asentamientos humanos e hidrología en la zona, así como, observaciones que permitan conocer la influencia que sufre el medio por la incidencia de otras actividades.

En lo concerniente a la producción se realizan acciones preventivas, correctivas y predictivas lo cual fue discutido en el inciso B.

## 2. Marino.

Los derrames de hidrocarburos en el mar tienen un comportamiento que depende de factores naturales como los vientos, corrientes marinas, temperatura y oleaje. Además de fenómenos naturales como difusión, evaporación, emulsificación, biodegradación, foto-oxidación y dilución, que se manifiestan desde el momento mismo en que se presenta el derrame, provocando alteraciones fisicoquímicas al hidrocarburo derramado. Dichos fenómenos y la naturaleza del crudo intervienen para que se evapore el 40 % de los componentes volátiles del petróleo en las primeras horas de ocurrido el derrame, lo que provoca la formación de un producto muy viscoso, que con la dispersión natural y emulsificación se desintegrará llegando a formar pequeños grumos de aceite y plastas, las cuales se integran lentamente a la columna de agua y son transportados hasta arribar a las playas y costas.

La Industria Petrolera Mexicana conforme a los lineamientos establecidos en el Plan Nacional de Contingencias ha elaborado un plan interno de contingencias para combatir y controlar derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en el mar, el cual es de carácter general y establece los lineamientos de operación y su participación en el control de contingencias en el mar.

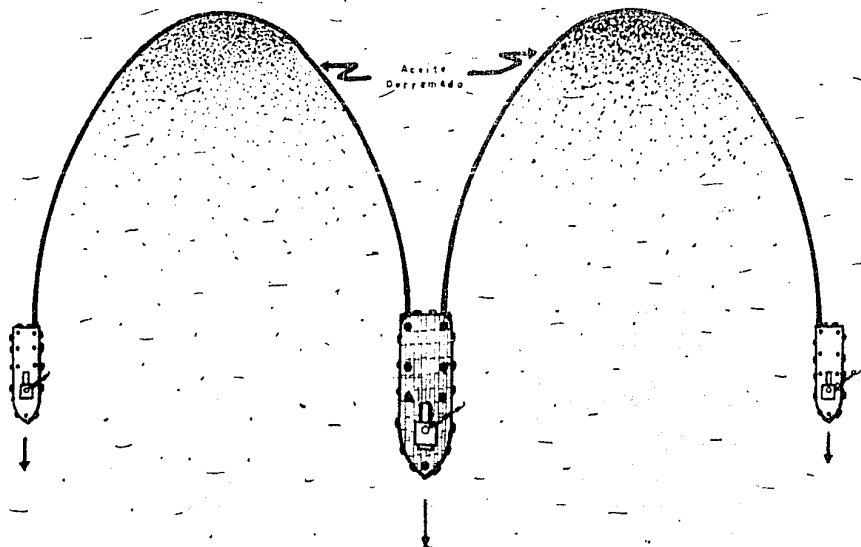
Como complemento a dichos planes, se han elaborado además normas específicas de respuesta para el control de derrames en aquellos sitios considerados como estratégicos y que cuentan con instalaciones industriales que pueden causar situaciones de contaminación.

En dichos documentos se describen las posibles fuentes de contaminación localizadas en la zona en cuestión, las áreas susceptibles de afectación, las funciones y responsabilidades institucionales y las actividades de control necesarias para el control del derrame.

Para la atención de derrames de hidrocarburos, se han establecido en el litoral del Golfo de México, seis centros de control de derrames distribuidos estratégicamente en Tampico, Tamps., Tuxpán, Ver., Veracruz, Ver., Coatzacoalcos, Ver. Dos Bocas, Tab. y Ciudad del Carmen, Camp. en estos centros se tienen concentrados equipos recuperadores de aceite tales como barrera Vikoma Weir Boom, lanchas recuperadoras, desnatadoras, bombas neumáticas y centrífugas, así como, barreras de contención de hidrocarburos.



EQUIPO RECUPERADOR DE ACEITE  
BARRERA VIKOMA WEIR BOOM



*a. Acciones preventivas para la protección de costas.*

Las acciones preventivas en las costas del litoral del Golfo, son de gran importancia ya que permiten evitar afectación a las mismas. Estas acciones, si bien son consideradas para cualquier sitio donde exista la posibilidad de arribo de hidrocarburos, se enfocan principalmente aquellos lugares que por su importancia pesquera, turística y ecológica, requieren de un cuidado especial. Dentro de estos sitios destacan las playas turísticas, barras, lagunas costeras, islas, arrecifes y esteros.

La afectación de estas áreas podrá ocurrir principalmente al presentarse un derrame de gran magnitud. En estos casos se efectúan vuelos de inspección para el seguimiento del derrame, ya que como se describió anteriormente, los derrames pueden tener un comportamiento impredecible por lo que mediante esta actividad se pueden dictar las medidas preventivas necesarias para evitar el arribo de aceite a los sitios mencionados. La acción más importante para conseguir lo anterior es la disposición estratégica de barreras de contención para confinar el aceite que está a la deriva.

*b. Acciones correctivas para la limpieza de costas.*

Las playas son las áreas que pueden ser dañadas por los derrames de hidrocarburos, afectación que puede producir cambios negativos en las playas turísticas, además de existir la posibilidad de dañar

los avíos de pesca y dañar la biota que habita el lugar.

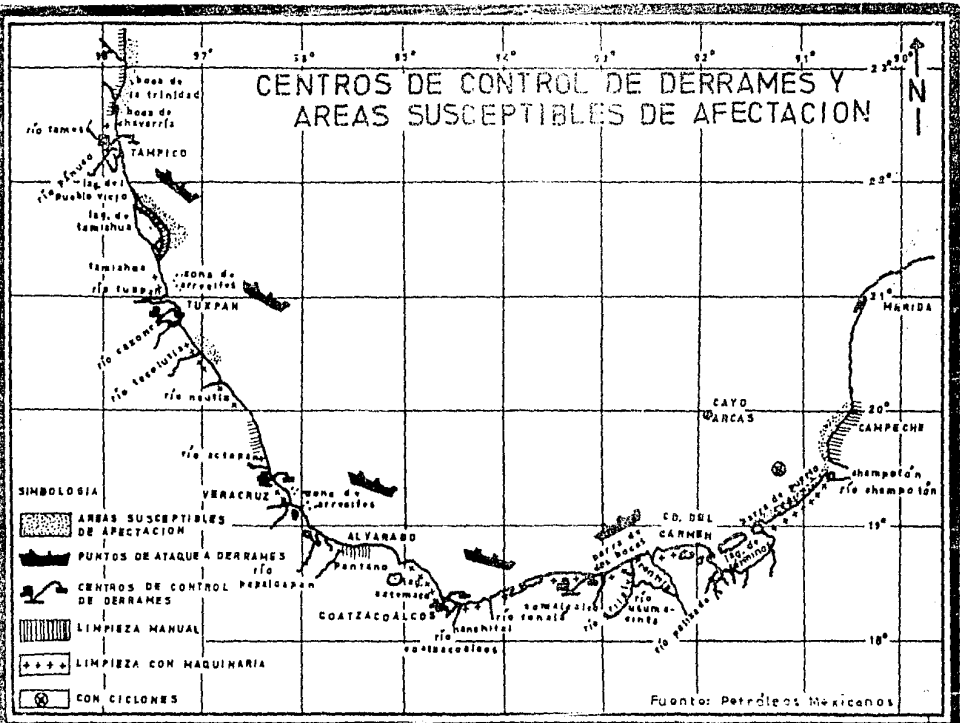
En el litoral del Golfo de México las playas están constituidas principalmente por terrenos de tipo arenoso, con diferentes texturas que facilitan las labores de limpieza; sin embargo, existen áreas rocosas y acantilados en los cuales no se puede realizar labores de limpieza.

La limpieza de las playas es una actividad final que se realiza dentro del control de derrames para restaurar las áreas impactadas por los hidrocarburos; esta actividad puede ser la única forma de atender un derrame y en algunas ocasiones se realiza simultáneamente con la recuperación de hidrocarburos.

Los procedimientos de limpieza de playas se llevan a cabo en función de dos factores principales que son el tipo de terreno y las vías de acceso existentes, realizándose dicha limpieza en forma manual o utilizando maquinaria. Esta actividad requiere vigilancia permanente en virtud de que frecuentemente el hidrocarburo no arriba a las playas en forma continua y masiva, fenómeno que depende de las corrientes, vientos y mareas, por lo que la limpieza de playas comúnmente se desarrolla varias veces en el mismo sitio.

La limpieza en forma manual se realiza con personal obrero recolectando grumos, plastas o material vegetal manchado de aceite, utilizando palas

# CENTROS DE CONTROL DE DERRAMES Y AREAS SUSCEPTIBLES DE AFECTACION



o rastrillos. El producto que se recolecta se deposita en costales de nailon para su disposición final.

La limpieza con maquinaria pesada se realiza haciendo un barrido superficial en la playa, a fin de remover y eliminar sólomente la capa afectada; esta actividad se realiza con una motoconformadora y para la recolección de grumos, plastas y material manchado se usa un trascavo. El producto recolectado es depositado en fosas que se construyen en áreas fuera de la influencia de mareas y mantos freáticos. Este tipo de limpieza se hace sólo en aquellos sitios donde el acceso al equipo pesado es factible.

En el mapa se muestran las áreas susceptibles de afectación en el Golfo de México y los puntos donde se realiza la limpieza de playas en forma manual o con maquinaria.

#### E. Barco Recuperador de Hidrocarburos.

Dentro de los diferentes planes para proteger el medio marino, destaca la construcción de un barco recuperador de hidrocarburos, el cual por su anatomía, garantiza una pronta respuesta a las contingencias que se llegaran a presentar por derrames de hidrocarburos. Con la adquisición de dicho barco, la Industria Petrolera Mexicana es la primera en el mundo que tiene en su flota un barco de este tipo.

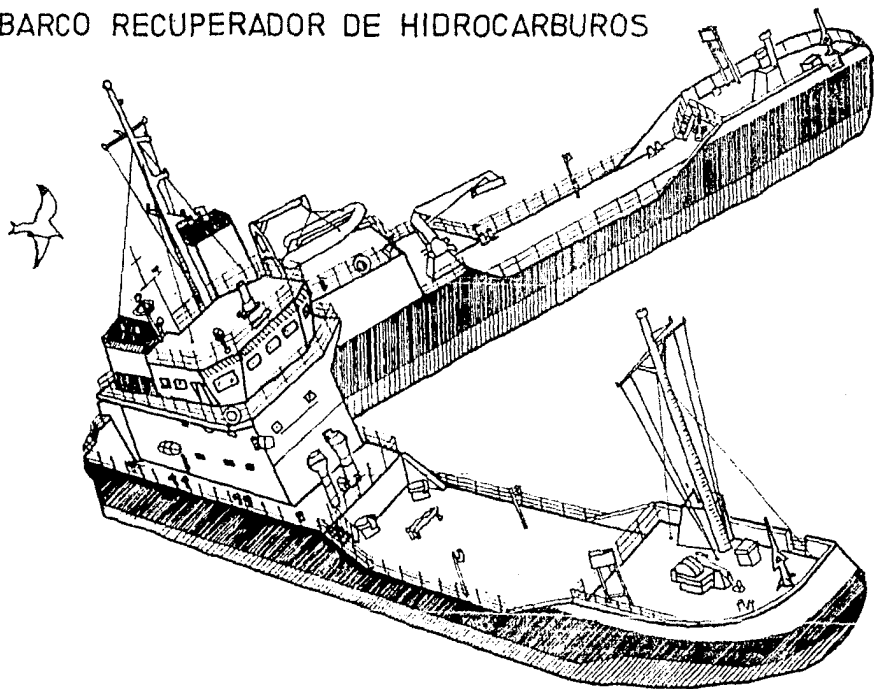
## Funcionamiento.

- El barco al tener doble casco, se abre en forma de "V" Es totalmente simétrico y tiene dos propelas en la proa y dos más en la popa.
- Al enfrentar accidentes marítimos por derrames de crudo, sitúa su popa contra las olas del mar. Posteriormente, el barco se abre en dos y por el ángulo se recolecta el crudo.
- Recupera el aceite arrojado al mar, que es utilizable industrialmente hasta un 90 % y procesa el agua hasta dejarla limpia antes de reintegrarla al mar.
- El barco es autónomo, funciona sin ayuda de barcos o chalanes.
- Su tripulación nunca llega a estar en contacto con el aceite; todas las maniobras se hacen desde el puente de mando.
- Puede entrar en operación a los cuatro minutos del desastre. Abierto en forma de "V" el barco navega a una velocidad de un nudo.
- En el caso de un gran derrame de crudo puede trasegar por mangeras a otros buques fondeados.
- Puede recoger tanto crudos pesados y espesos como películas de hidrocarburos hasta de un milímetro de espesor.

- \* Cuando el barco no esta en labores de limpieza es posible llevar a cabo trabajos de investigación oceanográfica.
- \* Al abrirse el barco en forma de "V" puede adaptarse para que equipos de buzos hagan sus labores en alta mar cuando está crecida.

Debido a que la producción más importante se encuentra en la Sonda de Campeche, y en consecuencia los riesgos de un accidente son mayores, el barco está precisamente en dicha zona.

# BARCO RECUPERADOR DE HIDROCARBUROS





## VII. CONCLUSIONES

En México, el incontrolado e irracional aprovechamiento de sus recursos naturales trajo como consecuencia una serie de problemas que ahora tienen un alarmante carácter nacional como la destrucción masiva de los bosques, la aparición de grandes áreas de tierras áridas, la erosión, la contaminación de acuíferos, el agotamiento total o a nivel crítico de algunos recursos naturales y la disminución de algunas especies vegetales y animales.

Es imperativo crear cuadros de especialistas que se dediquen al estudio de la ecología desde el punto de vista económico y cuyo objetivo sea la solución de los problemas que sufre el país por la contaminación y degradación del ambiente.

En estos tiempos de crisis es indispensable aumentar la efectividad de la conservación y el mejoramiento del ambiente, racionalizando y disminuyendo al mismo tiempo los gastos de este rubro, sin detrimento del desarrollo y la productividad de las diferentes ramas económicas del país.

No se ha podido dar un valor económico al gasto social representado por la degradación ambiental. No se asume responsabilidad alguna por los daños indirectos y a largo plazo, tales como la exposición a productos químicos cancerígenos o a metales pesados, y los efectos lentos en los órganos sensoriales o las repercusiones sutiles sobre la salud mental. Estos costos sociales de la producción, igual que la degradación del medio, no se evitan ni se pagan, sino cuando el trabajador enferma o fallece prematuramente.

Dado que la industria extractiva, como lo es la industria petrolera, es una de las que está en contacto directo con el medio ambiente se deben incrementar las medidas para preservar dicho medio acatando las leyes correspondientes y aplicando las sanciones a quienes las infrinjan.

La conciencia que ha adquirido la Industria Petrolera Mexicana sobre los efectos de la acción industrial en el medio ambiente, está modificando sistemas de trabajo y patrones de conducta personal en el petrolero. Hoy no puede dejarse a las circunstancias el impacto ecológico de la acción industrial.

La tarea de introducir modificaciones a los sistemas de producción, adaptando los dispositivos en las instalaciones a fin de hacer más limpio el proceso de trabajo, ha requerido grandes inversiones y el desarrollo de una nueva tecnología. Actualmente se calcula que la tecnología de protección ambiental, es una industria que maneja procesos parecidos a las plantas petroleras y puede ocupar hasta una tercera parte de la inversión total. Ello plantea una estimación muy seria con respecto a estas actividades que deben ser inherentes a la actividad productiva.

La industria petrolera se despliega en un amplio campo de riesgos de contaminación más allá de las instalaciones de producción. El rompimiento de los ductos, los derrames por accidentes de los medios de transporte de los productos petrolíferos, sobre todo en el mar, y los accidentes en las terminales de almacenamiento, son problemas que exigen ahora una respuesta rápida y eficaz.

Adicionalmente, la investigación de carácter ecológico se ha realizado también para mejorar la calidad de los productos

refinados como los combustibles para automóviles.

El objetivo central de la Industria Petrolera Mexicana es lograr que la acción industrial petrolera se desarrolle en forma armónica con el medio ambiente. Y en este propósito se están poniendo en práctica dos estrategias conjuntas: La prevención y la corrección.

En el segundo caso se emprenden medidas de restauración de suelos, de limpieza de mantos acuíferos, obras de reforestación y, en lo que corresponde, se corrigen los defectos inmediatos de los procesos industriales. En la prevención se emprenden grandes obras como las plantas de tratamientos de descargas, la instalación de quemadores especiales, etc.

La conciencia ecológica en la industria petrolera ha conducido a integrar a los sistemas petroleros la función del cuidado ambiental.

El interés mundial y los programas de cooperación internacional, de esta forma, están produciendo estudios y documentos de utilidad para hacer frente a los problemas que la industria presenta en el medio ambiente.

El cuidado ecológico es parte fundamental de la industria petrolera y las especificaciones transmitidas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, exigen un gran esfuerzo tecnológico de inversión y de trabajo para cumplir con ellos. La industria del petróleo, tradicionalmente, ha sido una de las más contaminantes. La industria petrolera está respondiendo con la acción más importante en este frente de la protección a nuestro entorno natural.

Además, incrementando las medidas de seguridad, la capacitación al personal, verificando que los materiales cumplan las normas de resistencia, cumpliendo los programas de mantenimiento (predictivo y correctivo) y realizando los diseños adecuados, la posibilidad de accidentes es mínima.

## BIBLIOGRAFIA

- \* Measures to Combat Oil Pollution  
The International Tanker Owners Pollution  
Federation Limited  
Commission of the European Communities
  
- \* Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos  
Editorial Porrúa
  
- \* Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al  
Ambiente  
Editorial Porrúa
  
- \* Diario Oficial de la Federación  
4 Agosto 1988
  
- \* Instructivo General de Seguridad a Bordo de la Flota  
Petrolera del Mar.  
Petróleos Mexicanos  
Editorial Centro Regional de Ayuda Técnica
  
- \* Legislación Sobre Contaminación Ambiental  
Andrade Manuel  
Editorial Interamericana
  
- \* Ingeniería de la Producción de Petróleo  
Lester Charles Uren  
Editorial Continental

\* Apuntes de Manejo de la Producción en la Superficie  
Gómez Cabrera José Angel  
Facultad de Ingeniería, UNAM

\* La Contaminación en México  
Francisco Vizcaino Murray  
Fondo de Cultura Económica

\* Energía y Medio Ambiente  
Memorias del Simposio  
Programa Universitario de Energía  
Facultad de Ingeniería, UNAM, SEDUE.

\* Manera de Aprovechar el Agua Salada Producida con el  
Aceite en un Campo Petrolero  
Ricardo Prian Caletí  
Tesis

\* Uso de los Tanques de Techo Flotante en la Industria  
Petrolera para Reducir las Pérdidas por Evaporación  
Izaguirre Longoria Tomás  
Tesis

\* The Prevention of Oil Pollution  
J. Wardley-Smith  
Graham and Trotman

\* Marco de Referencia Ambiental de la Selva Lacandona,  
Chiapas. En el Entorno de las Actividades Petroleras  
Petróleos Mexicanos

\* Marco de Referencia Ambiental de la Vegetación y del  
Uso del Suelo en Zonas Petroleras en el Estado de  
Veracruz  
Petróleos Mexicanos

\* Restauración Ecológica del Pantano Santa Alejandrina y  
Arroyo San Francisco  
Petróleos Mexicanos

\* Marco de Referencia Ambiental del Golfo de México en el  
Contexto de las Actividades Petroleras  
Petróleos Mexicanos

\* Perfil Ambiental en el Entorno del Complejo  
Petroquímico Morelos  
Petróleos Mexicanos

\* ECOPEMEX  
Petróleos Mexicanos

\* Aspectos Generales de la Gasolina y su Efecto sobre la  
Contaminación Ambiental  
Petróleos Mexicanos

\* Apuntes de la Clase Industria Petrolera Mexicana

\* Revista Nosotros los Petroleros  
Petróleos Mexicanos  
Enero de 1990

- \* Evaluación y Selección de los Sistemas de Tratamiento para Separación de Aceite y de Aguas Residuales y su Aplicación en la Industria Petrolera

Picazo Garcés Sergio Eduardo

Tesis Maestría. 1983

- \* La Vida en el Planeta Tierra

Contaminación

Ian Breach

Montaner y Simon, S.A.

- \* La Vida en el Planeta Tierra

La Conservación del Medio Ambiente

Michael Crawford

Montaner y Simon, S.A.

- \* Revista Ciencia y Desarrollo No. 52

Septiembre-Octubre 1983

"La Economía y el Ambiente"

Santiago D. Fierro Martínez

CONACYT

- \* Expropiación

Eduardo Cervera del Castillo

Marzo 1988

IMP