

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

**Consideraciones ambientales para el control y
manejo de lubricantes usados y sustancias oleosas**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

**DANIEL ARMANDO CORTEZ ARGUETA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 1,999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LUBRICANTES USADOS Y SUSTANCIAS OLEOSAS

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de mayo de 1998.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daniel Armando Cortez Argueta'.

Daniel Armando Cortez Argueta

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL SEGUNDO	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL TERCERO	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIÉRREZ QUINTANA
VOCAL CUARTO	Br. DIMAS ALFREDO CARRANZA BARRERA
VOCAL QUINTO	Br. JOSÉ ENRIQUE LÓPEZ BARRIOS
SECRETARIA	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR	INGA. MERCEDES OFELIA GARCÍA DE OBREGÓN
EXAMINADOR	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
EXAMINADOR	ING. EDGAR FERNANDO VALENZUELA VILLANUEVA
SECRETARIA	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS



NUM. DTD-49-99

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
DIRECCION GENERAL DE HIDROCARBUROS

GUATEMALA, C. A.

Guatemala,
10 de febrero de 1,999

Ingeniero
Carlos Alberto Tobar Jiménez
Director Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas
Facultad de Ingeniería.

Señor Director:

Tengo el agrado de elevar a su consideración, el trabajo de tesis titulado: **CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LUBRICANTES USADOS Y SUSTANCIAS OLEOSAS**, realizado por el estudiante universitario Daniel Armando Cortez Argueta, quien contó con mi asesoría.

Cabe mencionar que las soluciones y recomendaciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte a la comunidad y al país en general, ya que afronta uno de los muchos problemas de índole ambiental que padece el mismo; como complemento a lo anterior, es base para la creación de legislación técnica sobre el particular.

En tal virtud, lo doy por aprobado, solicitándole dar el trámite correspondiente,

Atentamente.

“ ID Y ENSEÑAD A TODOS ”


Ing. Edwin Adrián Pérez
ASESOR

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE TRANSFORMACION
Y DISTRIBUCION
DIRECCION GENERAL DE HIDROCARBUROS
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS





FACULTAD DE INGENIERIA

CESEM-074-99
Guatemala,
17 de marzo de 1999

Ingeniero
Carlos Alberto Tobar Jiménez
Director
Centro de Estudios Superiores de
Energía y Minas -CESEM-
Facultad de Ingeniería
Presente

Ingeniero Tobar Jiménez:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de tesis del estudiante Daniel Armando Cortez Argueta, titulado: CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LUBRICANTES USADOS Y SUSTANCIAS OLEOSAS.

Después de haber revisado y corregido dicho trabajo, considero que llena los requisitos exigidos para su aprobación final.

Sin otro particular, me suscribo de usted, atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio Luna A.
Asesor

Centro de Estudios Superiores
de Energía y Minas

cc: archivo
JLA/id.





FACULTAD DE INGENIERIA

CESEM-092-99
Guatemala,
19 de abril de 1999

Ingeniero
Sydney Samuels
Director
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería,
Presente

Ingeniero Samuels:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado la tesis titulada CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LUBRICANTES USADOS Y SUSTANCIAS OLEOSAS, la cual fue elaborada por el estudiante Daniel Armando Cortez Argueta.

Considero que la investigación realizada cumple con los requisitos necesarios, por lo que recomiendo que se continúe con los trámites necesarios para su publicación.

Atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos A. Tobari J.
Director

Centro de Estudios Superiores
de Energía y Minas

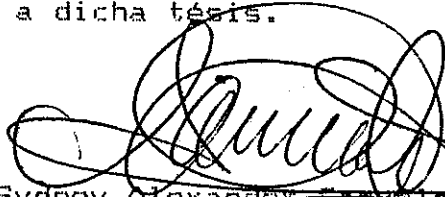


cc: archivo
CATJ/id.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de los Asesores Ing. Edwin Adrián Pérez e Ing. Julio Luna Aroche y del Director del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-, Ing. Carlos Tobar Jiménez, del trabajo de tesis del estudiante Daniel Armando Cortez Argueta, titulado CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LUBRICANTES USADOS Y SUSTANCIAS OLEOSAS, da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Sydney Alexander Samuels



Guatemala, mayo de 1,999



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LUBRICANTES USADOS Y SUSTANCIAS OLEOSAS, del estudiante Daniel Armando Cortez Argueta, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera

DECANO INTERINO



Guatemala, mayo de 1,999

AGRADECIMIENTOS A:

Dios, por haberme permitido alcanzar una de mis metas.

Mis padres, Félix Cortez López y Carlota Argueta de Cortez, por el apoyo y cariño brindado en todo momento, para lograr esta meta.

Mi esposa, por su amor y colaboración incondicional.

Mis hermanos, por sus consejos y apoyo.

Mis cuñados y cuñadas, por su cariño e incentivo.

Ing. Jorge A. Fuentes Tinti y Lic. Vinicio Martínez, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible el desarrollo de esta investigación.

Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), por la oportunidad que me dio de conocer lo que es la Industria Petrolera.

Mis amigos y compañeros de la Dirección General de Hidrocarburos y del Ministerio de Energía y Minas, por su colaboración y amistad.

ACTO QUE DEDICO A:

- mis padres:** Félix Cortez López y Carlota Argueta Sagastume de Cortez, como recompensa a sus múltiples esfuerzos, para lograr mi superación y a quienes debo este triunfo.
- mis hermanos:** Héctor René, Violeta Mariela, Ana Patricia y Félix Rodolfo, por su amor, apoyo y estímulo.
- mi esposa:** Mirna Liseth Véliz de Cortez, por su amor y perseverancia.
- mis hijos:** Daniel Armando y Andrea María, por ser la razón de culminar mis metas.
- mi suegra:** Por su apoyo y cariño.
- mis cuñados:** Por el cariño y estímulo brindado en todo momento.
- mi familia:** En especial a mi tía Victoria Cortez, por el cariño, apoyo y ánimo recibido.
- mis amigos y compañeros de trabajo:** Como reconocimiento a su asesoría y colaboración para lograr culminar este trabajo.

Departamento de Transformación y Distribución de la Dirección General de Hidrocarburos, del Ministerio de Energía y Minas.

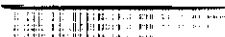
todas aquellas personas que en una u otra forma, colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I Glosario	i
II Introducción	ix
III Objetivos	x
IV Justificación	xi
1. Importación y comercialización de aceites lubricantes en Guatemala	1
1.1. Importaciones de aceites lubricantes	1
1.2. Comercialización de aceites lubricantes	4
1.3. Comportamiento del mercado de los aceites lubricantes usados en Guatemala	5
1.4. Agentes que intervienen en el mercado de los aceites lubricantes usados	6
1.4.1. Proveedores	8
1.4.2. Recolectores	9
1.4.3. Recicladoras	9
1.4.4. Compradores	11
1.5. Comercialización y reutilización de aceites lubricantes reciclados	11
1.6. Disposición de los aceites lubricantes usados	12
2. Reciclaje y reutilización actual de los aceites lubricantes usados, en Guatemala	14
2.1. Procedimientos utilizados actualmente en los procesos de reciclaje y reutilización de los aceites lubricantes usados	14

2.2.	Procesos de reciclaje para utilizarse como combustible	14
2.3.	Procesos de reciclaje para utilizarse como lubricante	16
2.4.	Otros procesos de reutilización simple	20
2.5.	Procesos aplicados en otros usos industriales	20
2.6.	Calidad del producto obtenido	20
2.7.	Rentabilidad	21
3.	Propuesta para el control y manejo ambiental de los aceites lubricantes usados y sustancias oleosas	22
3.1.	Generación y recepción de aceites lubricantes usados y sustancias oleosas	22
3.1.1.	El Generador	22
3.1.2.	El Receptor	23
3.2.	Recolección y transporte de aceites lubricantes usados y sustancias oleosas	24
3.3.	Requisitos de los medios de transporte	25
3.4.	Licencia de operación	27
4.	Tratamiento de los aceites lubricantes usados y las sustancias oleosas	28
4.1.	Requisitos del operador	28
4.1.1.	Solicitud de licencia de operación	29
4.2.	Requisitos de las instalaciones	31
4.2.1.	Áreas de las instalaciones de tratamiento de sustancias oleosas	32
4.3.	Disposición de los residuos	37

4.4.	Pruebas de laboratorio	41
4.5.	Producto obtenido	41
5.	Disposiciones técnicas y prohibiciones	46
5.1.	Disposiciones técnicas	46
5.2.	Prohibiciones	47
6.	Conclusiones	xiii
7.	Recomendaciones	xv
8.	Referencias bibliográficas	xvi



ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICAS Y FIGURAS

	Página	
Cuadro 1	Importaciones y compras locales de aceites lubricantes de las principales Cías. en el mercado. Resumen años 96-97	2
Cuadro 2	Suministro de aceites lubricantes en Guatemala, Resumen años 1990-1997	3
Gráfica 1	Importaciones anuales de aceites lubricantes en Guatemala. Resumen años 1990-1997	3
Cuadro 3	Consumo de aceites lubricantes por sector Económico, año 1997	5
Cuadro 4	Proveedores que intervienen en el mercado de los aceites lubricantes usados	6
Cuadro 5	Recolectores que intervienen en el mercado de los aceites lubricantes usados	7
Cuadro 6	Recicladores que intervienen en el mercado de los aceites lubricantes usados	7
Cuadro 7	Compradores que intervienen en el mercado de los aceites lubricantes usados	8
Cuadro 8	Número de plantas de tratamiento para reutilización de lubricantes en países desarrollados	10
Cuadro 9	Comercialización de los aceites lubricantes usados por agente	12
Figura 1	Diagrama de flujo del proceso de reciclaje y reutilización de aceites lubricantes y mezclas oleosas	17
Listado	De los requisitos físico-químicos, que debe contar un agua de proceso, antes de vertirse al medio	35

Listado	De los requisitos necesarios en un monitoreo de aguas de descarga	37
Figura 2	Secciones típicas de un relleno sanitario	38
Figura 3	Tipos básicos de impermeabilización de fosas a utilizarse en un relleno sanitario	39
Figura 4	Flujograma que presenta la actividad del manejo y control de los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas	43

GLOSARIO

Aceite lubricante: está constituido por una mezcla de hidrocarburos alifáticos, con estructuras de carbono e hidrógeno en el rango de C₁₅ a C₄₀, mezclados con aditivos polifuncionales orgánicos con propiedades antiespumantes, dispersantes y detergentes que coadyuvan en el mantenimiento y mejora de la viscosidad del aceite, todo esto con el objeto de capturar los residuos de la combustión que se lleva a cabo en la cámara interna del motor.

Aceite lubricante usado: aceite lubricante que ha sufrido desgaste y degradación de sus propiedades, debido a su utilización en motores de combustión interna; y por lo tanto, ha sido necesario sustituirlo o reemplazarlo por otro aceite lubricante con propiedades que no han sido alteradas.

Aguas de sentinas: son las aguas procedentes de la cubierta y del túnel de la hélice del buque, que asociadas con las filtraciones y residuos de lubricantes, combustibles y aguas de lavado de la sala de máquinas, logran acumularse en la cavidad inferior (sentina) que se ubica sobre la quilla del buque.

Almacenamiento: acción de retener temporalmente las mezclas oleosas y los aceites lubricantes usados, con el propósito de entregarlos al servicio de recolección o para someterlos al proceso de aprovechamiento o incineración apropiada.

API (American Petroleum Institute): Instituto Americano del Petróleo. Institución norteamericana encargada de la elaboración, revisión y actualización de normas relacionadas con la industria petrolera. Para el presente documento, se refiere a sistemas de clasificación API para aceites lubricantes de motor.

ASTM (American Society for Testing Materials): Sociedad Americana para Pruebas de Materiales. Sociedad norteamericana encargada de recopilar, revisar y actualizar normas relacionadas con la calidad, los ensayos, los diseños, los procesos y los métodos constructivos de materiales y proyectos diversos.

Auto-tanque: unidad de transporte terrestre que reúne las condiciones de seguridad y capacidad adecuadas para el traslado y acarreo de mezclas oleosas y/o aceites lubricantes usados. Se incluye al camión cisterna de capacidad volumétrica normal y al camión cisterna de pequeña capacidad volumétrica de recolección y transporte llamado "peddler".

COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas): dependencia adscrita al Ministerio de Economía, encargada de la elaboración, revisión y actualización de normas en el país.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente): autoridad nacional encargada de asesorar y coordinar por medio de las diferentes dependencias del Estado y del sector privado del país, todas las acciones encaminadas a la formulación y aplicación de la política nacional para la protección y mejoramiento del medio ambiente.

Convenio Internacional Marpol 73/78: convenio que surgió en 1973 para prevenir la contaminación causada por los buques, cuyo protocolo se firmó el 17 de febrero de 1978 en Londres, Inglaterra; su texto recoge normas aplicables a los desechos generados por los buques como consecuencia de su actividad y en su Anexo I incluye las reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos. Guatemala es signataria de este convenio.

Descarga: para efectos del presente estudio, se entiende por descarga, el vertido de los efluentes al medio ambiente, en las condiciones particulares o límites de calidad que especifique la autoridad ambiental correspondiente o la norma internacional respectiva.

Disposición final: acción de depositar permanentemente los residuos generados en los procesos de separación y tratamiento de mezclas oleosas y aceites lubricantes usados, en sitios y condiciones adecuadas con el objetivo de minimizar los impactos y proteger la salud humana y evitar daños al medio ambiente.

Efluentes: aguas de composición variada que han sufrido degradación de su calidad original. En el presente caso, aguas provenientes de diversos procesos de separación y tratamiento de hidrocarburos, que han sido contaminadas o formado emulsiones con los hidrocarburos, las cuales, deben tratarse adecuadamente antes de verterse al ambiente.

Empresa de servicios de manejo: persona individual o jurídica, pública o privada, que presta servicios para realizar cualesquiera de las operaciones comprendidas en el manejo de mezclas oleosas o de aceites lubricantes usados.

Evaluación de Impacto Ambiental (E. I. A.): ejercicio analítico, sistemático, descriptivo y predictivo de los efectos que un proyecto o acción puedan ejercer sobre el ambiente social y natural y sus componentes.

Formatos ICAITI: se relacionan con los tipos y dimensiones de formatos de presentación, normados por el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, que deben emplearse en la planificación o diseño de proyectos.

Generación: acción de producir mezclas oleosas o aceites lubricantes usados.

Generador: persona individual o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades produzca mezclas oleosas y/o aceites lubricantes usados. Aquí se incluyen actividades terrestres, marítimas, lacustres y fluviales.

Hidrocarburos: compuestos de hidrógeno (H) y Carbono (C) en estado líquido, sólido y gaseoso. Este término incluye al petróleo en todas sus manifestaciones: crudo, productos obtenidos de los procesos de transformación, refinación (combustibles), petroquímicos (grasas y aceites lubricantes), lodos y residuos oleosos.

Impacto ambiental: modificación del ambiente ocasionado por la acción del ser humano o la misma naturaleza.

Instalación de tratamiento: obra de ingeniería donde se reciben, almacenan, tratan y transforman sustancias oleosas recolectadas de los puntos de generación o recepción, con el objeto de recuperar los hidrocarburos aprovechables y destruir o neutralizar los productos residuales, de manera técnica y ambiental.

ISO (International Standards Organization): Organización Internacional de Normas. Institución internacional que revisa, compila y que en cierto grado, unifica normas diversas.

La Dirección: la Dirección General de Hidrocarburos, del Ministerio de Energía y Minas, que es la entidad competente para fiscalizar y controlar todas las actividades u operaciones relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transformación y comercialización de petróleo y productos derivados del petróleo.

Lastre sucio: es el agua de lastre contaminada con hidrocarburos adheridos a las paredes y al fondo de los tanques de carga de los buques petroleros.

Específicamente, es aquel lastre cuyo contenido de hidrocarburos es mayor de 15 partes por millón y deja rastros visibles en el agua.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto Número 68-86): cuerpo legal regulador que tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para preservar y mejorar la calidad de vida de las personas, animales, plantas y bienes materiales del país.

Lodos semisólidos: son los residuos de los fondos de tanques de carga o de combustibles, habituales en los carenados y reparaciones de buques. Residuos similares se generan rutinariamente en las operaciones de filtrado y purificado de combustibles y aceites lubricantes, especialmente en buques con motores de propulsión; de igual forma, éstos se acumulan en los fondos de los separadores, piscinas y tanques de decantación de las plantas de tratamiento en tierra.

Manejo: práctica asociada con el control de las mezclas oleosas y los aceites lubricantes usados, como lo son: generación, recepción, almacenamiento, transporte, tratamiento, muestreo, análisis y reutilización, así como el uso de la infraestructura de manejo y la disposición final de los residuos derivados de estas operaciones.

Manifiesto: documento de control que acompaña el cargamento de sustancias oleosas y provee un historial del movimiento de las mismas, desde su generación hasta su disposición final; el cual, debe firmarse y sellarse en cada etapa del proceso de manejo, por la entidad o persona responsable. Al final de todo lo actuado, debe proporcionarse copia a la autoridad ambiental correspondiente, para su respectivo monitoreo.

Mezcla oleosa: es cualquier mezcla de hidrocarburos, generalmente con agua de mar, pueden ser "slops", lastres sucios, aguas de sentinas, lodos semisólidos, aguas

de lavado de tanques de carga de buques petroleros y aguas con residuos de hidrocarburos.

NFPA (National Fire Protection Association): Asociación Nacional de Protección contra el Fuego. Entidad norteamericana encargada de asesorar a entidades y elaboración y revisar regulaciones, relacionadas con la prevención de riesgos que puedan provocar incendios.

Recepción: acción de recibir mezclas oleosas y aceites lubricantes usados, para su almacenamiento y disposición, provenientes de generadores.

Receptor: para efectos de este estudio, se incluyen en este término, talleres mecánicos de reparación de automóviles, estaciones de servicio, centros donde se realizan cambios de aceites lubricantes e instituciones públicas y privadas dedicadas a esta labor.

Recipiente: depósito que cumple con especificaciones de diseño, construcción y calidad de material, para el almacenamiento apropiado de mezclas oleosas o aceites lubricantes usados.

Reciclaje: significa someter a procesos de tratamiento que depuren, reduzcan o eliminen, la cantidad de sustancias contaminantes o degradadas en las mezclas oleosas o aceites lubricantes usados, para su posterior reformulación o reutilización.

Recolección: acción de transferir las mezclas oleosas y aceites lubricantes usados a los auto-tanques, destinados para su transporte a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento, reutilización o disposición final.

Recolector: persona individual o jurídica, pública o privada, que tiene como función recolectar mezclas oleosas y aceites lubricantes usados, utilizando para el efecto unidades de transporte adecuados, ya sean propios o arrendados.

Residuo: es cualquier material generado en los procesos de manejo de mezclas oleosas y aceites lubricantes usados, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó. Aquí se incluyen lodos, wypes, filtros, etc.

Reutilización: proceso de utilización de las mezclas oleosas y aceites lubricantes usados que ya han sido tratados y que se aplicarán a un nuevo proceso de transformación o de cualquier otro.

Riesgo ambiental: es el riesgo de deterioro del ambiente y se debe evaluar en términos probabilísticos, de acuerdo a los eventos que puedan causar ese deterioro; pudiendo mencionarse el caso de una emisión de contaminantes en una contingencia ambiental.

SAE (Society of Automotive Engineers): Sociedad de Ingenieros Automotrices. Sociedad norteamericana encargada de la normativa relacionada a la ingeniería automotriz; para el presente caso interesa por la calidad de los aceites lubricantes.

Slops: son mezclas típicas de un buque, obtenidas en el tanque de decantación que recibe las aguas de lavado de los tanques de carga y en algunos casos, aguas de sentinas de los espacios de máquinas.

Sustancias Oleosas: para efectos del presente estudio, son las mezclas oleosas y/o aceites lubricantes usados y residuos generados por los procesos de tratamiento de éstas.

Sustancia peligrosa: aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica, puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Sustancia inflamable: aquella que es capaz de formar una mezcla con el aire, que en determinadas concentraciones puede prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa.

Transporte: acción de transportar sustancias oleosas en auto-tanques, equipados para el efecto, desde centros de almacenamiento de los generadores o receptores, hacia las instalaciones de tratamiento o disposición final.

Transportista: persona individual o jurídica, pública o privada, que se dedica a transportar sustancias oleosas en auto-tanques, con autorización de la Dirección o de la Autoridad Ambiental correspondiente.

Trasegar: acción de trasladar sustancias oleosas, entre recipientes, piscinas, fosas o tanques de almacenamiento de las instalaciones de recepción, tratamiento o disposición final; entre auto-tanques; o bien, entre auto-tanques y cualquier sistema de almacenamiento.

Tratamiento: acción de separar y transformar, por medios técnicos, las mezclas oleosas y los aceites lubricantes usados, cambiándoles sus características, reduciéndoles su volumen o la relativa toxicidad de los desechos que inevitablemente contienen.

I. INTRODUCCIÓN

El consumo nacional de petróleo y productos derivados del petróleo, se ha incrementado en los últimos años y a consecuencia de ello, la disposición final de algunos de estos productos, después de su utilización, representa un problema significativo en Guatemala; aunado a ello, la contaminación ambiental producto de las grandes cantidades de aceite lubricante usado cuya eliminación incorrecta es grave, en cuanto a que afecta las fuentes de suministro de agua potable de las ciudades y comunidades y a la larga representa un serio problema de salud pública, irreparables daños al medio ambiente y grandes pérdidas económicas al país.

Los aceites lubricantes usados, conocidos en el medio como "aceites quemados" y las "mezclas oleosas" son el objeto principal del presente trabajo, son tratados a lo largo de cinco capítulos de que consta el mismo. Los conceptos y definiciones que se manejan, son expuestos en el glosario correspondiente, que por razones de utilidad técnica al lector se expuso en la primera parte. Así mismo, en esta sección se desarrolla una síntesis de las estadísticas más relevantes en cuanto a fuente y disposición, por decirlo así, de lo que representa la materia prima de los "aceites quemados" y de éstos como tales; a la vez, que se exponen los actores principales que intervienen en el mercado de los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas.

En una segunda parte, se da a conocer de forma breve, la penosa situación actual del acopio, transporte, almacenamiento, proceso, tratamiento, disposición, de los aceites lubricantes y las mezclas oleosas. La parte final del estudio incluye una propuesta para el mejoramiento de esta actividad, desde el punto de vista técnico y ambiental, con miras a la creación futura de legislación orientada a regir y ordenar esta acción.

II. OBJETIVOS

- a) **Evaluar la situación actual de la recolección, transporte, disposición y comercialización de los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas en la República de Guatemala.**

- b) **Promover el control y manejo técnico y ambiental de los lubricantes usados y mezclas oleosas, con el fin de mejorar las condiciones que actualmente presenta esta actividad, por medio de una serie de medidas y controles regulatorios, en las etapas de generación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento o reciclaje, reutilización, disposición final o incineración de tales sustancias o de los residuos que puedan producir; lo cual contribuirá a minimizar riesgos potenciales en esta cadena, promoviendo la utilización de una tecnología más adecuada, sujeta a normas internacionales y obligaciones previstas en leyes y reglamentos en materia de seguridad industrial y ambiental.**

III. JUSTIFICACIÓN

La contaminación por hidrocarburos se agrava por la falta de conciencia de la población en general, falta de reglamentación a nivel nacional y falta de condiciones técnicas para la recepción, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o reutilización de este tipo de sustancias, así como la disposición final de los residuos y efluentes generados en su manejo.

Los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas que se tiran al suelo con el tiempo llegan a los arroyos, ríos o aguas subterráneas, permaneciendo por mucho tiempo en el ambiente y pueden tomar décadas para biodegradarse. A largo plazo, muchos derrames pequeños pueden causar tanto daño como un derrame grande, puesto que pueden contener altas concentraciones de sustancias tóxicas como el plomo y aditivos. Si se tiran inadecuadamente, tanto el aceite como los aditivos pueden entrar a la cadena alimenticia en cualquier punto y afectar la constitución de las personas, animales y plantas.

Se estima que un galón de aceite lubricante usado contamina un millón de galones de agua potable, que es equivalente al suministro de agua para cincuenta personas por todo un año. Es por eso, que los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas, son un problema ambiental porque un volumen de miles de galones son desechados inadecuadamente en basureros, en el suelo, en el drenaje, mezclados con desperdicios sólidos o usados para suprimir polvo en caminos vecinales.

El presente estudio, es una propuesta para el control y manejo de lubricantes y sustancias oleosas, de forma técnica y apegada a los requerimientos de seguridad industrial y ambiental utilizados a nivel internacional para este tipo de actividades con

el fin de aprovecharlos de mejor manera para su reutilización, redundando en beneficio de la comunidad, del medio ambiente y de la economía nacional al reducir la factura petrolera.

1. IMPORTACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES EN GUATEMALA

1.1. Importaciones de aceites lubricantes

Para dar una idea de la problemática que implica el uso de los aceites lubricantes, tómease como referencia que en el año 1997, según datos obtenidos en el Banco de Guatemala, se importaron alrededor de 12.6 millones de galones, los cuales se consumieron en diversos sectores económicos.

En el año 1997, la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, solamente registró 6,952,596 galones de lubricantes importados, aproximadamente el 40% de la importación reportada por el Banco de Guatemala. En el cuadro 1, se indican las empresas registradas en la Dirección General de Hidrocarburos, como importadoras de lubricantes: Texaco Guatemala Inc.; Esso Central América, S.A.; Shell Guatemala, S.A.; Lubricantes Metálicos; Bandegua; Basic Resources International (Bahamas) Limited; Cementos Progreso, S.A.; Hornos de Cal, S.A.; Siderúrgica de Guatemala, S.A. (Sidegua) e Ingenio la Unión. En ese año, la mayor importadora fue la compañía Texaco Guatemala Inc.

Es interesante observar, sin embargo, que el consumo de aceites lubricantes va en aumento, así se observa en el cuadro 1, donde se muestran también las importaciones y compras locales realizadas por las mismas empresas; en 1996, donde se registraron un total de 121,171 barriles o sea 5,089,182 galones, registrándose en ese año como principal importador la entidad Texaco Guatemala Inc., y como principal comprador local, la empresa Cementos Progreso, S.A.

El restante 60% se deduce corresponde a importaciones realizadas por empresas que no reportan, ni controla el Ministerio de Energía y Minas y que

probablemente existan importaciones de las cuales no se tenga una fiscalización por medio de la Dirección General de Aduanas del Ministerio de Finanzas Públicas.

Cuadro 1

ACEITES LUBRICANTES IMPORTACIONES / COMPRAS LOCALES

RESUMEN AÑOS 1996 - 1997

EMPRESA	1996			1997		
	IMPORT.	COMPRAS	TOTAL	IMPORT.	COMPRAS	TOTAL
BASIC	0	920	920	0	1,186	1,186
TEXACO	25,403	0	25,403	44,475	0	44,475
ESSO	1,097	38,930	40,027	34,874	9,898	44,772
SHELL	4,844	107	4,951	9,013	0	9,013
LUBR. METÁLICOS	101	0	101	168	0	168
COBIGUA	0	0	0	0	0	0
BANDEGUA	0	392	392	0	544	544
HORNOS DE CAL	0	19,969	19,969	0	0	0
CEM. PROGRESO	0	26,567	26,567	0	60,267	60,267
SIDEGUA	0	2,841	2,841	0	4,093	4,093
ING. LA UNIÓN	0	0	0	0	1,020	1,020
TOTAL:	31,445	89,726	121,171	88,530	77,008	165,538

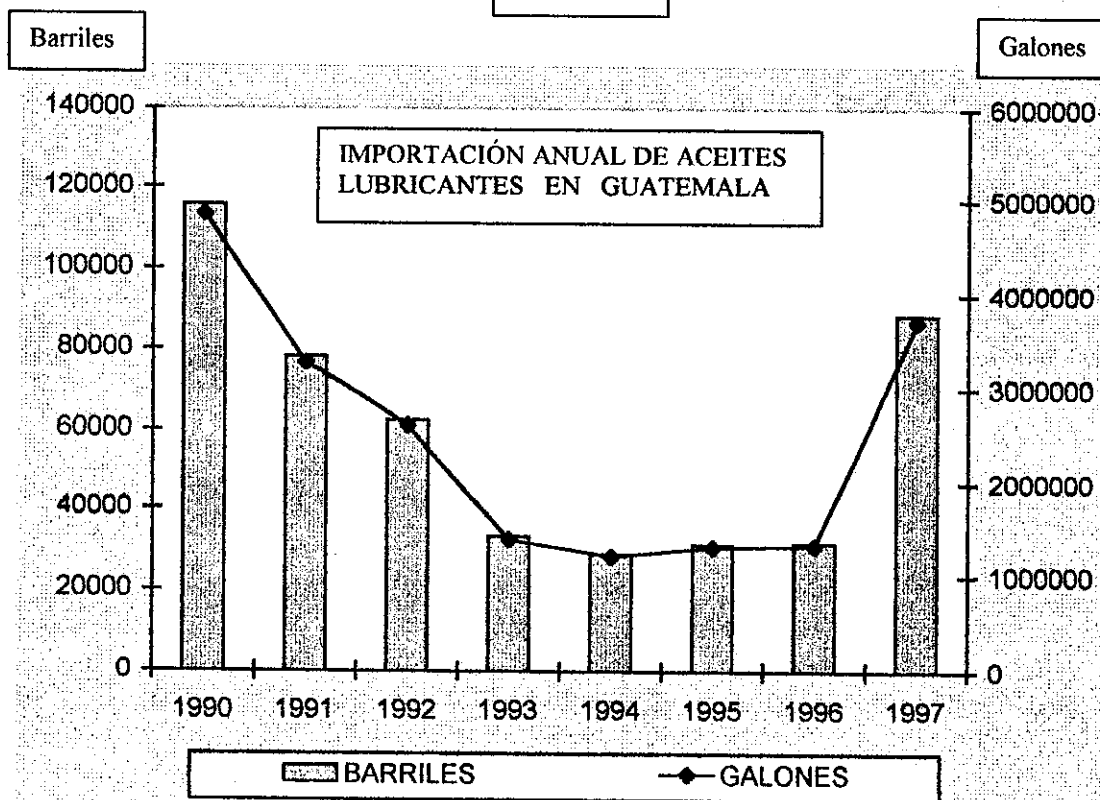
Cantidades en U.S. Barriles.

El cuadro 2 y la gráfica que a continuación se presenta, se muestran los volúmenes de las importaciones y las ventas locales de aceites lubricantes, efectuadas durante los últimos 8 años.

**CUADRO 2
SUMINISTRO DE ACEITES LUBRICANTES
(EN MILES DE BARRILES)**

AÑO	IMPORTACIONES	VENTAS LOCALES	SALDO
1990	115.6	108.0	+ 7.6
1991	78.2	83.7	- 5.5
1992	62.4	56.6	+ 5.8
1993	33.0	56.5	- 23.5
1994	28.8	39.2	- 10.4
1995	31.1	57.6	- 26.5
1996	31.5	112.8	- 81.3
1997	88.5	126.1	- 37.6

GRÁFICA



Haciendo mención al cuadro anterior, los saldos positivos indican que la oferta de aceites lubricantes importados fue mayor que la demanda de los mismos y los negativos, que las importaciones más los excedentes del año anterior, no fue suficiente para satisfacer la demanda y que probablemente se recurrió a la compra-venta local de aceites lubricantes usados.

1.2. Comercialización de aceites lubricantes

Según registros de la Dirección General de Hidrocarburos, en el año 1997 se consumieron un total de 112,474.20 barriles (4,723,916.40 galones) de aceites lubricantes.

En el cuadro 3, se presenta porcentualmente, el consumo o ventas de aceites lubricantes, destacando que las estaciones de servicio (29.14%), el sector manufacturero (13.09%) y el sector transporte terrestre (12.14%) acaparan el 54.37 % del consumo total en el año 1997. Otros sectores importantes como el agrícola (9.50%), energético (9.04%) y otras entidades (9.83%) representan el 28.37% del total consumido.

CUADRO 3
CONSUMO DE ACEITES LUBRICANTES, AÑO 1997, (VOL. EN BARRILES)

SECTOR	TOTAL	PORCENTAJE
Industria energética	10,171.8	9.04
Manufacturera	14,726.2	13.09
Agrícola	10,684.6	9.50
Minero	31.0	0.03
Cementero	1,833.8	1.63
Otra industria	2,266.1	2.01
Transporte terrestre	13,651.9	12.14
Transporte ferroviario	556.5	0.50
Aéreas nacionales	39.1	0.03
Aéreas extranjeras	13.0	0.01
Transporte marítimo	79.7	0.07
Servicio público eléctrico	6,470.3	5.75
Gobierno	2,475.8	2.20
Comercial	3,719.3	3.31
Estaciones de servicio	32,775.7	29.14
Buhonero	53.0	0.05
Peddlers	1,805.7	1.61
Residencial	43.6	0.04
Industria vidrio	17.4	0.02
Otras entidades	11,059.7	9.83
TOTAL	112,474.2	100.00

1.3. Comportamiento del mercado de los aceites lubricantes usados en Guatemala

Se ha establecido que los mayores volúmenes de ventas de aceites lubricantes, corresponden a los meses de febrero, marzo, mayo y junio, no obstante que el abastecimiento a las instalaciones de reciclaje es continuo todo el año.

El fenómeno anterior, según entrevistas efectuadas a personas que venden aceites lubricantes, se debe a que en los meses de diciembre y enero, los cambios de aceite en los vehículos son considerablemente altos, misma situación que se presenta previamente al período de la Semana Mayor; por tal motivo, debe contarse con altas existencias de este producto y consecuentemente, los recolectores tienen

mayor demanda de aceites lubricantes usados, por parte de las personas recicladoras.

Adicionalmente, en los meses de enero y junio, se efectúa el mantenimiento de equipos y motores industriales, motivando el cambio de aceites lubricantes que incrementan las existencias de aceites lubricantes usados, que posteriormente se venden a las recicladoras, por medio de los proveedores.

1.4. Agentes que intervienen en el mercado de los aceites lubricantes usados

En el proceso de eliminación de los aceites lubricantes usados intervienen cuatro agentes principales: a) los proveedores; b) los recolectores; c) los recicladores y d) los compradores. Esta información puede observarse con mayor detalle en los cuadros siguientes.

PROVEEDORES QUE INTERVIENEN EN EL MERCADO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS
CUADRO 4

AGENTE Y CLASE DE EMPRESA	DIRECCIÓN	ENCUESTADOS	VOLUMEN		DISPOSICIÓN/OBSERVACIONES
			MENSUAL	(galones)	
PROVEEDORES:					
talleres	varias	3	83		algunos lo venden a recolectores
aceiteras	varias	3	83		algunos lo venden a recolectores
estaciones de servicio	varias	3	55		convenios con Orpor, S.A., Shell, Texaco, Esso
empresas de transporte	varias	-	84		algunos lo venden a recolectores
barcos	puertos	1	3,000		algunos lo venden a Orpor, S.A., DVG, Fama
aviones	aeropuertos	-	-		¿....?
industria (mediana)	varias	3	165		algunos lo venden a recolectores
gobierno	varias	1	-		lo da a recolectores
otros	varias	-	-		¿....?

RECOLECTORES QUE INTERVIENEN EN EL MERCADO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS
CUADRO 5

AGENTE Y CLASE DE EMPRESA	DIRECCIÓN	VOLUMEN MENSUAL (galones)	DISPOSICIÓN
RECOLECTORES:			
Orpor, S.A.	8ª. Ave. 17-74, zona 13	--	tienen servicios de recolección o a veces
DVG, Servicios	9ª. Calle "A" 15-65, zona 11	--	arrendan servicios de transporte
Multifiltros Fama	3ª. Calle 1-38, zona 9	--	
Repremar	15 Ave. 7-30, zona 1	--	
Los que operan al margen de la ley	¿...?	2,750	utilizan procesos de separación simple; lo revenden a industrias que lo usan como combustible Fuel Oil, para curar maderas, o en procesos de fabricación de blocks.

RECICLADORES QUE INTERVIENEN EN EL MERCADO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS
CUADRO 6

AGENTE Y CLASE DE EMPRESA	DIRECCIÓN	VOLUMEN MENSUAL (galones)	DISPOSICIÓN/OBSERVACIONES
RECICLADORES:			
Lubricantes Gilmens	Km 12.5, caserío el Frutal Ctera a San Miguel Petapa	6,000	trabaja en forma inestable
Aceites Peraina	km. 15, caserío el Frutal Ctera a San Miguel Petapa	2,200	poca producción
Colonia Nisthal	abajo Puente Belice, Cdad.	n.d.	cerrada aparentemente en abril de 1996
Recicladora Industrial	Fca. Sta. Faz, Jocotales Chinautla. 1a. Ave. Final, Sector 8, zona 6.	550	cerrada aparentemente en marzo de 1996
D.V.G. Servicios, S.A.	9ª. Calle "A" 15-65, zona 11	17,000	opera en Santo Tomás de Castilla, Izabal
Orpor, S.A.	8ª. Ave. 17-74, zona 13	80,000	opera en Puerto Quetzal
Multifiltros Fama, S.A.	3ª. Calle 1-38, zona 9	15,000	opera en Puerto Quetzal
Repremar	15 Av. 7-30, zona 1	12,000	opera en Puerto Quetzal
TOTAL TABULADO:		138,970	

- Se presume que hay otras empresas recicladoras, una en el área de Flores, Petén, llamada Precios de Guatemala, una en la zona 5 y otra en la Avenida de Petapa, zona 12, extremos que no fueron confirmados.

COMPRADORES QUE INTERVIENEN EN EL MERCADO DE ACEITES LUBRICANTES USADOS

CUADRO 7

AGENTE	CLASE DE EMPRESA	ENCUESTADOS	VOLUMEN MENSUAL (galones)	USO
COMPRADORES:				
COMO COMBUSTIBLE:				
	Industriales	-	-	en calderas
	Cementeras	-	-	en altos hornos
	Fundidoras	-	-	en calderas y proceso
	Empresas			
	Alimenticias	-	-	en calderas y secadoras
	Textilerias	-	-	en calderas y secadoras
	Ladrilleras	-	-	en calderas y hornos
COMO LUBRICANTE:				
	Aceiteras	3	55	como lubricante, no se le agrega aditivos, no hay calidad,
	talleres	-	-	se vende para impermeabilizar caminos
OTROS USOS INDUSTRIALES:				
	Huleras	2	1,100	facilita la absorción, da fluidez al hule que se usa como materia en la fabricación de calzado.
	Blockeras	3	110	se aplica en los moldes para evitar que se pegue,
	Madera	1	275	curación de las mismas proporciona humedad, no se agriete, ni se apollita.
	Construccuras	2	-	se aplica con el asfalto.

1.4.1. Proveedores

Son las fuentes de suministro de aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas, es decir, aquellas personas que efectúan cambios de aceites en

vehículos, maquinarias, buques, etc. en forma particular o por su trabajo; su función es principalmente un almacenaje de estas sustancias de manera provisional.

Se identifica a dos tipos de proveedores: a) Los ubicados en tierra, como lo son talleres, aceiteras, estaciones de servicio que tienen la actividad de cambio de aceite en vehículos, empresas de transporte, la industria, el gobierno, etc. b) Los barcos, que al anclar en los puertos, generalmente proveen de aceites lubricantes usados mezclados con otro tipo de mezclas oleosas, a los recolectores.

1.4.2 Recolectores

Los recolectores son las personas individuales o jurídicas que se encargan de recolectar en las fuentes de suministro o proveedores, el aceite lubricante usado o la mezcla oleosa. Generalmente, los recolectores se encargan del transporte de estos productos, para abastecer a empresas recicladoras o empresas particulares que puedan utilizarlo como combustibles.

Al aceite lubricante usado, destinado a usarse como combustible, solamente le eliminan impurezas, agua, diesel y otro tipo de sólidos, mediante procesos de decantación simple, que en forma rudimentaria consiste en utilizar fuego y drenado por medio de tubos, para separar los aceites base, el agua y los sólidos. Estas actividades son de alto riesgo, puesto que se realizan sin ningún procedimiento técnico y sin precauciones ambientales.

1.4.3 Recicladoras

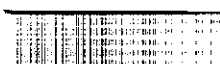
Son empresas que poseen transporte, un local e infraestructura para el reciclado de aceites lubricantes usados y mezclas oleosas y que regularmente carecen de sistemas apropiados de seguridad industrial y ambiental. En Guatemala, las empresas recicladoras procesan aceites lubricantes usados y mezclas oleosas,

en forma muy rudimentaria, con el propósito de obtener determinados productos que puedan utilizarse como combustibles, de acuerdo a su alto poder calorífico, o bien, como lubricantes de escasa calidad que se distribuyen a las denominadas aceiteras.

Actualmente, en Guatemala se tiene conocimiento de la existencia de ocho empresas dedicadas a reciclar aceites lubricantes usados y mezclas oleosas; de las cuales, Lubricantes Gilmens, Aceites Peralsa, Recicladora Industrial y Recicladora Nisthal, están ubicadas en las áreas marginales de la Ciudad de Guatemala; y DVG Servicios, S.A., Orpor, S.A., Repremar y Multifiltros Fama, S.A., que operan en áreas próximas al puerto Santo Tomás de Castilla, en el Atlántico y puerto Quetzal, en el Pacífico, con oficinas en la ciudad de Guatemala, según se observa en el cuadro 6. En el cuadro 8, se presentan el número de plantas existentes de este tipo, para el tratamiento de los aceites usados y mezclas oleosas, ubicadas en puertos de algunos países industrializados, en comparación a las existentes en los puertos de Guatemala.

CUADRO 8
Número de plantas de tratamiento para la reutilización de lubricantes

PAÍS	No. DE PLANTAS
Canadá	67
Dinamarca	11
Francia	20
Alemania	18
Italia	36
Japón	71
Reino Unido	61
Corea	10
Holanda	32
Noruega	25
España	15
Suecia	61
Países de la antes URSS	77
Estados Unidos	56
Guatemala	3



1.4.4. Compradores

Los compradores de productos reciclados, generalmente son: a) industrias que lo utilizan como combustible en calderas, altos hornos, etc.; b) industrias que lo utilizan en procesos de fabricación de productos como el hule y el calzado y otras industrias de producción similares; y c) pequeñas empresas distribuidoras de aceite, que venden el aceite reciclado como aceite lubricante.

1.5. Comercialización y reutilización de aceites lubricantes reciclados

De los 12,6 millones de galones de aceites lubricantes que Guatemala importó en el año 1997, según datos del Banco de Guatemala, las empresas recicladoras regeneraron alrededor de 138,970 galones mensuales, lo que suma en el año un estimado de 1,667,640 galones, o sea el 13% de ese total de importaciones. Respecto a los volúmenes comercializados por los recolectores no hay datos, debido a que los mismos, son personas individuales que no están establecidas como empresas y operan ilegalmente.

En cuanto a los proveedores, se estima que los talleres mecánicos y las aceiteras en donde proporcionan el servicio de cambio de aceite de los vehículos, generan en promedio mensual, 83 galones de aceites lubricantes usados, equivalente a un tonel y medio. Las estaciones de servicio en donde se efectúan cambios de aceites lubricantes de los vehículos, generan el promedio mensual de 55 galones (1 tonel) de aceites lubricantes usados, equivalente al 1.75% de las importaciones de aceites lubricantes. A continuación en el cuadro 9, se observa cómo se presenta la situación de la comercialización de los lubricantes usados, según el agente participante.

CUADRO 9

COMERCIALIZACIÓN DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS, POR AGENTE
VOLUMEN Y PRECIOS

EMPRESA	PROMEDIO MENSUAL (GALONES)	PRECIO DE COMPRA PROMEDIO (Q/GALÓN)	PRECIO DE VENTA PROMEDIO (Q/GALÓN)
RECICLADORAS:			
Lubricantes Gilmens	6,600	0.91	10.20
Aceites Peralsa	2,200	0.75	n.d.
Recicladora Industrial	550	n.d.	n.d.
Recicladora Nisthal	n.d.	n.d.	n.d.
DVG Servicios, S.A.	17,000	1.00	2.75
Repremar	12,000	1.00	2.50
Orpor, S.A.	80,000	1.25	3.00
Multifiltro Fama, S.A.	15,000	1.00	2.75
RECOLECTORES:			
Asentamiento Empagua	3,300	0.90	1.40
Otros Recolectores	n.d.	n.d.	n.d.
PROVEEDORES:			
Empresas Transporte	840	n.d.	n.d.
Talleres	83	n.d.	0.90
Acciteras	83	n.d.	1.75
Estaciones de Servicio	55	n.d.	n.d.
COMPRADORES:			
Cementeras	n.d.	n.d.	-
Hulceras	1,100	8.18	-
Acciteras	n.d.	n.d.	-
Ladrilleras	n.d.	n.d.	-

1.6. Disposición de los aceites lubricantes usados

Los aceites lubricantes al ser cambiados en los motores de combustión interna, se convierten en desechos que generalmente son tirados al entorno. Sin embargo, es factible la regeneración o reciclaje de estos aceites, lo que se justifica por razones de protección del medio ambiente en general y porque la recuperación

de los mismos tiene un valor económico aprovechable, que en muchos casos puede ser rentable.

En este sentido, se ha podido identificar que en Guatemala los aceites lubricantes usados generalmente, son:

- Tirados al entorno, principalmente a cuerpos de agua.
- Reutilizados y/o reciclados como combustible para calderas y hornos de empresas industriales relacionadas a procesos de fundición de metales, procesos de fabricación de textiles, alimentos, cementeras, ladrilleras, etc.
- Reciclados como aceite lubricante, el cual es distribuido como aceite de segunda en toneles puestos en venta en aceiteras y talleres.
- Reciclado y utilizado en procesos industriales como: la fabricación de hule, en este caso son utilizados para dar fluidez a estos procesos, facilitando la incorporación de otros elementos como antioxidantes, reforzantes; en la curación de maderas; en procesos de construcción, asfalto, etc.

2. RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN ACTUAL DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS EN GUATEMALA

La industria del reciclaje para obtención de materias primas de segunda, obedece a necesidades económico-sociales en Guatemala e incide en la reducción de importaciones, crecimiento de la industria nacional y generación de mano de obra, por lo que es situación común la existencia de este tipo de industrias, que abarcan todas las áreas comerciales.

2.1. Procedimientos utilizados actualmente en los procesos de reciclaje y reutilización de los aceites lubricantes usados

Para el acopio de los aceites quemados y cualquier tipo de mezclas oleosas, las empresas emplean medios rudimentarios que carecen de técnicas apropiadas en la recolección, transporte, reciclaje y comercialización; así también, sin poseer las medidas de seguridad industrial y ambiental, necesarias para su buen manejo y reutilización, a sabiendas que el producto manipulado es un hidrocarburo inflamable y contaminante. En esta actividad se identifican dos tipos de procesos de reciclaje y reutilización de los aceites lubricantes usados y mezclas oleosas, como sigue.

2.2. Procesos de reciclaje para utilizarse como combustible

Es posible reciclar los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas para que posteriormente se utilicen como combustibles, en virtud de tratarse de hidrocarburos que poseen alto poder calorífico. El costo de este proceso es menor que el proceso requerido para reutilizarlos como lubricantes, aunque la infraestructura de recolección y acopio es igualmente necesario.

Los métodos de reciclaje como combustible de los aceites lubricantes y las mezclas oleosas, en su mayoría, consisten en procesos simples de separación por gravedad que pueden completarse con procesos físicos, químicos y biológicos, que

son más avanzados y costosos, que se justifican cuando se requiere una separación de tipo secundaria o terciaria, es decir, un efluente de muy bajo contenido de hidrocarburos de elevado costo.

En el caso de las empresas que reciclan el aceite lubricante usado para utilizarse como combustible, las empresas Orpor, DVG Servicios, Repremar y Multifiltros Fama, hacen los trasiegos de los cuartos de máquinas de los barcos atracados en los puertos, por medio de mangueras a camiones cisternas, para luego ser trasladados a los lugares de reciclaje y almacenamiento. En lo referente a los aceites lubricantes usados generados en las estaciones de servicio y la industria en general, la empresa Texaco Guatemala Inc., realiza, desde 1994, un programa de recolección y destrucción de los mismos, a través de la empresa Orpor, S.A. Se sabe también, que las empresas Esso Central América, S. A., Shell Guatemala, S. A., y otras de carácter privado, realizan un manejo ambiental de los aceites lubricantes usados.

Los barcos generan alrededor de 3,000 a 8,000 galones de mezclas oleosas; de la industria no hay datos, sin embargo las empresas encuestadas, manifestaron que por lo menos generan ciento sesenta y cinco (165) galones mensuales, aunque esto depende de la flotilla de vehículos o camiones que posean. En el caso del Estado, se estima que cuenta con cincuenta (50) talleres en los cuales se efectúan cambios de aceite, que generan alrededor de diez (10) galones mensuales cada uno. De otras fuentes no existen datos.

Los camiones que transportan los aceites lubricantes usados o las mezclas oleosas que se obtuvieron de los barcos o de los generadores en tierra, al llegar a las instalaciones de almacenaje, que cuentan con cierta tecnología, depositan el cargamento en fosas abiertas de concreto, de determinada capacidad, que con el tiempo y por diferencia de densidades de los líquidos, se obtiene la separación del aceite y del agua. El aceite se ubica por encima del agua, y ésta a su vez, en el



fondo de la fosa. Seguidamente, se procede a bombear aceite emulsionado con agua, hacia un tanque de almacenamiento para que posteriormente se transfiera a una planta de proceso de separación final.

En el proceso de separación final, el aceite emulsionado es calentado en un horno vertical, lo cual provoca la evaporación del agua y luego es transferido a una torre de separación donde el agua es totalmente separada y el aceite queda libre. El agua se condensa y se deposita en un tanque, tratando de despojarle previamente, todos los hidrocarburos que pueda contener.

El aceite es pasado por un filtro en línea, para luego ser bombeado a los camiones que lo trasladan al consumidor final. Se obtiene un combustible secundario, con características casi similares al combustible denominado Bunker "C", el cual es utilizado por la industria de generación eléctrica.

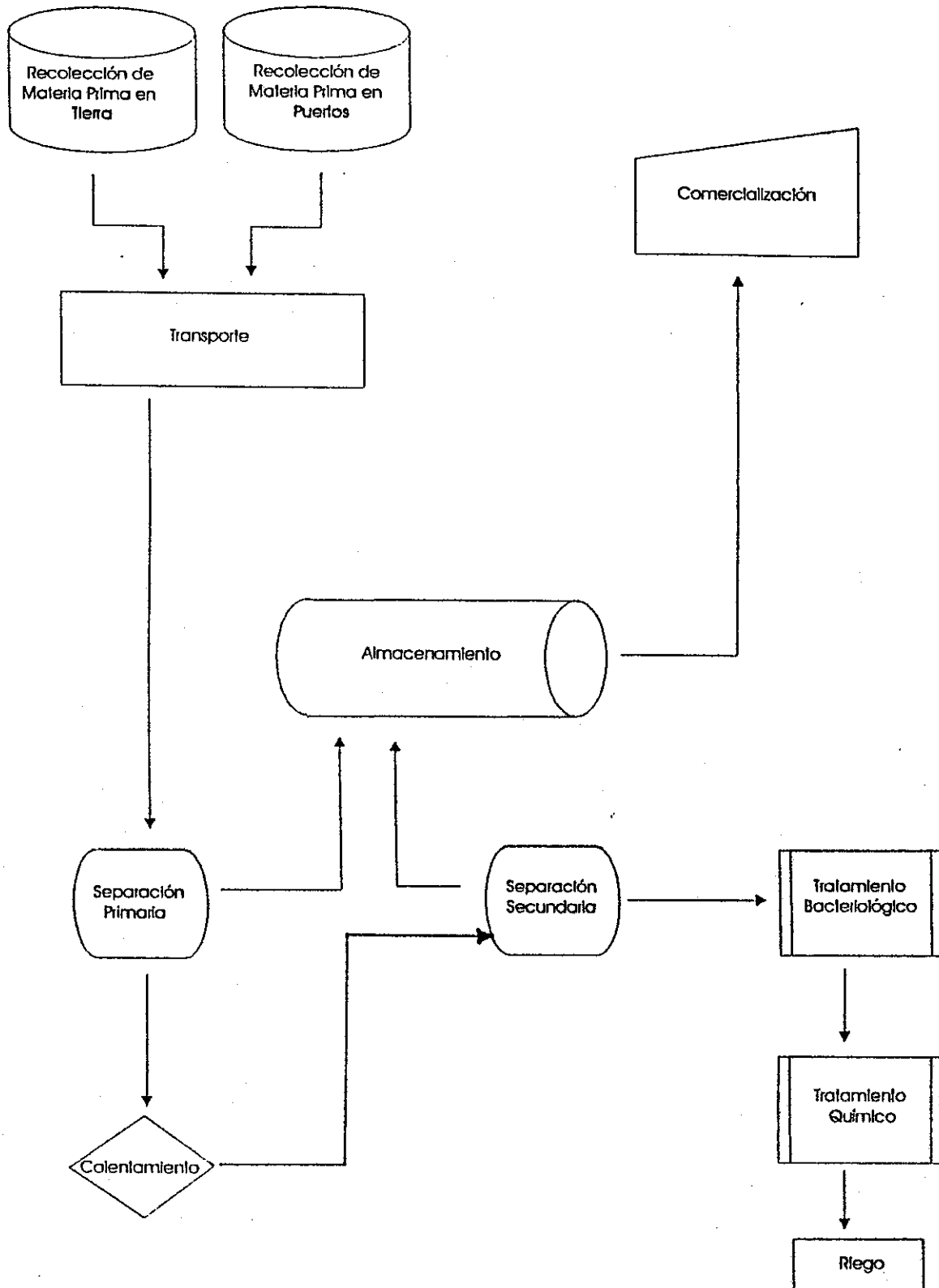
En la figura No. 1, se presenta el esquema típico del proceso de reciclaje y reutilización de los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas.

2.3. Procesos de reciclaje para utilizarse como lubricante

Técnicamente es posible reciclar aceites lubricantes usados y mezclas oleosas, para volver a utilizarlos como aceites lubricantes. Esta solución, sin embargo, requiere de una significativa inversión de capital en la planta, y necesita de una infraestructura de recolección y de acopio muy eficiente. Se considera que es una inversión arriesgada, desde el punto de vista financiero, ya que los costos de procesamiento, cuando se toman todas las medidas tecnológicas y ambientales adecuadas, son elevados y por lo tanto, el estímulo económico para hacerlo no es

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Figura No. 1



muy grande. Además, los consumidores ven con recelo la calidad del producto resultante, por lo que no existe una gran demanda para el producto.

En Guatemala, actualmente no existen plantas con alta tecnología para el reciclaje de lubricantes; puesto que son rústicas, sin mayor técnica, instaladas en áreas de aproximadamente unos 500 metros cuadrados, localizadas en zonas marginales de la ciudad, barrancos y de acceso dificultoso. Se identificaron cuatro empresas recicladoras en áreas marginales de la ciudad de Guatemala y solamente una de ellas (Lubricantes Gilmens) funciona en forma continua. Tres de estas empresas trabajan en forma empírica con maquinaria muy rudimentaria. Una de ellas tiene maquinaria un poco moderna, sin embargo no se utiliza.

Emplean materiales como la bentonita y el caolín, para procesos de separación de líquidos, sólidos y aceites. Utilizan hornos, filtros y quemadores y generalmente los desechos sólidos generados los tiran al medio ambiente al igual que el agua que contiene todavía alto volumen de hidrocarburos. Los procesos industriales son relativamente sencillos y abarcan las siguientes áreas de proceso.

- a) Recepción de materia prima. Aceites quemados que se compran y recolectan en gasolineras, talleres mecánicos, área doméstica, etc.; caolín y bentonita. El aceite quemado se recibe y almacena en toneles metálicos, a la intemperie. El caolín y la bentonita se almacenan en sacos, en depósitos cerrados.
- b) Calderines y hornos. En ellos se calienta el aceite mezclado con bentonita y caolín.
- c) Filtrado. Consiste en filtros de prensa, empacados con lona virgen y papel kraft.



- d) Envasado del producto final. El producto final se envasa y almacena en toneles metálicos.
- e) Despacho del aceite reciclado. Se despacha en toneles metálicos reusados.

El proceso para reciclar los aceites usados, no tiene variantes y consiste en los siguientes pasos de operación.

- a) El aceite quemado se introduce a tanques subterráneos, por gravedad. En este caso, se trasiega del tonel que los acarrea a unas cubetas-filtros colocadas en agujeros en el suelo, que conectan al tanque subterráneo. El proceso es empírico y sucio.
- b) De estos tanques se trasiega a los calderines u hornos, por medio de presión de aire.
- c) Una vez en los calderines, el aceite se mezcla con bentonita y/o caolín, o tierra de infusorios tizate.
- d) La mezcla anterior se calienta durante dos horas, a una temperatura de 165 grados centígrados.
- e) El producto resultante se cuela en los filtros de prensa, obteniéndose así el denominado "Aceite de Segunda" y el residuo o sub-producto que es una torta de bentonita y/o caolín, con impurezas extraídas del aceite quemado.

La torta o residuo que sale del proceso, queda adherido a las planchas de filtro, del cual se desprende manualmente; es de apariencia pesada, como un asfalto crudo grueso, formada de bentonita y aceite residual filtrado. Parte de la torta sobrante se usa como combustible para los calderines, la que se consume parcialmente, dejando un remanente de ceniza grisácea en aproximadamente 50%; la otra parte se acumula al lado de los filtros y luego se tira en basureros improvisados en terrenos de las mismas plantas o terrenos cercanos, provocando con ello daños al medio ambiente. Es importante mencionar que del aceite quemado que se recibe, se aprovecha el 60 %; el restante 40 % se considera desecho.

2.4. Otros procesos de reutilización simple

El recolector interviene en los procesos de reutilización de aceite lubricante usado, figurando como simple intermediario entre los proveedores y compradores. En este sentido, algunos recolectores sólo separan los aceites de los líquidos como el agua y otro tipo de sólidos, a través de procesos de decantación simple; lo venden en toneles a empresas que utilizan estos aceites como combustible en calderas, hornos, etc.

2.5. Procesos aplicados en otros usos industriales

Aquí se identifica que las cantidades de aceite quemado que se utilizan en estos procesos, son de poco volumen; por ejemplo, en el curado de maderas, lo aplican en formaletas utilizadas en construcción, para que el cemento no se pegue a las mismas; en la fabricación de hule, se utiliza como materia prima en la elaboración de calzado; son utilizados en asfaltos, para impermeabilización de azoteas; etc. Para estos usos, el proceso consiste en decantación simple. Es importante señalar que estos procesos no utilizan aditivos para ajustar la viscosidad o detergencia en el aceite reciclado.

2.6. Calidad del producto obtenido

En el caso de la obtención de aceites lubricantes para su comercialización, no existen métodos de verificación de calidad de los productos obtenidos, por lo que es dudosa la calidad de los mismos. Ninguna de las empresas visitadas cuenta con la tecnología adecuada para realizar el proceso de una manera técnica y ambientalmente adecuada; complementado con el hecho que la mayoría de empresas operan ilegalmente.

Finalmente, el producto obtenido es una mezcla de aceites lubricantes bases y mezclas oleosas, contaminado principalmente con metales provenientes del desgaste de los motores en donde estuvieron expuestos; sin aditivos, los cuales sirven como detergentes, dispersantes y antioxidantes, para mejorar el índice de viscosidad, antiespumantes, modificadores del coeficiente de fricción, etc., a los motores de combustión interna. El galón de aceite lubricante usado que se empleará como combustible, posee aproximadamente 17,000 BTU's de energía, en comparación a uno "nuevo" que contiene aproximadamente 19,000 BTU's de energía, pero que no se usan para este fin.

2.7. Rentabilidad

Actualmente, la actividad de procesar los aceites lubricantes usados para reutilizarlos como combustible o como lubricantes, requiere de poca o mediana inversión, porque no se toman en cuenta las medidas tecnológicas y ambientales para la creación de infraestructura de recolección y acopio. Los consumidores ven con recelo la calidad del producto resultante, que en gran parte reduce la demanda del producto; por lo tanto, este tipo de negocio se considera como una inversión arriesgada desde el punto de vista financiero.

En cuanto a los precios, las empresas recicladoras ubicadas en las áreas marginales de la ciudad de Guatemala, generalmente compran el tonel de aceite lubricante quemado, entre Q40.00 y Q60.00; después de reciclarse, el tonel de aceite lubricante se vende a las aceiteras entre Q700.00 y Q800.00. En el caso de las recicladoras ubicadas en áreas portuarias, el precio de compra del aceite quemado y la mezcla oleosa, está comprendido entre Q50.00 y Q60.00 el tonel y lo venden a precios que oscilan entre los Q140.00 y Q165.00. En el caso de los recolectores, compran a Q30.00 y Q50.00 el tonel, vendiéndolo a las recicladora en el precio antes mencionado.

3. PROPUESTA PARA EL CONTROL Y MANEJO AMBIENTAL DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS Y SUSTANCIAS OLEOSAS

Para que las actividades desarrolladas en el control, manejo, procesamiento y almacenaje de los lubricantes usados y sustancias oleosas, se lleven a cabo de una manera ordenada y de acuerdo a un procedimiento técnico y ambientalmente adecuado, acorde a las necesidades económicas de nuestro país y en beneficio de la comunidad, es necesario tomar medidas o disposiciones como las siguientes.

3.1. Generación y recepción de aceites lubricantes usados y sustancias oleosas

La propuesta de ordenamiento de esta actividad debe ser la siguiente.

3.1.1. El generador

Todo generador de aceites lubricantes usados y sustancias oleosas, es el responsable de todo el daño producido por éstos, acorde a legislación aplicable o que se cree para el efecto.

El generador de sustancias oleosas, tendrá las obligaciones siguientes.

- a) Inscribirse en el Registro de Generadores, que para el efecto establezca la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, quienes deben proporcionar a los interesados, instructivos y/o circulares referentes a condiciones de seguridad industrial y ambiental.
- b) Envasar, almacenar y trasegar las sustancias oleosas en condiciones de seguridad, contando con el equipo adecuado y en áreas que reúnan los requisitos apegados a normas técnicas y ambientales aplicables.

- c) Contratar los servicios de una empresa o entidad recolectora o de manejo de sustancias oleosas, autorizada por la autoridad ambiental correspondiente o por la Dirección General de Hidrocarburos.
- d) Extender al recolector de sustancias oleosas, un manifiesto, cuyo formato proporcione la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos, en donde conste la identificación de la sustancia, la procedencia u origen de la sustancia, el volumen, fecha de la operación de recolección y otra información indispensable de la operación.
- e) Contar con un recipiente que contenga bolsas llenas de arena de río seca, sacos de semilla de algodón y/o productos químicos elaborados para absorber derrames; además, poseer un mínimo de dos extintores con capacidad mínima de 20 libras de polvo químico seco, del tipo ABC, por cada área de almacenamiento y dispositivos donde se pueda obtener y almacenar agua en caso de un incendio.
- f) Poseer rótulos preventivos de NO FUMAR, PELIGRO, PRODUCTO INFLAMABLE y otros relativos a la seguridad de las personas y los bienes, ubicados en lugares visibles.
- g) Identificar los recipientes que contienen sustancias oleosas, con rótulos visibles como "MEZCLAS OLEOSAS", "LUBRICANTES USADOS";

En el caso de los generadores individuales (entiéndase las personas individuales que efectúan cambios de lubricantes a su vehículo) es necesario que por parte de las entidades públicas y privadas relacionadas con esta actividad, se desarrolle una intensa campaña de concientización y divulgación, de la importancia que tiene la normativa para el adecuado tratamiento y control de los aceites usados, e indicar los lugares de acopio.

3.1.2. El receptor

El receptor de sustancias oleosas es responsable de todo daño producido por éstos, acorde a la legislación aplicable y la que se cree para el efecto.



El receptor de sustancias oleosas tendrá las obligaciones siguientes.

- a) Inscribirse en el registro que para el efecto establezca la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos, quienes deben proporcionar a los interesados, instructivos y/o circulares referentes a condiciones de seguridad industrial y ambiental.
- b) Envasar las sustancias en recipientes debidamente identificados, que reúnan las condiciones mínimas de seguridad industrial y ambiental.
- c) Poseer un extintor con capacidad mínima de 10 libras de polvo químico seco, del tipo ABC, por cada área de almacenamiento.
- d) Poseer rótulos preventivos de NO FUMAR, INFLAMABLE y otros relativos a la seguridad de las personas y bienes, ubicados en lugares visibles.
- e) Disponer de las sustancias oleosas almacenadas, conduciéndolas a centros de recolección o tratamiento, o en su defecto, contratando los servicios de una empresa o entidad recolectora o de manejo de sustancias oleosas, debidamente autorizada por la autoridad ambiental correspondiente o por la Dirección General de Hidrocarburos.

3.2. Recolección y transporte de aceites lubricantes usados y sustancias oleosas

Todo recolector y/o transportista de sustancias oleosas es responsable de todo daño producido en la recolección y transporte de éstos y para el efecto, se sujetará a lo estipulado en reglamentos emitidos por la autoridad ambiental correspondiente o por la Dirección General de Hidrocarburos. El recolector y/o transportista tendrá la obligación de cumplir con lo siguiente.

- a) Inscribirse en el registro de recolectores y transportistas de sustancias oleosas, que para el efecto establezca la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos.

- b) Poseer licencia de operación para el transporte de sustancias oleosas, autorizada por la Dirección General de Hidrocarburos.
- c) Transportar sustancias oleosas en auto-tanques, propios o arrendados, cuyas capacidades, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad previstas en las normas técnicas y ambientales correspondientes a este tipo de unidades, para evitar que en las operaciones de carga, acarreo y descarga, se produzcan derrames o emanaciones que perjudiquen la integridad de las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.
- d) No transportar sustancias oleosas, a una distancia mayor de 100 kilómetros entre punto de carga y el punto de descarga; esto, con el fin de evitar accidentes por lo largo del trayecto, así como para reducir la probabilidad de la descarga del agua decantada hacia el ambiente.

3.3. Requisitos para los medios de transporte

Toda unidad o medio de transporte que posea autorización de la autoridad ambiental correspondiente o de la Dirección General de Hidrocarburos, podrá efectuar operaciones de carga y descarga en los lugares de generación, recepción, instalaciones o fuentes de entrega de sustancias oleosas. El recolector y/o transportista sólo podrá recibir sustancias oleosas, si los mismos vienen acompañados del correspondiente manifiesto, extendido por el generador o receptor. Éstos deberán ser entregados en su totalidad, a las plantas de almacenamiento o de tratamiento previo o total, que estén debidamente autorizadas por el generador o receptor y que estén consignadas en el manifiesto.

El transporte de sustancias oleosas tendrá las obligaciones siguientes.

- a) Poseer autorización por medio de la licencia de operación extendida por la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos, para cada unidad de transporte de sustancias oleosas.

- b) Cada auto-tanque portará: 2 extintores, cada uno con capacidad mínima de 10 libras de polvo químico seco, del tipo ABC, en condiciones óptimas de carga y funcionamiento, colocándose en lugares de fácil acceso; bloques de madera para impedir el rodamiento de los neumáticos y rótulos preventivos para las operaciones de carga y descarga; y sistema permanente de descargar a tierra la electricidad estática.
- c) Cada auto-tanque tendrá inscritas las palabras INFLAMABLE, MEZCLAS OLEOSAS y/o ACEITES LUBRICANTES USADOS, en color rojo; en su parte posterior, el rótulo será de 134 centímetros de longitud por 20 centímetros de altura, y las letras serán de 3 centímetros de grosor; y en cada costado, el rótulo será de 198 centímetros de largo por 25 centímetros de altura y las letras serán de 4 centímetros de grosor.
- d) El piloto no conducirá el medio de transporte con o sin carga a más de 70 kilómetros por hora, no transportará pasajeros; revisará previamente a cada operación de carga, el buen estado y correcto funcionamiento del medio de transporte en general; evitará la circulación y el parqueo de la unidad de transporte, en lugares y situaciones de riesgo; no efectuará trasiego de mezclas oleosas en lugares y condiciones inapropiadas; por seguridad vial se recomienda que descanse una hora por cada cuatro horas continuas de conducción; cumplirá con las disposiciones de carga, descarga y tránsito, conforme a circulares y manuales de condiciones de seguridad emitidos por la autoridad competente.
- e) Contar con procedimientos y equipo adecuado para el trasiego y control de derrames de sustancias oleosas.
- f) Observar los programas de mantenimiento de equipo.
- g) Contar con el equipo de protección personal para los operarios de los vehículos.
- h) Entregar al depositario final de las sustancias oleosas, debidamente firmado y sellado, el manifiesto de carga que le entregó el generador o receptor de las mismas.

- i) Contar con una póliza de seguro que cubra daños causados o garantía de pago suficiente para cubrir los mismos, que para el caso establezca la autoridad competente.

3.4. Licencia de operación

Para la obtención de licencia de operación de transporte de aceites lubricantes y/o sustancias oleosas, que otorga la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos, las personas interesadas deben cumplir con los siguientes requerimientos generales.

- a) Datos generales de la persona individual o jurídica que suscribe la solicitud.
- b) Dirección para recibir notificaciones.
- c) Personería con base en la cual actúa.
- d) Objeto de su comparecencia.
- e) Fotocopias legalizadas de la tarjeta de circulación, la solvencia aduanal y el documento que demuestre la propiedad o arrendamiento del medio de transporte.
- f) Tres ejemplares en original, del acta de certificación de calibración volumétrica de los compartimentos que conforman la cisterna o el tanque de la unidad o medio de transporte; que deberá practicarse por entidades debidamente autorizadas por la Dirección General de Hidrocarburos.
- g) Cumplir con las medidas de seguridad industrial y ambiental enunciadas en el numeral anterior, acorde a inspección realizada por la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos.

4. TRATAMIENTO DE LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS Y LAS SUSTANCIAS OLEOSAS

La propuesta de ordenamiento, control técnico y ambiental de esta actividad se describe a continuación.

4.1. Requisitos del operador

El operador de plantas de tratamiento de sustancias oleosas es responsable de todo daño producido en las operaciones inherentes a su actividad y será sancionado, en los términos que estipule la legislación aplicable. El operador de las plantas de tratamiento, tendrá las obligaciones siguientes.

- a) Contar con la debida licencia de operación.
- b) Que sus instalaciones posean certificación de aprobación, emitida por la autoridad ambiental correspondiente, del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en los términos que estipula la ley.
- c) Acatar lo prescrito en el reglamento sobre la materia, así como a las normas técnicas, industriales y ambientales que le sean aplicables.
- d) Cumplir las respectivas disposiciones sobre seguridad e higiene en el trabajo.
- e) Mantener un estricto control sobre sus procesos de recepción, almacenamiento, tratamiento, transporte de sustancias oleosas, tratamiento de efluentes y disposición de residuos.
- f) Remitir a la autoridad ambiental correspondiente, un informe sobre las operaciones efectuadas con las sustancias oleosas, según período predeterminado por las partes; esto, con el objeto de verificar que los volúmenes que ingresan a la planta se han procesado.
- g) Remitir a la autoridad ambiental correspondiente, debidamente firmado y sellado, cada manifiesto entregado por el transportista; consignando el volumen de sustancias oleosas recibidas, el volumen tratado, los efluentes obtenidos y los residuos generados y su disposición final.

- h) Llevar una bitácora de las operaciones de la planta de tratamiento.
- i) Poseer un plan de contingencias por posibles incendios, derrames o cualquier tipo de contaminación, en las diversas áreas de operación.
- j) Contratar para sus operaciones, personal calificado y brindarle capacitación constante.

4.1.1. Solicitud de licencia de operación

Las personas interesadas en la operación de instalaciones para el tratamiento de aceites lubricantes usados y sustancias oleosas, deben cumplir ante la autoridad ambiental correspondiente, con los siguientes requerimientos generales.

- a) Memorial dirigido al representante de la autoridad ambiental correspondiente, anexando datos generales de la persona individual o jurídica que suscribe la solicitud; dirección para recibir notificaciones; personería con que actúa y objeto de su comparecencia.
- b) Certificación del Registro General de la Propiedad que acredite la propiedad del inmueble del interesado, fotocopia legalizada del contrato de arrendamiento u otra modalidad de posesión del inmueble donde se proyecta la instalación de tratamiento de sustancias oleosas.
- c) Descripción del sitio y localización del Inmueble en el cual se proyecta la instalación del tratamiento de sustancias oleosas.
- d) Descripción de las instalaciones e infraestructura proyectadas: número y capacidad de los tanques y/o piscinas ubicadas en las áreas de almacenamiento, tuberías, áreas de recepción y despacho, áreas de tratamiento previo o total, sistemas de seguridad y prevención de contaminación ambiental y demás equipos conexos para la disposición de las sustancias oleosas.
- e) Planos del local de tratamiento de aceites lubricantes usados y sustancias oleosas, firmados por ingeniero civil colegiado activo.

- e.1.) **UBICACIÓN:** que indique referencias de ubicación, acceso y colindancias del terreno donde se instalará el proyecto, así como construcciones, instalaciones y otra información que se considere de importancia, contenida en un radio de 100 metros, a partir de los linderos, en formato ICAITI A-4.
- e.2.) **LOCALIZACIÓN:** que indique las construcciones e instalaciones existentes y las planificadas dentro del terreno, tales como áreas de almacenamiento, áreas de carga y descarga, áreas de tratamiento previo o total, oficinas, bodegas, etc., con sus respectivas dimensiones y distancias entre ellas, en formato ICAITI A-2.
- e.3.) **DETALLES TÉCNICOS:** relativos a diseños de instalaciones de tanques y piscinas, áreas de almacenamiento, carga y descarga, tratamiento previo o total, tuberías y equipo diverso que integra la instalación, en formato ICAITI A-2.
- e.4.) **SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL:** que indique el equipo de los sistemas contra incendios, de protección personal, del equipo relativo a la recuperación y tratamiento de derrames y emanaciones, accesorios, etc., con el propósito de prevenir accidentes y la contaminación ambiental, en formato ICAITI A-2.
- f) **Diagrama de flujo de los procesos que se aplicarán en el tratamiento de las sustancias oleosas.**
- g) **Programas específicos de contingencias, que incluya los procedimientos y el equipo necesario para la recuperación, trasiego y tratamiento de derrames de sustancias oleosas.**
- h) **Póliza de seguro para cubrir los daños que puedan causar los accidentes derivados de las operaciones de manejo y tratamiento de sustancias oleosas; cuyo monto será establecido por la autoridad ambiental correspondiente o por la Dirección General de Hidrocarburos.**

4.2. Requisitos de las instalaciones

Las instalaciones de tratamiento de sustancias oleosas, deberán reunir como mínimo las siguientes condiciones.

- a) No podrán instalarse dentro de áreas urbanas; ni a menor distancia de 100 metros de viviendas, planteles de educación, fábricas o ventas de pólvora, salitre o productos pirotécnicos. Dicha distancia se medirá a partir de los linderos del terreno.
- b) Las instalaciones no estarán próximas a las orillas de barrancos, riberas de ríos o en zonas con pendientes muy pronunciadas, o en sitios expuestos a riesgos por posibles inundaciones, fugas, incendios, explosiones, deslizamientos, etc.
- c) Estar en sitios con ventilación natural suficiente, para evitar acumulación de vapores o gases peligrosos.
- d) Las vías de acceso o comunicación tendrán el adecuado mantenimiento, para facilitar el ingreso o evacuación.
- e) Tener suficiente capacidad para almacenar, separar y tratar los volúmenes proyectados de recepción de sustancias oleosas, o como mínimo, contar con una piscina o tanque con capacidad de almacenamiento de 100 metros cúbicos.
- f) Contar con sistemas de extinción de incendios, denominados agua-espuma. En el caso de hidrantes, éstos deberán mantener una presión mínima de 6 kg/cm² durante 30 minutos, para lo cual deberán contar con un tanque u otro medio de almacenamiento de agua para asegurar un flujo constante.
- g) Contar con espacios y corredores, que permitan el tránsito de determinado equipo, así como los movimientos de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia.
- h) Contar con pararrayos.
- i) Contar con detectores de gases y vapores peligrosos con alarma audible.
- j) Poseer en lugares adecuados, señales y rótulos preventivos sobre la peligrosidad de las sustancias oleosas.

- k) Los pisos y corredores en la instalación de tratamiento, deberán contar con canales o cunetas que conduzcan los derrames a fosas de retención o tanques de captación equivalentes a la quinta parte del almacenaje total, para su tratamiento.
- l) Contar con sistemas de control y tratamiento de efluentes, como una piscina o equipo separador agua-aceite (denominado Separador API), lagunas de clarificación, desnatadores, sistemas de filtración de aire y flotación, etc., con capacidad suficiente para poder separar el volumen de sustancias que trate la planta.
- m) Levantar muros o paredes en sus linderos, para proporcionar seguridad al local.
- n) Iluminación adecuada y suficiente, preferentemente natural, en las áreas de trabajo.
- ñ) Los movimientos de entrada y salida de sustancias oleosas de las instalaciones de tratamiento, deberán quedar registradas en un libro que para el efecto autorice la autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos. En el libro de registro se debe indicar fecha del movimiento, origen y destino de las sustancias oleosas.

4.2.1. Áreas de las instalaciones de tratamiento de sustancias oleosas.

Las instalaciones de tratamiento de sustancias oleosas deberán tener delimitadas y separadas las siguientes áreas.

- a) **Áreas de carga, descarga y maniobras vehiculares**
 - Deben estar debidamente señalizadas, con rótulos preventivos, las tuberías debidamente identificadas con diferenciación de colores, según normas nacionales o internacionales para el efecto.

- Contar con piso de concreto, con una pendiente adecuada.
 - Poseer un área específica para parqueo de unidades, debidamente señalizada, que deberá tener como mínimo 15 metros de radio de giro para maniobras vehiculares.
- b) Área de oficinas y servicios
- El área de oficinas y servicios debe estar por lo menos a una distancia mínima de ocho metros de las área de almacenamiento, tratamiento y disposición de efluentes y residuos.
- c) Área de bodega
- Estar separadas como mínimo ocho metros de las demás áreas que conforman el local de tratamiento.
 - Contar con ventilación suficiente y estar protegidas de la intemperie.
 - Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables.
 - Contar con mecanismos de almacenamiento de materias primas, seguros y adecuados a este tipo de sustancias.
- d) Áreas de almacenamiento, tratamiento de sustancias oleosas y efluentes
- Deben sujetarse a las normas técnicas y ambientales, estipuladas en el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques, denominado MARPOL 73/78 y otras normas nacionales o internacionales, aplicables a este tipo de instalaciones.
 - Las dimensiones de los tanques, piscinas, accesorios y equipo principal y auxiliar para este tipo de instalaciones, así como la distancia entre cada uno de estos elementos, se regirán por las disposiciones o especificaciones emanadas del API, ASTM, NFPA y otras entidades de reconocido prestigio internacional, relacionadas con seguridad industrial y ambiental en materia de hidrocarburos.

- Los tanques y piscinas deben calibrarse mediante normas nacionales o internacionales; contar con tablas de calibración certificadas por el fabricante o calibrador.
- Los tanques deberán construirse de acero, contar con sistemas de conexión a tierra, pinturas y sistemas anticorrosivos y cumplir con las normas de seguridad técnica y ambiental aplicable a este tipo de equipo (por ejemplo la norma API 650); contar con niveles de referencia, válvulas de seguridad, válvulas de drene, entradas de hombre (manhole) para inspección, rotular debidamente las alturas de nivel y respectivas capacidades operacionales y de almacenamiento.
- Cada tanque o conjunto de tanques superficiales, deberán rodearse de paredes, muros o diques que permitan contener el volumen del tanque de mayor capacidad, más el diez (10) por ciento de la capacidad del resto de tanques y la superficie delimitada por las paredes, muros o diques de contención, deberán ser de un material que no permita la filtración y contaminación del suelo, por parte de los productos derramados.
- Las piscinas deberán ser construidas en áreas descubiertas, con paredes y pisos de concreto reforzado, liso; deberán cumplir con las normas de seguridad industrial y ambiental, aplicable a este tipo de construcciones, tales como, tuberías, sistemas de drenaje, válvulas de cierre, niveles de referencia, capacidad máxima de almacenamiento y de operación.
- Las instalaciones de tratamiento deberán contar con un sistema de tratamiento de efluentes o fluidos, por medio de un proceso físico-químico para disminuir a los límites permisibles, el contenido de aceites y grasas flotantes, los sólidos en suspensión y la temperatura, para garantizar que la calidad del agua que se vierta al medio ambiente, tenga un máximo de veinte (20) partes por millón de hidrocarburos; sin embargo, la autoridad ambiental correspondiente, podrá establecer otros parámetros de calidad del agua.

e) Área de piscinas de almacenamiento y tratamiento de aguas de procesos

- Es recomendable la instalación de por lo menos dos piscinas interconectadas.
- La primera piscina, recibe descargas de fluidos provenientes de los tanques o piscinas de almacenamiento, en donde se ha producido la primera separación gravitacional entre fluidos de diferente densidad (agua, aceites y grasas) y algunos sólidos en suspensión; aquí con la ayuda de floculantes (sulfato de aluminio, cloruro férrico, polímeros) se agruparán los sólidos en suspensión para su posterior decantación, logrando también, la separación y flotación de los remanentes de aceites y grasas.
- A su vez, la segunda piscina recibe de la primera, los fluidos casi libres de sólidos en suspensión e hidrocarburos; en esta piscina se obtiene la oxigenación del agua y se realizan los respectivos análisis para determinar las características físico-químicas del agua reaccionadas con sólidos disueltos, aceites y grasas, sólidos asentables, pH y metales pesados, antes de su descarga en un cuerpo de agua.
- El agua a ser descargada tiene que cumplir con los siguientes límites permisibles, cumpliéndose con ello lo estipulado en el capítulo II, artículo 15 del decreto 68-86.

PARÁMETROS PERMISIBLES	LÍMITES MÁXIMOS
Potencial hidrógeno (pH)	5 - 9
Temperatura	35 ° C
Hidrocarburos y grasas	20 ppm
Sólidos en suspensión	50 ppm
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	40 ppm
Demanda química de oxígeno (DQO)	20 ppm

METALES PESADOS:

Antimonio	1	ppm
Arsénico	0.5	ppm
Bario	5	ppm
Berilio	0.01	ppm
Cadmio	0.1	ppm
Cromo	0.5	ppm
Cobalto	0.5	ppm
Cobre	3	ppm
Fluoruro	5	ppm
Plomo	0.5	ppm
Mercurio	0.02	ppm
Molibdeno	0.5	ppm
Níquel	2	ppm
Selenio	0.5	ppm
Plata	0.5	ppm
Talio	0.1	ppm
Vanadio	1	ppm
Zinc	0.5	ppm
Caudal de descarga	200	lts/seg

- Los aceites lubricantes usados y las sustancias oleosas flotantes en las dos piscinas pueden ser recogidos con la ayuda de desnatadores manuales los que luego pueden ser incinerados, biorremediados o colocados en un relleno sanitario industrial.
- El fondo y las paredes de estas piscinas tienen que estar suficientemente compactadas y estabilizadas para evitar la erosión, así como impermeabilizadas para evitar la filtración y el escurrimiento de los fluidos hacia los niveles freáticos.

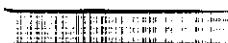
- Durante la ejecución de las actividades de la planta de tratamiento de aceites usados y mezclas oleosas, es necesario establecer una serie de monitoreos de seguimiento de la calidad de las aguas provenientes de estas piscinas, para asegurarse que las operaciones implementadas no afecten significativamente al medio ambiente natural y humano, esto se logrará por medio de la determinación de la concentración de los contaminantes liberados al ambiente a través de los puntos de descarga; proponiéndose el siguiente programa de monitoreo.

SITIO	PARÁMETROS	FRECUENCIA
Punto de descarga al ambiente	pH	Diaria
	DBO 5	Quincenal
	DQO	Semanal
	Cloro total	Semanal

4.3. Disposición de los residuos

Los residuos resultantes de las operaciones de tratamiento de aceites lubricantes usados y mezclas oleosas, deberán destruirse o neutralizarse, aprovechándolos en algunos casos como fuente de energía; sólo podrán eliminarse de acuerdo con los métodos de las normas técnicas ecológicas correspondientes, sugiriéndose los siguientes.

- Incineración:** proceso por el cual, los residuos o desechos, mediante la acción de una fuente de calor, se convierten en residuos menos contaminantes y de menor volumen físico y para el efecto se debe contar con un incinerador ubicado en área exclusiva para el control de los desechos; los materiales absorbentes usados para la recolección de natas de aceites y sustancias oleosas deberán incinerarse convenientemente.



b) Relleno sanitario industrial: proceso mediante el cual, en un lugar apropiado, se construye una fosa recubierta e impermeabilizada, con tuberías de ventilación, destinada a albergar por largo plazo los desechos o residuos aceitosos, mezclados con suelo, que después pueden extraerse para utilizarse como fuente de energía o abono; el área superficial de estos rollenos deben ser de acceso restringido.

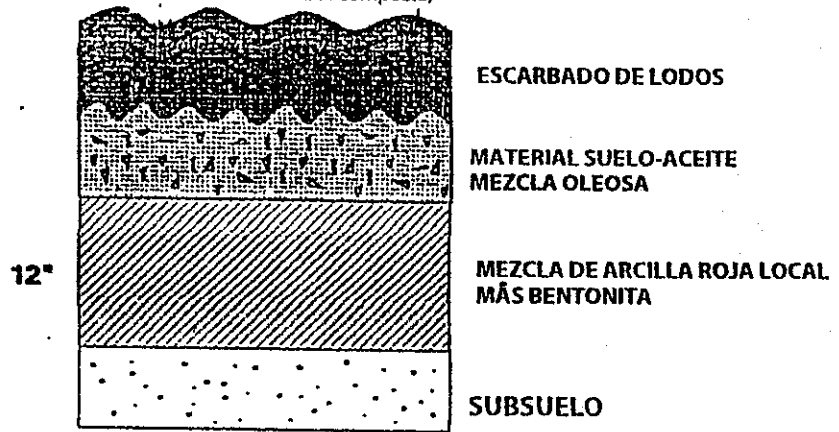
Las principales consideraciones para utilizar este método de control de residuos, son las siguientes.

- Disponibilidad del sitio y topografía.
- Características geotécnicas y geológicas subsuperficiales (litología).
- Niveles o profundidades máximas y mínimas del acuífero subsuperficial.
- Tamaño y forma del relleno (ancho, largo y profundidad).
- Materiales aislantes a utilizarse: bentonita, geomembrana (forro o cubierta plástica de alta densidad, 5mm diámetro) o geomembrana más bentonita.
- Sistema de recolección de lixiviados.
- Sistema de venteo de gases generados.
- Pendientes de las paredes y fondo del relleno.
- Cobertura final: suelo orgánico, cobertura vegetal y pendientes.
- El diseño y construcción de estas áreas, deberá sujetarse a las normas técnicas ecológicas nacionales que expida la autoridad ambiental correspondiente, o en su defecto las utilizadas a nivel internacional.

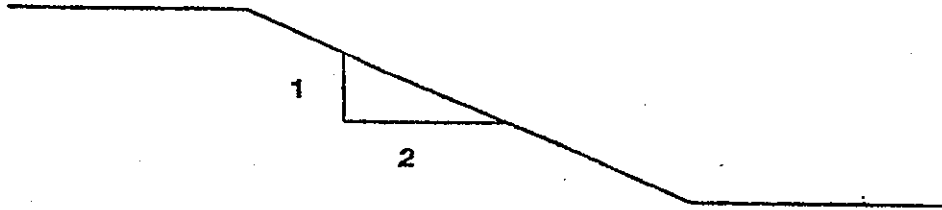
A continuación, en las figuras Nos. 2 y 3, se presentan dos secciones típicas de un relleno sanitario y dos tipos básicos de impermeabilización de las fosas de los mismos.

FIGURA No. 2
TIPOS DE RELLENO SANITARIO INDUSTRIAL
 (Diseño de líneas de arcilla compacta)

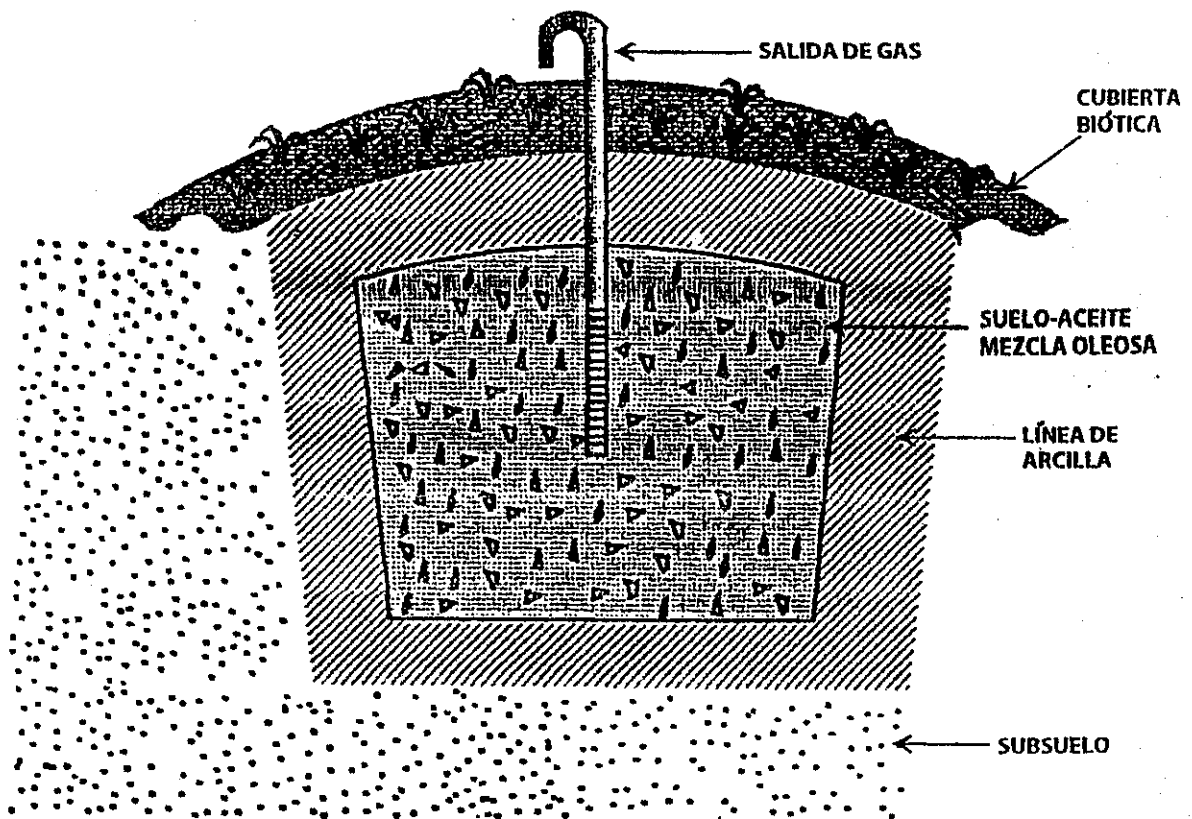
SECCIÓN TÍPICA



PENDIENTE DE LA FOSA



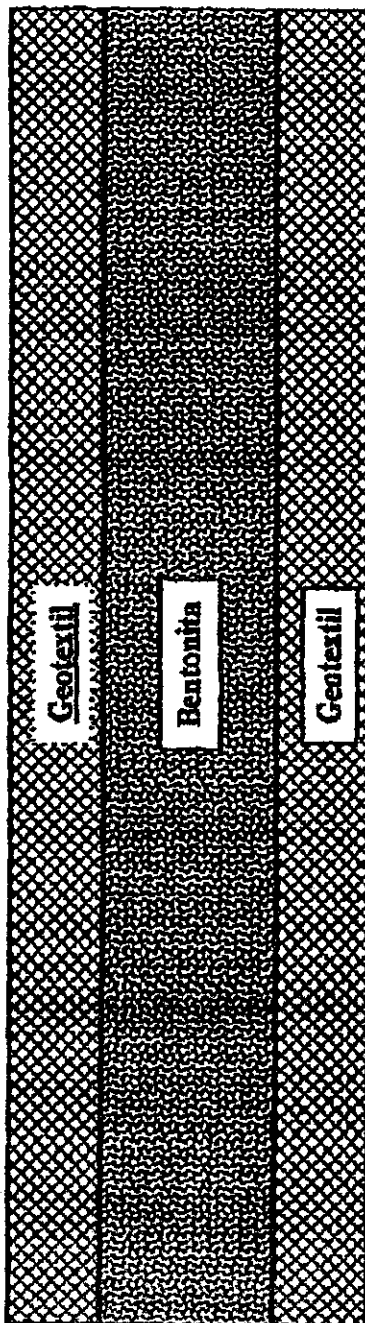
SECCIÓN CRUZADA DE RELLENO CERRADO



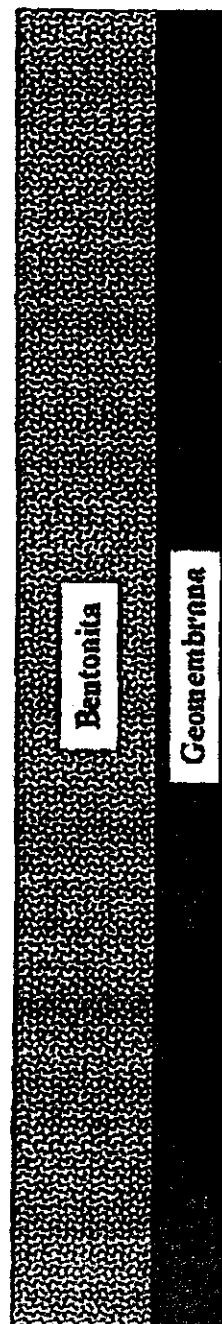
DOS TIPOS BÁSICOS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE FOSAS PARA RELLENO SANITARIO INDUSTRIAL

Figura No. 3

(A) Bentonita entre dos geotextiles



(A) Bentonita unida (pegada) a la geomembrana



4.4. Pruebas de laboratorio

Toda instalación de tratamiento de aceites lubricantes usados o mezclas oleosas, deberá contar con un laboratorio específico para efectuar los análisis correspondientes, o en su defecto, contratar los servicios de una empresa autorizada para realizarlos. En ambos casos, se remitirá copia de los resultados de laboratorio a la Dirección General de Hidrocarburos o a la autoridad ambiental correspondiente para verificar que las muestras cumplen con los requerimientos técnicos establecidos, respecto a análisis de calidad del producto final obtenido (lubricante y/o combustible); análisis de calidad del agua dispuesta tras su tratamiento; análisis de tipos de residuos generados; análisis de emisiones atmosféricas; otros análisis e informes sobre el particular, que requieran en su momento las autoridades correspondiente.

Los análisis de laboratorio indicados anteriormente, deberán realizarse de conformidad con las normas nacionales o internacionales como las COGUANOR, ASTM, API, ISO, SAE, u otras aplicables a este tipo de sustancias. Asimismo, los reportes de los análisis de calidad, deberán refrendarse por firma responsable de profesional colegiado activo, de conformidad con las leyes de la materia.

4.5. Producto obtenido

El producto final obtenido de las instalaciones de tratamiento de aceites lubricantes usados o mezclas oleosas para comercializarlos y distribuirlos, deberá reunir las condiciones de calidad mínimas para reutilizarse; en el caso que se utilice como combustible en equipos industriales, deberá analizarse para establecer los siguientes parámetros de calidad.

- Gravedad específica y grados API.
- Viscosidad cinemática.

- Contenido de agua, en porcentaje en volumen.
- Contenido de azufre, en porcentaje en masa.
- Poder calorífico.

En el caso que se pretenda reutilizar el producto final como lubricante, se deberá cumplir con las especificaciones de calidad contempladas en el artículo 4, del acuerdo ministerial 180-85, del Ministerio de Energía y Minas, publicado el 11 de octubre de 1985, o el que lo sustituya.

En la figura No. 4, se presenta un flujograma que resume toda la actividad que conlleva las operaciones en el tratamiento, control y manejo de los aceites lubricantes usados y las denominadas mezclas oleosas.

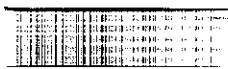
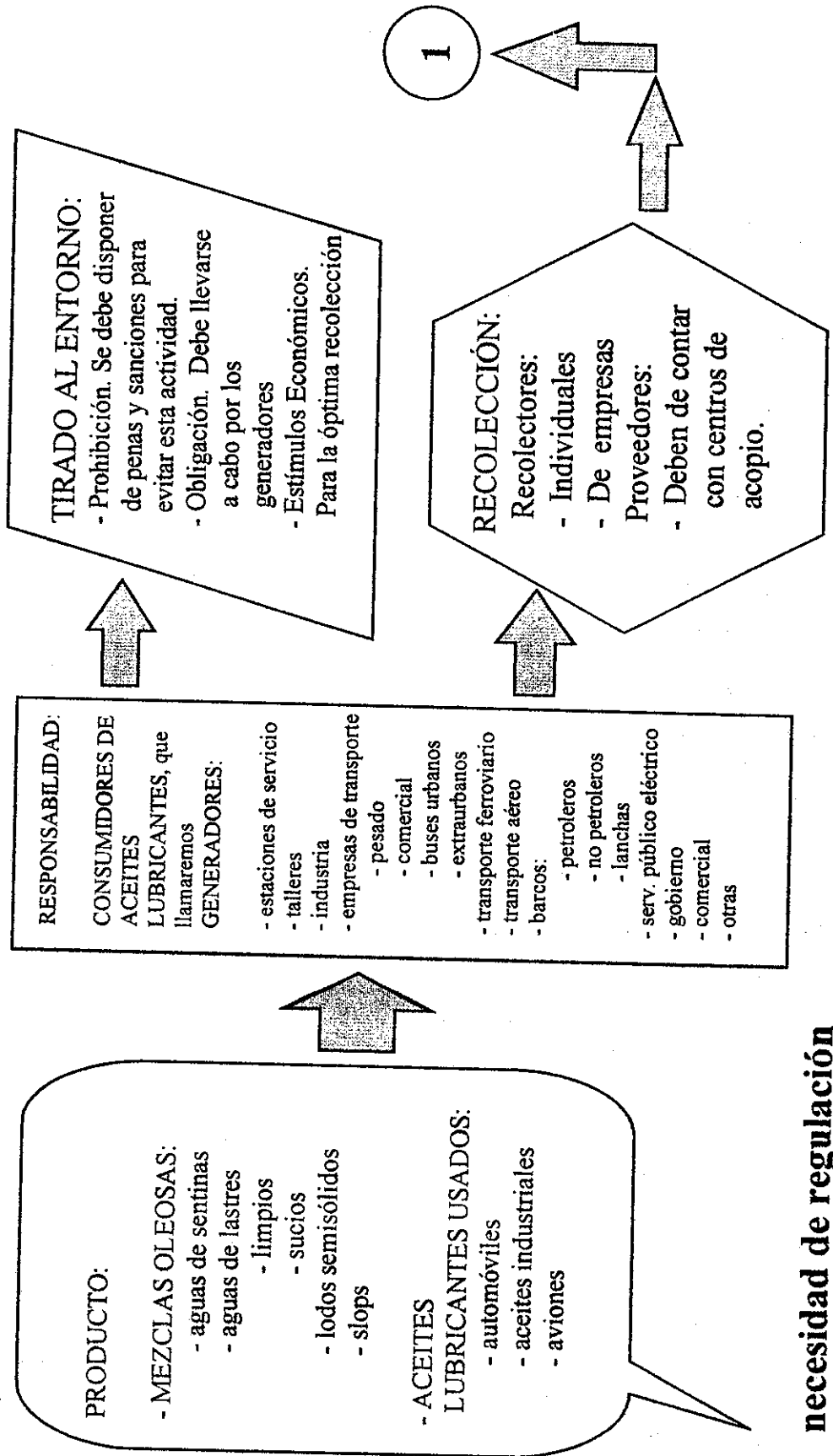
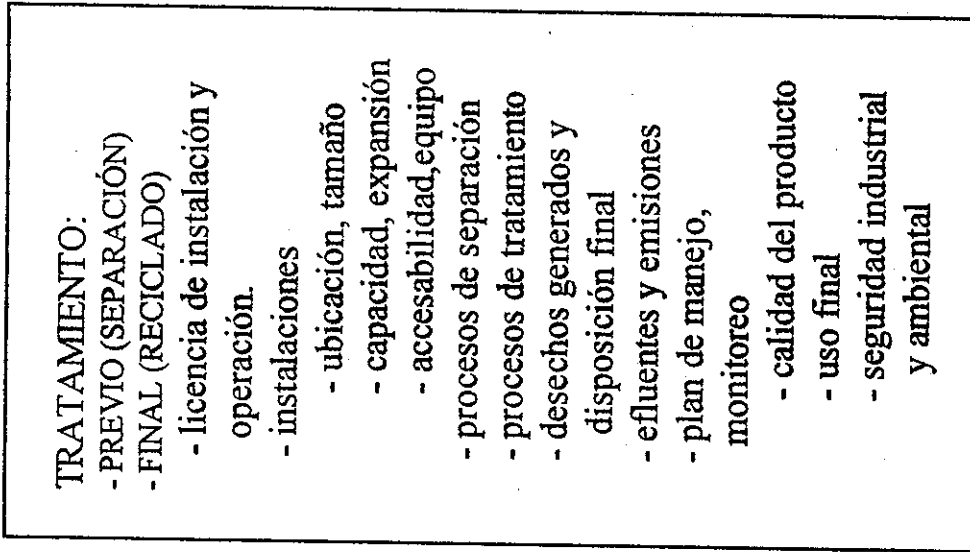
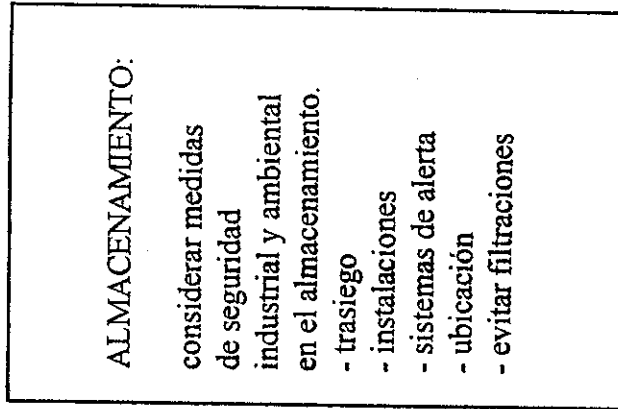
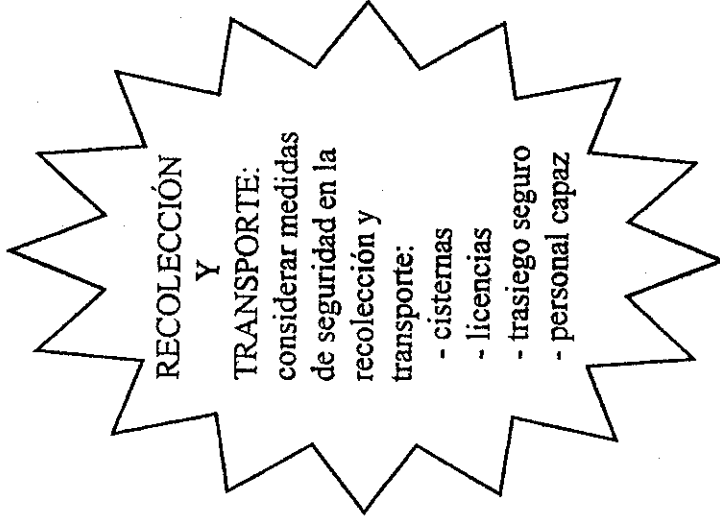


Figura No. 4

ACEITES LUBRICANTES USADOS Y MEZCLAS OLEOSAS



1



2



2

EMISIONES Y EFLUENTES
PERMITIDOS (CONAMA)
- control, verificación,
fiscalización.

DISPOSICIÓN DE LOS
RESIDUOS
- incinerables
- no incinerables
- control, fiscalización y
verificación.

PRODUCTO FINAL
OBTENIDO:
BUNKER Y LUBRICANTE
- calidad del producto
(estándares)
- valor del producto
(precio, impuestos)
- necesidad de aditivos
- manejo del producto.



COMERCIALIZACIÓN



DISTRIBUCIÓN Y
TRANSPORTE



USO FINAL PRODUCTO
- como combustible
- como lubricante
- otros usos
- curar madera
- blockeras
- huleras, etc.

5. DISPOSICIONES TÉCNICAS Y PROHIBICIONES

5.1. Disposiciones técnicas

La autoridad ambiental correspondiente o la Dirección General de Hidrocarburos, emitirán los reglamentos, formatos, instructivos, circulares y manuales necesarios, para la regulación de este tipo de actividades.

Para el efecto, se debe fijar un programa de inspecciones y vigilancia para verificar que se están cumpliendo con los métodos, normas, etc., referentes a la seguridad industrial y el control al medio ambiente.

Las infracciones a las disposiciones contenidas en leyes y reglamentos, dictadas por las autoridades correspondientes, serán sancionadas de acuerdo a la gravedad de las mismas, la reincidencia y el número de personas o bienes que resulten perjudicados y otras circunstancias que se considere convenientes.

Cualquier infracción que constituya delito será trasladada a las autoridades competentes para la investigación penal que proceda, conforme a las disposiciones de orden común aplicables.

Toda persona individual o jurídica, operadora de instalaciones de tratamiento o transporte de aceites lubricantes usados o mezclas oleosas, está obligada conforme a las leyes de la República, a indemnizar o reparar los daños o perjuicios ocasionados a particulares, tanto personales como de sus bienes, inclusive los derivados de la contaminación del medio ambiente; a causa de accidentes o siniestros motivados por la operación de las instalaciones y/o unidades de transporte.

Es recomendable que toda persona denuncie ante las autoridades correspondientes, regionales o nacionales, según su competencia, todo acto que

produzca desequilibrio o trastornos ecológicos, por el manejo inadecuado de los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas.

5.2. Prohibiciones

Para la mejor implementación del presente trabajo de tesis, se sugiere tomar en cuenta las siguientes **prohibiciones**.

- a) Que los aceites lubricantes usados o mezclas oleosas sean vertidos al entorno. Toda persona individual o jurídica, pública o privada que las genere o colecte, independientemente de la actividad que realice dentro de los sectores económicos del país, queda obligada a solicitar los servicios de una empresa autorizada para el manejo de sustancias oleosas, a efecto de disponer adecuadamente de las mismas.
- b) Que el recolector y/o transportista mezcle sustancias y residuos de otra naturaleza, incompatibles entre sí.
- c) Almacenar sustancias oleosas, incompatibles en los términos de las normas o estándares utilizados y otras disposiciones técnicas y ambientales aplicables.
- d) Almacenar sustancias oleosas en cantidades que rebasen la capacidad instalada de almacenamiento, o en áreas que no reúnan las condiciones previstas en el numeral 4.2. anterior.
- e) Transportar por la vía aérea, cualquier sustancia oleosa.
- f) Efectuar cualquier tratamiento de sustancias oleosas que provoque contaminación del aire y la generación no controlada de residuos y efluentes, en niveles superiores al nivel establecido por la autoridad ambiental correspondiente.
- g) La comercialización de aceites lubricantes reciclados, sin los requerimientos que se estipulan en el numeral 4.4. anterior.
- h) El transporte de sustancias oleosas en unidades que no posean licencia para ello, y que no cumplan con los requerimientos establecidos en el numeral 3.3. anterior.

6. CONCLUSIONES

1. **Técnicamente** son posibles los procesos de reciclaje y reuso de los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas, como combustibles, lubricantes y para ser utilizados en algunos procesos industriales. También es posible su control y manejo ambiental.
2. El estudio muestra que la utilización de estos aceites como **combustible** es ambiental, técnica y económicamente más factible, debido a que regenerarlos como lubricantes requiere de inversiones significativas de capital en plantas industriales con categoría de refinerías; el estímulo económico para hacerlo no es muy grande debido a que no existe un mercado lo suficientemente grande y que confíe en la calidad del producto. A pesar de ello, es necesario la creación y mejoramiento de la infraestructura de recolección, de transporte, acopio; formación de recursos humanos adecuados de las plantas de tratamiento, con el fin de evitar que el producto, objeto de esta actividad, siga provocando daños irreparables al medio ambiente.
3. En lo que se refiere a su utilización en otros procesos industriales como los mencionados anteriormente (cura de maderas, fabricación de hule, etc.), en los mismos no se ha considerado mucho la calidad del producto requerido y no se han hecho estudios en cuanto a su impacto en estos procesos.
4. Las empresas petroleras importadoras no apoyan el reciclaje como lubricante, debido a que en Guatemala, este producto dispuesto en toneles en aceiteras, no llena los requisitos mínimos de calidad requerida para un lubricante, por lo que mencionan constituye un engaño al público.
5. El reciclaje presenta algunas ventajas: es ambientalmente adecuado, debido a que reduce las cantidades de aceites que son tirados al entorno en general;

además de que incide en la reducción de importaciones de aceites lubricantes nuevos, lo que representa ahorro de divisas para el país y reduce costos de operación a la industria nacional, además de que se generan fuentes de empleo.

6. Las empresas que reciclan el aceite lubricante usado y las mezclas oleosas, no cuentan con la infraestructura ni los procesos adecuados para su control y manejo, funcionan bajo condiciones empíricas y contaminantes, además de que producen cantidades significativas de desechos como consecuencia de sus operaciones. Generalmente estos desechos son de tipo sólido y líquido; los desechos sólidos son tirados al medio ambiente, en basureros cercanos a las plantas de proceso e incluso en terrenos de las mismas plantas, apreciándose a primera vista volcanes de cenizas, wipes, basuras aceitosas, etc. provocando altos niveles de contaminación del suelo y manto freático. Los líquidos generados, como el agua contaminada con hidrocarburos, son simplemente tirados al medio, sin ningún tratamiento.
7. Hay que tomar en cuenta las emisiones atmosféricas y la contaminación por ruido que se provocan en la mayoría de estas plantas, en los procesos de tratamiento, de lo cual se podría promover otra investigación.
8. Actualmente, los logros y el accionar por parte de las instituciones públicas y privadas son escasos respecto a la formulación de leyes e infraestructura relacionada a las mezclas oleosas y los aceites lubricantes usados, pues se carece de recursos técnicos, económicos y humanos para su desarrollo.

7. RECOMENDACIONES

1. Realizar otra investigación, que permita conocer la situación real de todo el país para verificar cómo se realiza la disposición final de los aceites usados y las mezclas oleosas en el interior de la República.
2. Que la autoridad ambiental correspondiente capacite a personal en torno a los aceites lubricantes, su uso y disposición final, para que por medio de seminarios, presentaciones técnicas, asesorías, etc. las empresas públicas y privadas sepan del control y manejo adecuado de los residuos generados por aceites lubricantes usados y mezclas oleosas, evitándose con ello sanciones y daños al medio ambiente.
3. Prohibir la mezcla de los aceites usados con ciertos desechos peligrosos, así como prohibir el uso de éstos para suprimir polvo en caminos vecinales.
4. Elaborar reglamentos específicos en cuanto al manejo adecuado y disposición final de los aceites lubricantes usados y mezclas oleosas en Guatemala, que contemplen por una parte: legislación para regular las actividades desarrolladas en los lugares de acopio, como talleres, fábricas, ingenios, etc. y las sanciones por transgredirla y por otra, técnicas en seguridad industrial y ambiental para minimizar los probables daños ocasionados por esta actividad.
5. Crear labor de concientización a través de los medios de comunicación y educativos, sobre el peligro que representa el mal manejo y la mala disposición de los aceites lubricantes usados y las mezclas oleosas, por medio de recolección voluntaria en: estaciones de servicio, centros de lubricación, comercio, industria, etc.

6. Promover mecanismos de coordinación interinstitucional a nivel gobierno, de universidades, etc. para que en el marco de un Gabinete Ambiental, se estudie el problema en forma profunda, y se busquen soluciones prácticas y eficientes.
7. Proveer ayuda económica a las municipalidades para actividades de recolección de aceites lubricantes usados, así como proveer educación para el público con respecto a la recolección y reciclaje.
8. Imponer una cuota en la venta de aceites lubricantes nuevos y usados a granel para financiar programas de recolección y creación de plantas de tratamiento, a ser utilizados por la Autoridad Ambiental o por las municipalidades.
9. Apoyar el desarrollo de ingeniería básica para el diseño de plantas con tecnología ambiental, tanto para procesos como para la reducción y tratamientos de efluentes y emisiones contaminantes por medio de simulación y modelación que permitan evaluar de manera más exacta y precisa los riesgos ocasionados por las actividades de manejo de mezclas oleosas y aceites lubricantes usados.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **BANCO DE GUATEMALA.** Importaciones de combustibles y lubricantes. Boletín. 1997.
2. **CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA.** Decreto número 68-86, "Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente". Guatemala. diciembre 1996.
3. **CONSULTORES AMBIENTALES, S.A.** Estudio de evaluación de impacto ambiental de la empresa recicladora de aceites quemados "Lubricantes Guilmenz". Guatemala. junio 1992.
4. **DVG SERVICIOS, S.A.** Diagrama de flujo y procesos de extracción de mezclas oleosas. Boletín. Guatemala. octubre 1996.
5. **FIPETROL LATINOAMERICANA.** Curso sobre impacto ambiental en exploración petroleras. Guatemala. octubre 1991.
6. **FUGROPETROKEM DEL ECUADOR CIA. LTDA.** Curso de evaluación de impacto y plan de manejo ambiental en la exploración petrolera en bosque húmedo-tropical. Guatemala. junio 1997.
7. **FUGROPETROKEM DEL ECUADOR CIA. LTDA.** Curso sobre control ambiental en operaciones petroleras. Guatemala. julio 1997.
8. **F. JAVIER VILLANUEVA.** Seminario nacional sobre prevención de la contaminación por los buques marpol 73/78. Guatemala. Marzo 1995.

9. **GEOPETROL, S.A.** Estudio de evaluación de impacto ambiental significativo para el proyecto de reciclaje de hidrocarburos (aceites lubricantes usados) de la entidad Orpor, S.A. Guatemala, nov. 1995.
10. **PETRÓLEOS MEXICANOS.** Breviario de términos y conceptos sobre ecología y protección ambiental. 2da. Edición. México. 1991.
11. **PETRÓLEOS MEXICANOS.** Riesgo ambiental. México. 1993.
12. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS, DEPARTAMENTO DE TRANSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.** Estadísticas de la industria petrolera en Guatemala. 1997.
13. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.** Especificaciones de calidad para derivados del petróleo, (Acuerdo Ministerial número 180-85). Publicado el 21 de octubre de 1985.
14. **MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS.** Reglamento para depósitos de petróleo y productos petroleros (Acuerdo Gubernativo número 351-96). Publicado el 13 de septiembre de 1996.