

**Universidad Internacional Del Ecuador
Facultad De Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Diseño de un plan de recolección y el re-refinamiento de los aceites
lubricantes usados en la ciudad de Loja**

**Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico
Automotriz**

Pablo Andrés Torres Cobos

Director: Ing. Flavio Arroyo MSC

Quito, Abril 2014

DECLARACIÓN

Yo, Pablo Andrés Torres Cobos, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Pablo Andrés Torres Cobos

110396447-2

CERTIFICACIÓN

Certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



ING. Elavio Arroyo
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres Romel Torres y Blanca Cobos por su gran apoyo, comprensión y lealtad, por estar siempre cuando los necesitaba y sobre todo por hacer posibles mis aspiraciones como persona y profesional, mi más profundo agradecimiento.

A mis hermanos por su apoyo incondicional y lealtad en el trayecto de mi vida personal y profesional, mi más profundo agradecimiento.

A mis demás familiares que de alguna u otra forma siempre tuve su apoyo para alcanzar las metas propuestas.

A mis padres anfitriones en Estados Unidos, Calvin Beck y Jan Beck, por aceptarme en su hogar y formar parte de su familia, por su apoyo y comprensión para lograr mis objetivos educacionales en primera instancia, mi más sincero agradecimiento.

Al Ing. Flavio Arroyo director de tesis, por su asesoramiento, amistad y colaboración para que el presente trabajo se lleve a cabo.

Pablo

Diseño de un plan de recolección y el re-refinamiento de los aceites lubricantes usados en la ciudad de Loja

El presente trabajo investigativo fue realizado en la ciudad de Loja a mediados del 2013, se basa en conocer los establecimientos generadores, en el diseño de un plan de recolección y el re-refinado o regeneración de los aceites lubricantes usados como disposición final, para permitir una gestión integral y prevenir la contaminación del medio ambiente y el impacto a la salud. Para que surja efecto se realizó un análisis de la situación actual de la gestión existente de los lubricantes usados en la ciudad, con visitas a los establecimientos donde se genera este residuo para obtener una base de datos conteniendo nombres, direcciones y volumen generado.

El plan de recolección se realizó en base al análisis obtenido de la base de datos en donde se considera las principales vías de la ciudad. Se investigó las tecnologías existentes para el re-refinado o regeneración de aceites lubricantes usados para su disposición final seleccionando la más apropiada para la ciudad.

El trabajo resalta la importancia de dar una gestión integral a los aceites lubricantes usados por su cantidad generada, existe la inexperiencia en el manejo por parte de los generadores y la ordenanza reguladora debe ser reestructurada.

Descriptores: Reciclaje de aceites lubricantes usados, regeneración, re-refinamiento, plan de recolección.

ABSTRACT

The present assignment was held in the city of Loja in the middle of the year 2013, it's based in knowing the used lubricating oil generators establishments, in the design of a recollection plan and in the re-refinery or regeneration process of used lubricating oil as final disposition, which will allow to a proper handling to prevent environment contamination and the impact in human health. First of all, a study of the actual handling process of used lubricating oils was made by visiting the establishments where it's generated in order to have a data base which contains names, addresses and the generated volume.

The recollection plan was made according to the processed data base which considers the principals avenues of the city. In order for the re-refinery or regeneration process of used lubricating oils an investigation of the existing technology was made, to select the best process for final disposition.

The assignment highlights the importance of giving a good handling process because of the quantity generated, it exists the inexperience from the generators and the regulatory act should be restructured.

ÍNDICE

	Pág.
Capítulo 1	1
Introducción	1
1.1 Justificación	5
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Alcance	6
1.4 Importancia	7
Capítulo 2	9
Revisión Bibliográfica	9
2.1 Aceites lubricantes	9
2.2 Manufactura de aceites lubricantes minerales	9
2.3 Formulación aceites lubricantes	15
2.4 Composición aceites lubricantes	17
2.4.1 Base Mineral.....	17
2.4.2 Base Sintética.....	18
2.4.3 Base semi – sintética.....	18
2.5 Propiedades y beneficios aceites lubricantes	19
2.5.1 Beneficios del aceite mineral.....	19
2.5.2 Beneficios del aceite sintético.....	21
2.6 Clasificación aceites lubricantes	22
2.6.1 Sistema de clasificación API.....	22
2.6.2 Sistema de clasificación SAE.....	24
2.7 Tipos de lubricantes en el Ecuador	28
2.8 Aceites lubricantes usados	29
2.9 Degradación del aceite lubricante mineral	30
2.10 Factores de deterioro	31
2.10.1 Temperatura de operación.....	32
2.10.2 Agua.....	33

2.10.3 Combustibles.....	33
2.10.4 Solidos y polvo.....	33
2.10.5 Uso del automóvil.....	33
2.11 Composición del aceite lubricante usado.....	34
2.12 Fuentes de aceites lubricantes usados.....	35
2.13 Impactos al medio ambiente.....	36
2.14 Beneficios los sistemas de recolección.....	40
Capítulo 3.....	42
Metodología.....	42
3.1 Análisis del problema actual de los aceites usados en la ciudad	
De Loja.....	42
3.2 Análisis ordenanza Municipal.....	47
3.2.1 Ordenanza Nacional.....	47
3.2.2 Análisis ordenanza actual del cantón Loja y su comparación con la ordenanza del cantón Guayaquil.....	52
3.3 Fuentes generadoras de aceites lubricantes usados en la ciudad	
de Loja.....	55
3.4 Identificación de generadores de aceites lubricantes usados.....	55
3.5 Diseño del plan de recolección.....	57
3.5.1 Requerimientos.....	57
3.5.1.1 Información de los generadores.....	57
3.5.1.2 Ubicación generadores.....	58
3.5.1.3 Acceso vial.....	58
3.5.1.4 Requerimientos del transporte.....	63
3.5.1.5 Requerimientos del transportista.....	64
3.5.1.6 Condiciones de los depósitos en los centros de generación.....	65
3.5.2 Equipos.....	67
3.5.2.1 Centros de Acopio.....	67
3.5.2.1.1 Área cambio de aceite.....	68
3.5.2.1.2 Herramientas utilizadas en el cambio de aceite.....	68

3.5.2.1.3 Recipientes.....	68
3.5.2.1.4 Lugar de Almacenamiento.....	69
3.5.2.1.5 Extintores.....	69
3.5.2.1.6 Almacenamiento temporal.....	70
3.5.2.1.7 Material absorbente.....	72
3.5.2.1.8 Vaciado del filtro de aceite.....	73
3.5.2.1.9 Equipo protección personal.....	74
3.5.2.2 Transporte.....	76
3.5.2.2.1 Bomba para cargar o descargar.....	78
3.5.2.2.2 Mangueras para cargar o descargar.....	78
3.5.2.2.3 Extintores.....	79
3.5.2.2.4 Material absorbente.....	79
3.5.2.2.5 Equipos de protección personal.....	80
3.5.2.2.6 Recepción del aceite lubricante usado en la planta de re-refinado.....	80
3.6 Metodologías.....	81
3.6.1 Recolección acuerdo al volumen y a la capacidad del recolector.....	81
3.6.2 Recolección en base a rutas de acceso y capacidad del recolector.....	82
3.6.3 Recolección acuerdo al volumen, rutas y capacidad del recolector.....	82
3.7 Plan de recolección.....	83
3.7.1 Tabulación información recopilada de los generadores.....	83
3.7.2 Establecimientos generadores de mayor volumen.....	85
3.7.3 Evaluación del volumen generado.....	87
3.7.4 Volumen del recolector, rutas, volumen generado y recolección....	91
3.7.5 Recolector o tanquero.....	92
3.7.6 Motobomba.....	93
3.7.7 Camión recolector o tanquero.....	94
3.7.8 Rutas y volumen generado por los establecimientos.....	95
Capítulo 4.....	100

4.1 Regeneración o re-refinado	99
4.2 Re-utilización	99
4.3 Re-refinamiento	101
4.3.1 Ácido – Arcilla – Destilación al vacío	103
4.3.2 Destilación en vacío e hidroterminado.....	104
4.3.3 Meinken.....	105
4.3.4 Propano – ácido – arcilla.....	105
4.3.5 Propano – hidroterminado.....	106
4.3.6 Berk.....	106
4.3.7 Extracción por solvente.....	107
4.3.9 Destilación flash.....	108
4.4 La regeneración de aceites lubricantes usados como disposición final en la ciudad de Loja	116
4.4.1 Precio del petróleo.....	117
4.4.2 Materia prima para el re-refinamiento o regeneración.....	117
Conclusiones y recomendaciones	119
Conclusiones	119
Recomendaciones	121
Bibliografía	122
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xii
Índice de anexos	xiii

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Vehículos matriculado en la ciudad de Loja.....	2
Figura 1.2 Certificación API – SAE.....	5
Figura 2.1 Obtención del crudo reducido.....	10
Figura 2.2 Obtención aceites lubricantes.....	13
Figura 2.3 Grados de viscosidad SAE.....	27
Figura 2.4 Aceite lubricante usado.....	30
Figura 2.5 Oil slick – contaminación cuerpos hídricos.....	40
Figura 3.1 Cambio de aceite realizado en una lavadora.....	43
Figura 3.2 Almacenamiento inadecuado.....	44
Figura 3.3 Contaminación de aceites usados en el sistema de drenaje.....	45
Figura 3.4 Suelos contaminados a causa de aceites lubricantes usados vs pisos impermeables.....	46
Figura 3.5 Ubicación de la planta regeneradora de aceites lubricantes.....	59
Figura 3.6 Mapa rutas 1 y 2.....	62
Figura 3.7 Extintores.....	70
Figura 3.8 Tanque de almacenamiento temporal.....	72
Figura 3.9 Material absorbente.....	73
Figura 3.10 Sistema de drenaje de filtros usados.....	74
Figura 3.11 Equipos de protección personal.....	75
Figura 3.12 Etiquetas de advertencia para el camión cisterna.....	77
Figura 3.13 Sectores con mayor cantidad de residuo.....	86
Figura 3.14 Dimensiones tanque 800 galones.....	92
Figura 4.1 Planta de regeneración.....	100
Figura 4.2 Proceso destilación flash.....	109
Figura 4.3 Tratamiento químico.....	111
Figura 4.4 Tratamiento clarificación.....	112
Figura 4.5 Proceso de filtración.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Formulación de aceites lubricantes.....	16
Tabla 2.2 Composición media de un aceite lubricante virgen de base mineral.....	20
Tabla 2.3 Clasificación API motores a gasolina.....	23
Tabla 2.4 Clasificación API motores a diésel.....	23
Tabla 2.5 Clasificación de los tipos de aceites en el sistema SAE.....	25
Tabla 2.6 Variación de la viscosidad – temperatura.....	25
Tabla 2.7 Contaminantes aceite lubricante usado.....	35
Tabla 3.1 Generadores y su volumen generado.....	83
Tabla 3.2 Instituciones públicas y su volumen generado.....	85
Tabla 3.3 Volumen total generado en la ciudad de Loja.....	85
Tabla 3.4 Establecimiento de mayor recaudación.....	87
Tabla 3.5 Establecimientos con recaudación de 1 a 2 galones mensuales.....	88
Tabla 3.6 Establecimientos con recaudación de 0 a 1 galones mensuales.....	89
Tabla 3.7 Establecimientos generadores ruta 1.....	96
Tabla 3.8 establecimientos generadores ruta 2.....	97
Tabla 3.9 Días de recolección tanquero.....	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 La ordenanza que reglamenta la recolección, transporte y disposición final de aceites usados del cantón Guayaquil.

Anexo N° 2 La ordenanza que norma y regula la recolección, almacenamiento, manejo y disposición final de aceites y grasas usadas del cantón Loja.

Anexo N° 3 Encuesta para generadores de aceites lubricantes usados (Loja).

Anexo N° 4 Ubicación sector 1.

Anexo N° 5 Ubicación sector 2.

Anexo N° 6 Ubicación sector 3.

Anexo N° 7 Ubicación sector 4.

Anexo N° 8 Ubicación sector 5.

Anexo N° 9 Ubicación sector 6.

Anexo N° 10 Ubicación sector 7.

Anexo N° 11 Ubicación sector 8.

Anexo N° 12 Ubicación sector 9.

Anexo N° 13 Ubicación sector 10.

Anexo N° 14 Norma INEN 2-266:2000.

Anexo N° 15 Características camión Hino city 300 vs la competencia.

Anexo N° 16 Características motobomba Honda WX20X.

Capítulo 1

Introducción

La gestión de residuos peligrosos viene siendo un tema de precaución en el Ecuador y el mundo entero. A medida que la sociedad va evolucionando también va cambiando su estructura, producción y consumo. En el proceso evolutivo del Ecuador y la demanda de la sociedad ha traído como consecuencia el aumento en volumen de residuos peligrosos como el aceite lubricante usado.

Ecuador siendo un país en desarrollo no ha prestado la debida importancia a la problemática vinculada a los residuos peligrosos y por consecuencia carece de infraestructuras ambientalmente apropiadas para la gestión de los mismos. La falta de estas infraestructuras ha incrementado el vertido incontrolado de estos residuos más la inexistencia de plantas de reciclaje para su re-refinamiento, ocasionando impactos ambientales y a la salud.

La ciudad de Loja ha venido sosteniendo un acelerado crecimiento del parque automotor desde del año 2009 (véase figura 1.1). Acorde al diario La Hora (2012) “32739 vehículos, entre motocicletas y automotores de toda clase, fueron matriculados durante todo el 2011 en la ciudad y provincia de Loja” (s/n).

En comparación con la base de datos del año 2009 existían 25,231 vehículos matriculados, con un incremento de 7508 vehículos en tan solo 3 años, para una ciudad pequeña es un incremento muy alto. Loja es la ciudad con más vehículos per cápita del Ecuador.

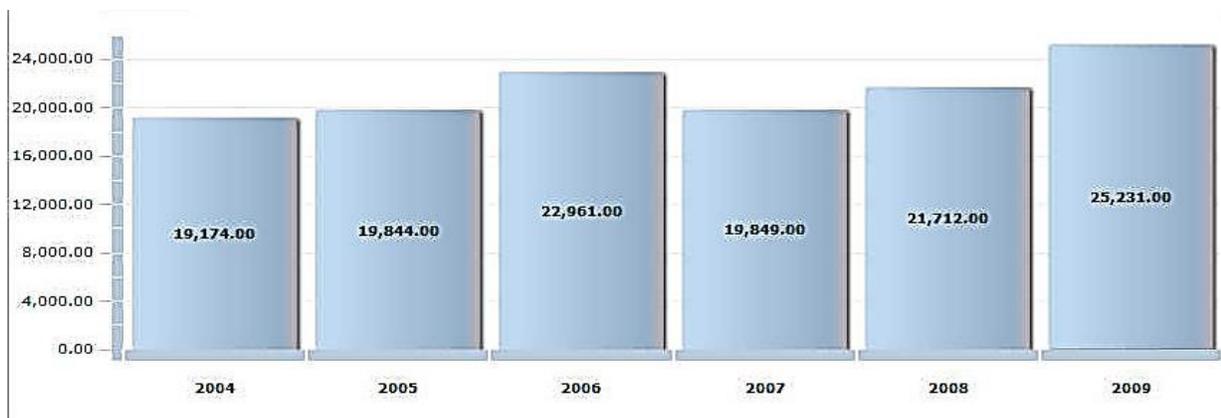


Figura 1.1 Vehículos matriculados en la ciudad de Loja 2009

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC.

No ha existido una regulación final para los aceites lubricantes usados en la ciudad de Loja, a pesar de que en el año 2002 Petroecuador en conjunto con la Universidad Central del Ecuador inició los estudios y diseños de una planta recicladora para que luego en el año 2008 mediante un convenio de comodato con el Municipio de Loja, la planta sea instalada en el parque industrial de dicha ciudad.

La planta de reciclaje nunca logró funcionar a la perfección, ni tampoco logro obtener la licencia ambiental correspondiente y en la actualidad la planta no funciona. Los aceites lubricantes usados no tienen ningún control en la ciudad perjudicando al medio ambiente y la salud.

El departamento de planificación de la ciudad de Loja sostiene que se genera alrededor de 196434 galones de aceites usados al año, 16369.5 galones/mes (J. Pineda, comunicación personal, Octubre 18, 2013). Estos residuos no tienen ningún control

estricto siendo así su disposición final en fábrica de vidrio, ladrilleras, construcción, esparcidos en caminos polvorientos, etc.

La generación de aceite lubricante usado ha ido ascendiendo en relación directa con el crecimiento de la población y el desarrollo económico – productivo de la ciudad. Acorde a la United States Environmental Protection Agency EPA (2013) - Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, expone que “1 galón de aceite lubricante usado contamina a un millón de galones de agua, la misma que satisface las necesidades de cincuenta personas por un año” (s/n), más el daño irreversible de los suelos, la contaminación del aire, y la salud.

En los países desarrollados quienes están a la vanguardia del reciclaje y la importancia que debe tener el reciclado de aceites lubricantes usados, más la concientización por parte de los generadores de este tipo de residuos ha permitido que existan diferentes tecnologías para la disposición final de este residuo. Existen dos disposiciones finales para los aceites lubricantes usados que son el re-refinamiento o regeneración y su utilización como combustible.

“Los lubricantes se contaminan durante su utilización con productos orgánicos de oxidación y otras materias tales como carbón, producto del desgaste de los metales y otros sólidos, lo que reduce su calidad. Cuando la cantidad de estos contaminantes es excesiva el lubricante ya no cumple lo que de él se demandaba y debe ser reemplazado por otro nuevo. Estos son los llamados Aceites Usados, de Desecho o Residuales y deben ser recogidos y reciclados para evitar la contaminación del medio ambiente y para preservar los recursos naturales”. (Depuroil S.A, 2013, s/n)

En el Ecuador la mayoría de aceites lubricantes son importados lo cual representa un alto costo para el gobierno. Las empresas internacionales realizan las importaciones de dos maneras, la primera importan el aceite base mineral donde luego es llevado a sus plantas en donde agregan los aditivos correspondientes de acuerdo a sus estándares y luego es envasado, la segunda forma de importación es como producto final listo para ser comercializado. Cabe mencionar que los aditivos también son importados porque no existe una empresa en el Ecuador que los manufacture.

Logrando recolectar de una forma ordenada y eficaz el aceite usado lograremos cuidar la salud de los seres humanos, y a su vez el medio ambiente. La disposición final de estos aceites usados será la re-refinación para hacerlo un producto comerciable manteniendo las mismas características que un aceite virgen mineral nuevo.

Acorde con la American Petroleum Institute API (2013), Instituto de Petróleos Americanos, menciona que para los aceites lubricantes usados “un uso principal es la re-refinación, convirtiéndolo en un material base para el aceite lubricante. Este proceso es muy similar a la refinación de petróleo crudo. El resultado es que el aceite re-refinado es de una calidad tan alta como un producto de aceite virgen. (s/n)

Estos aceites reciclados y regenerados pueden obtener la certificación correspondiente para su comercialización tanto de la API y la SAE.

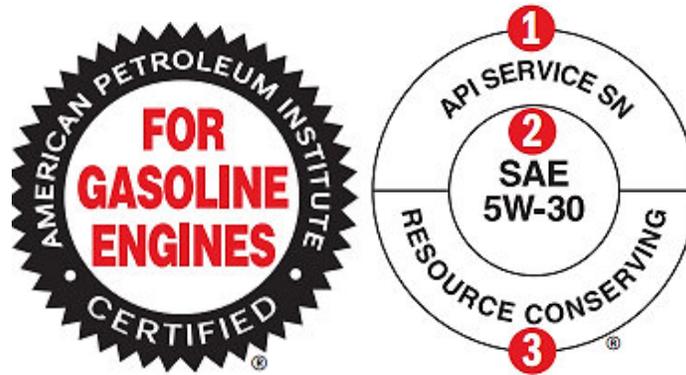


Figura 1.2 Certificación API – SAE

Fuente: American Petroleum Institute

La justificación de este proyecto se centra en el desarrollo industrial y urbanístico por la cual atraviesa la ciudad de Loja está generando problemas de contaminación ambiental los cuales deben ser estudiados y resueltos, como por ejemplo la incorrecta disposición final de los aceites lubricantes usados, los cuales son generados por industrias y comercios dando como resultado un impacto ambiental y a la salud.

Esta investigación pretende dar una solución definitiva al inadecuado manejo de aceites usados realizando en primera instancia un análisis del problema en la actualidad, en segunda generar una base de datos de los generadores con el diseño del plan apropiado de recolección, y tercera exponer la tecnología disponible en el país apropiada para la regeneración de los aceites usados generados en la ciudad.

Al finalizar esta investigación se logrará obtener una importante estructuración para lo correcta toma de disposiciones entorno a la contaminación provocada por el manejo inadecuado de dicho residuo, con la finalidad de establecer ordenanzas para la adecuada gestión en conjunto con el Ilustre Municipio de Loja.

El objetivo general de la investigación es diseñar un plan de recolección y exponer el proceso de re-refinamiento más factible para los aceites lubricantes usados que permitirá un manejo apropiado previniendo la contaminación.

Los objetivos específicos son:

- Analizar de la situación actual sobre el manejo de lubricantes usados;
- Identificar a los generadores;
- Diseñar el plan de recolección;
- Indagar la tecnología existente para su re-refinado;
- Plantear la tecnología adecuada para su disposición final.

El alcance del presente estudio abarca el manejo de los aceites lubricantes usados en la ciudad de Loja, que empieza con un análisis del manejo actual de los mismos mediante un diagnóstico, identificando a los generadores, cuantificando el volumen generado y el diseño de un plan de recolección. Dicho diagnóstico permitirá sectorizar los problemas ambientales que afecten a la ciudad.

La identificación de los generadores de aceites lubricantes usados comprenden los establecimientos que generen los mismos excluyendo aquellas entidades que realizan solo labor de mecánica como revisión eléctrica, alineación, balanceo, cambio de frenos, lavado de automóviles, y vulcanizadoras.

El diseño del plan de recolección comprende toda el área de la ciudad de Loja, la misma que contiene una base de datos de los generadores, el volumen producido y su ubicación. Para el diseño de las rutas se tomó en cuenta que estas sean totalmente

viabiles las mismas que facilitarían el acceso a dichas entidades, dicha información se encuentra en los mapas anexados. Luego de un análisis sobre distintos procesos de refinamiento, se definió el proceso más viable para la ciudad de Loja.

La importancia resulta en que los aceites lubricantes usados se generan en las industrias y las empresas de servicios de transporte. Estos residuos son considerados tóxicos y al no tener un manejo integral apropiado causan daños al medio ambiente y a la salud, de donde nace la importancia de dar una adecuada gestión a estos residuos peligrosos para su disposición final; a la vez promover la adopción de medidas para un manejo adecuado que ayudara en la reducción o eliminación de la contaminación que estos residuos provocan.

El aceite lubricante usado al no tener una gestión correcta y al no ser recogido apropiadamente causa problemas en el medio ambiente y a la salud. La empresa de reciclaje de aceites lubricantes usados en Uruguay CEMPRE (2013) menciona que:

- El aceite usado de motor contiene hidrocarburos que no son biodegradables biológicamente;
- Si son vertidos a la tierra destruyen el humus vegetal convirtiendo infértil al suelo;
- Todo esto no solo penetra en el suelo, sino que puede contaminar aguas subterráneas;
- Los aceites usados forman una película impermeable en la superficie de las aguas, impidiendo su oxigenación y produciendo de muerte de vida aeróbica;
- Si son eliminados a través de los alcantarillados, produce la destrucción de

bacterias de los sistemas de tratamiento;

- Muchas veces también contiene aditivos que generan una cantidad considerable de cenizas;
- Contienen componentes cancerígenos;
- Producen daños severos en la piel. (s/n)

Al utilizar el aceite lubricante usado como materia prima para el re-refinamiento y para su re-utilización se reduce considerablemente este residuo toxico mejorando la calidad de vida y el cuidado del medio ambiente. Al utilizarlo como materia prima se reduce en gran mayoría la explotación del petróleo para crear aceites lubricantes ya que este es un recurso no renovable.

Capítulo 2

Revisión Bibliográfica

2.1 Aceites Lubricantes

El aceite lubricante es una sustancia que reduce el rozamiento entre partes móviles o dos superficies metálicas.

Los lubricantes, en su sentido más amplio, son sustancias que se interponen entre dos superficies, generalmente en movimiento, para reducir la fricción entre ambas. Reducir la fricción significa disminuir el desgaste de los materiales y también la energía que se precisa para provocar dicho movimiento. (Lluch, 2011, p. 142)

Un aceite lubricante desempeña las siguientes funciones:

- No permitir el contacto directo de superficies en contacto directo, reduciendo la fricción, calor excesivo, ruido, golpes, desgaste, etc.;
- Mantener los mecanismos en buen estado;
- Proteger contra la corrosión;
- Evitar la formación de lodos, residuos grumosos;
- Dispersar el calor.

2.2 Manufactura de aceites lubricantes minerales

El proceso de obtención de los aceites lubricantes desde la succión del petróleo pasa

por diferentes etapas antes de obtenerlo. Cuando el crudo entra a la refinería pasa un filtrado de impurezas grandes hacia la torre de destilación atmosférica, de la cual obtendremos un crudo reducido o residuo atmosférico. En la figura 2.1 se muestra el proceso para obtener el crudo reducido.

Los aceites lubricantes son producidos en la refinería a partir de ciertos crudos que dan luego cortes aptos para elaborar aceites. El crudo reducido de estos petróleos es enviado a una torre o unidad de vacío, donde en vez de obtener cortes denominados gasoil de vacío (GOV), son denominados aceites livianos, medios, pesados y extra pesados.

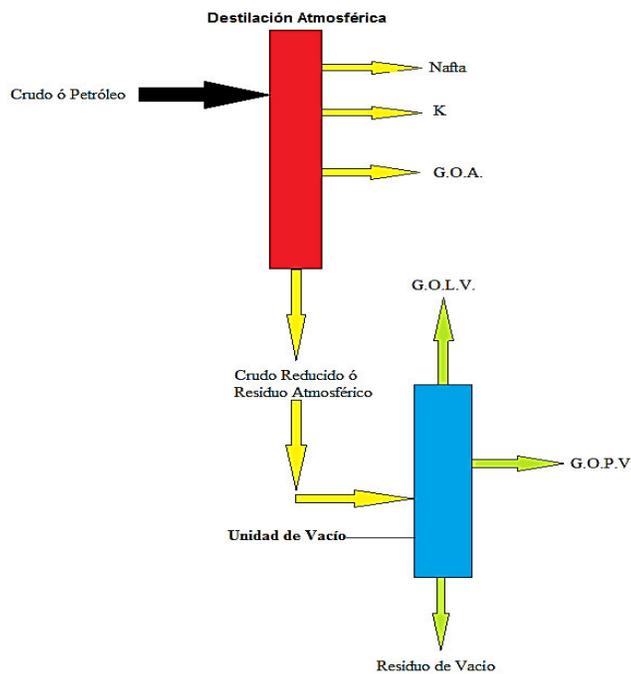


Figura 2.1 Obtención del crudo reducido

Elaborado por: Pablo Torres

En el fondo de la unidad de vacío queda un residuo llamado residuo de vacío (véase figura 2.1), el cual se somete a un proceso de desasfaltizado que consiste en eliminar el

asfalto precipitándolo mediante el agregado de un solvente como el propano. En realidad en el fondo de la unidad de vacío, es un aceite pesado que tiene partículas negras dispersas pobres en hidrógeno que están formadas por hidrocarburos aromáticos condensados, llamados asfáltenos, que son responsables de producir un residuo carbonoso dentro del motor por efecto de la temperatura.

El propano que se utiliza como solvente disuelve los hidrocarburos más livianos, hasta con un contenido aproximado de 40 átomos de carbono, generalmente parafínicos con algo de nafténicos y aromáticos, que se separan de esta manera de los más pesados con menor contenido de hidrógeno y más carbono, como son los policíclicos condensados y otros que se precipitan al ser insolubles en el propano.

Este proceso de desasfaltizado con propano es y ha sido por más de cuarenta años el utilizado para la refinación de aceites lubricantes obtenidos del residuo de la unidad de vacío. Los cuatro cortes así obtenidos, tres de la columna de vacío y uno del fondo después del proceso de desasfaltizado con propano, tienen un alto contenido de parafinas sólidas disueltas que les impide fluir a temperatura ambiente y son inestables frente a altas temperaturas y al aire, por efecto de los cuales se oxidan y producen sustancias indeseables para su desempeño como lubricantes, además de presentar importantes variaciones de la viscosidad con la temperatura.

Para mejorar su calidad, los cuatro cortes son refinados separadamente para eliminar impurezas que afectan el índice de viscosidad de los aceites y mejorar su estabilidad a la oxidación y el color.

El índice de viscosidad nos da una idea de cómo varía la viscosidad del aceite con la

temperatura. Se busca siempre obtener aceites cuya viscosidad varíe lo menos posible con la temperatura, en otras palabras, que su viscosidad sea la misma con el motor frío y con el motor caliente en funcionamiento, es decir que no pierda poder lubricante, ósea que no se licue.

Un aceite con un índice de viscosidad I.V. igual a 100 es de base parafínica y su viscosidad varía poco con la temperatura. A medida que el I.V. se reduzca, la viscosidad del aceite presenta una mayor variación con la temperatura. Además, la viscosidad disminuye cuando aumenta la temperatura y el aceite pierde así su poder lubricante.

También se requiere que a temperaturas bajas el aceite no se solidifique. La determinación del índice de viscosidad de un aceite se realiza por comparación con otros de índice conocido, para ello se utilizan dos familias de aceites con I.V. conocidos, una de base parafínica que tenga índices iguales a 100 y otra de base netamente nafténica con índices de viscosidad iguales a 0.

Mediante la mezcla de los cortes básicos obtenidos en la columna de vacío, donde los aceites más livianos obtenidos están en la parte superior, estos son los aceites con menor viscosidad, y por el contrario hacia el fondo de la columna se obtienen los más pesados o de mayor viscosidad, se pueden obtener las distintas calidades de aceite, previa purificación y posterior agregado de aditivos. En la figura 2.2 se muestra un esquema de las distintas operaciones para refinar los cortes obtenidos en la columna de vacío o destilación al vacío, el proceso de desasfaltizado, la refinación, el proceso de desparafinado, el hidrotreatmento, y por último el mezclado con los aditivos para obtener los distintos aceites lubricantes.

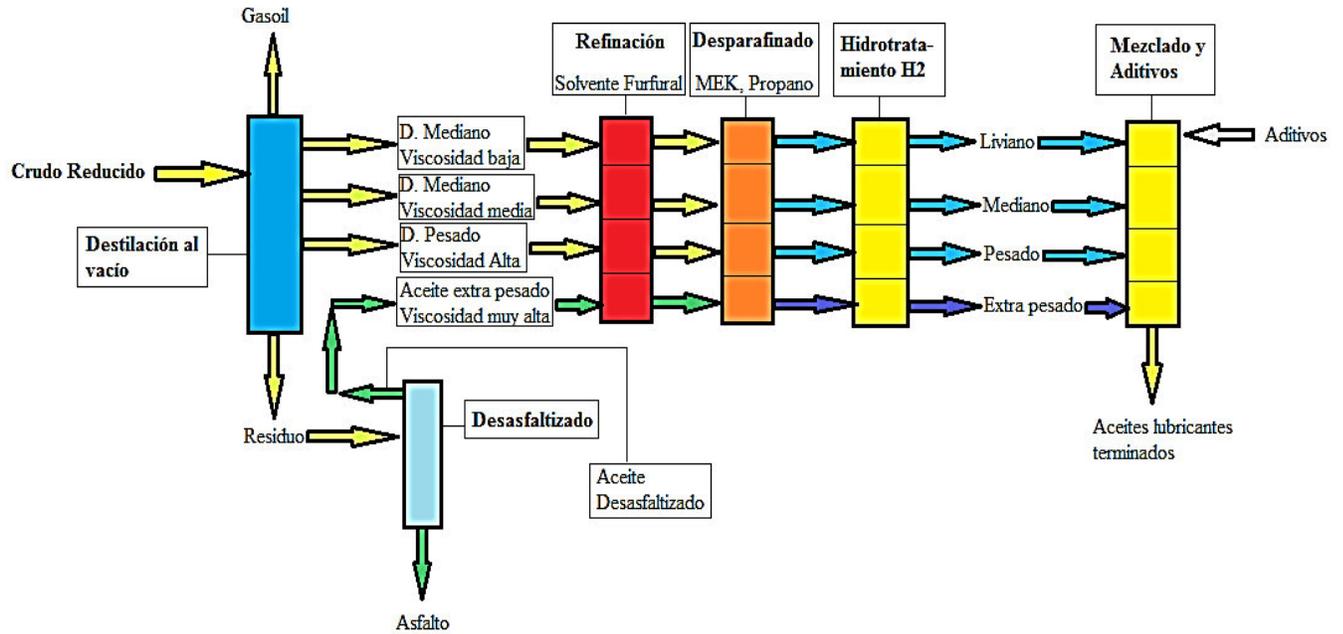


Fig. 2.2 Obtención aceites lubricantes

Elaborado por: Pablo Torres

Los objetivos de esta refinación son los siguientes:

- Mejorar el índice de viscosidad (I.V.);
- Reducir el residuo de carbón;
- Mejorar la estabilidad a la oxidación y disminuir o eliminar la formación de barros;
- Aumentar la estabilidad del color;
- Adecuar el punto de enturbiamiento o licuación;
- Evitar la congelación a bajas temperaturas (desparafinado).

Las impurezas que se eliminan durante la refinación para lograr los objetivos enunciados anteriormente son:

- Asfalto;
- Aromáticos y aromáticos condensados;
- Compuestos con nitrógeno, azufre y oxígeno, ácidos;
- Compuestos no saturados, olefínicos y otros;
- Parafinas muy pesadas.

Luego del proceso de desasfaltado, el primer paso es realizar una extracción con solventes de las fracciones indeseables que son hidrocarburos que reducen el I.V. y se oxidan con facilidad produciendo barros y compuestos ácidos. Por lo general se utiliza como solvente el furfural, que disuelve estos compuestos indeseables que pasan a formar el extracto. (Véase figura 2.2)

Normalmente, a un corte de aceite destilado se le extrae entre un 30 y un 45% de producto indeseable que puede destinarse a una unidad de craqueo catalítico o para ser mezclado con el asfalto o el fueloil, con esta operación se mejora la estabilidad del color, el índice de viscosidad y la estabilidad a la oxidación.

La operación que sigue es eliminar por cristalización las parafinas de alto peso molecular para evitar el congelamiento del aceite a bajas temperaturas en los conductos de lubricación. Esto se logra diluyendo el aceite con un solvente en caliente para disolver las parafinas sólidas y luego, enfriando la solución a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se cristalizara las

parafinas de alto peso molecular que se separan por filtración y pasa el aceite con el solvente, el cual se recupera por destilación quedando el aceite desparafinado; Como solvente se utilizan el propano y el MEK.

Por último, los cortes refinados con furfural y desparafinados son tratados con hidrógeno para eliminar impurezas que aún contiene el aceite. Se logra mejorar el color, la estabilidad del color, reducir la acidez y el residuo carbonoso.

El hidrógeno reacciona con compuestos sulfurados, nitrogenados y oxigenados que aún contienen los aceites, produciendo ácido sulfhídrico SH_2 , amoníaco NH_3 y agua H_2O que se eliminan por destilación.

La terminación o la obtención de los aceites lubricantes se realiza en una planta de mezclado o blending, donde se preparan los aceites comerciales de diferentes características a partir de los cortes refinados y del agregado de aditivos. (Véase figura 2.2)

2.3 Formulación de aceites lubricantes

La formulación de los aceites lubricantes se realiza con el agregado de aditivos para mejorar su índice de viscosidad, entre los que se encuentran polímeros tales como el polisobutileno, polimetacrilatos y otros. Estos polímeros se utilizan para formular, por ejemplo, los aceites multigrados. En este caso se agregan a aceites que tienen buena viscosidad a bajas temperaturas para lograr mantener también una buena viscosidad a altas temperaturas debido a que los polímeros incrementan su solubilidad al elevarse la temperatura y aumentan así la viscosidad del aceite. Además, se agregan aditivos para

evitar la oxidación (antioxidantes que protegen el deterioro del aceite) y otros para impedir que los productos que se originan en el motor, como por ejemplo sustancias carbonosas, se depositen y se acumulen en los aros del pistón y otras partes, dificultando la lubricación y disminuyendo el rendimiento de los motores, estos últimos aditivos se llaman detergentes.

También se agregan aditivos para inhibir la corrosión de los metales por sustancias corrosivas formadas por la oxidación de los aceites y mejoradores del punto de escurrimiento, para que a bajas temperaturas el aceite pueda circular fácilmente.

En la tabla 2.1 se muestra la composición de un aceite lubricante, la añadidura de los aditivos está en estricta relación con el tipo de aceite lubricante base que se obtiene en la refinería, pero se puede destacar que los aditivos se añaden entre el 5 y 20% en peso a la cantidad que se produzca, también se puede observar la composición del paquete de aditivos.

Tabla 2.1 Formulación de aceites lubricantes

Formulación aceites lubricantes	
Aceite Base	70 - 80 %
Paquete de aditivos	05 - 20 %
Composición del Paquete	%
Dispersante	40 - 50
Detergente	15 - 20
Aceite diluyente	10 - 20
Agente antidesgaste	08 - 12
Inhibidor de cenizas	05 - 15
Modificador de fricción	1 - 2

Modificador de viscosidad	0 - 20
Reductor del punto de escurrimiento	0 - 1

Fuente: TERPEL

Elaborado por: Pablo Torres

Todo aceite sea este mineral o sintético tiene su ciclo de vida. Los aceites sufren una contaminación y descomposición por lo cual requieren ser reemplazados. El resultado de la contaminación y descomposición por la combustión de los hidrocarburos tiene el nombre de hollín, el cual es difícil de filtrar por su tamaño que es de 0.5 a 1.0 um (micrómetro).

2.4 Composición aceites lubricantes

La composición de un aceite lubricante está compuesta de dos partes, de un aceite base lubricante y otra de aditivos dependiendo del uso. La base lubricante puede ser mineral, sintética o vegetal siendo la primera de mayor uso.

2.4.1 Base mineral:

El aceite mineral es una mezcla de cientos de hidrocarburos diferentes, teniendo cada uno de ellos propiedades individuales. Únicamente ciertos hidrocarburos son aceptables como constituyentes de los aceites lubricantes. Después de un refinamiento adecuado para eliminar constituyentes indeseables, el lubricante puede ser clasificado generalmente como nafténico o parafínico. Cada clase tiene sus ventajas individuales y por lo tanto una es más aceptada que la otra para ciertas condiciones de funcionamiento. Los lubricantes de bases nafténicas se evaporan en una forma muy limpia de las paredes del cilindro y del área de los anillos después de haber lubricado el motor, dejan solamente

una pequeña cantidad de carbón, evitándose de este modo el atascamiento de los anillos. Los lubricantes de base parafínica no se espesan tanto como los otros a bajas temperaturas si se han refinado apropiadamente, siendo más aceptables para motores que tienen que efectuar el arranque en tiempo frío. (Montes, 2009, p.56)

2.4.2 Base sintética:

Las bases lubricantes sintéticas son fabricadas por procesos especiales (distintos a la refinación) para realizar funciones específicas, lo cual les otorga mayor uniformidad en sus propiedades. Estos aceites son la solución para trabajos en condiciones extremas (temperaturas muy altas o muy bajas). Las principales ventajas del uso de bases sintéticas comparadas con las bases minerales son: amplio rango de temperaturas de operación, mayor resistencia a la oxidación, ahorro de energía, mantenimiento con menor frecuencia, menor uso de aditivos y más fácil degradación. (Montes, 2009, p.56)

El uso de aceites sintéticos tienen mayores ventajas sobre los aceites minerales, tales como mejor viscosidad en diferentes temperaturas, mejor resistencia a la oxidación, menor mantenimiento, de fácil degradación, menor volatilidad y el uso reducido de aditivos.

2.3.3 Base semi-sintética:

Es una composición entre aceites sintéticos y minerales. Las propiedades de esta base semi-sintética siguen siendo más altas que la de los aceites minerales ya que logran conservar las propiedades de los aceites sintéticos.

2.5 Propiedades y beneficios aceites lubricantes

La funcionalidad de los aceites lubricantes es de adquirir ciertas características que garanticen la máxima protección dentro del motor. Estas características se diferencian de acuerdo a la procedencia del aceite.

2.5.1 Beneficios del aceite mineral

Los lubricantes minerales proceden de la destilación del petróleo y por tanto, su origen es 100% natural. Los aceites base de tipo mineral están constituidos por tres tipos de compuestos: parafínicos, nafténicos y aromáticos, siendo los primeros los que se encuentran en mayor proporción (60 a 70%), por tener las mejores propiedades lubricantes, pero siempre hay compuestos naftalénicos y aromáticos que aportan propiedades que no tienen las parafinas como el buen comportamiento a bajas temperaturas y el poder disolvente, entre otros. (Lubricantes Gulf, 2012, p.7)

Acorde a la información técnica obtenida de la Organización TERPEL (2009) expresa que este tipo de aceites que son los que se utilizan actualmente en todo el mundo debido a sus beneficios:

- Superior control de depósitos y lodos asegurando una mayor limpieza del motor;
- Superior resistencia contra la oxidación a altas temperaturas de operación, disminuyendo la formación de gomas, lacas, ácidos y espesamiento del aceite;
- Superior resistencia de la viscosidad contra los esfuerzos de corte generados en el motor;
- Menor volatilidad disminuyendo el consumo de aceite;

- Alta protección contra el desgaste de las diferentes partes del motor;
- Protege el motor contra la corrosión y herrumbre;
- Efectiva acción antiespumante;
- Optima lubricación en el arranque en frío;
- Viscosidad estable a cualquier temperatura de operación debido a su propiedad de aceite multigrado;
- Prolonga la vida del motor y disminuye los costos de mantenimiento. (p.1)

Acorde a la empresa de lubricantes Gulf (2012) en su boletín técnico sobre los aceites menciona que:

Estos aceites son diseñados para proveer mejores viscosidades tanto a altas como a bajas temperaturas que los aceites regulares monogrados. La viscosidad de los aceites disminuye a medida que se calientan – y los aceites multigrados están formulados para minimizar este efecto. Los aceites multigrados están definidos por la tasa de viscosidad a baja temperatura, así como a 100 °C. (p. 7)

Tabla 2.2 Composición media de un aceite lubricante virgen de base mineral

Composición media de un aceite lubricante base mineral virgen	
Hidrocarburos Totales 75 - 85%	
Aromáticos	45 - 76%
Alcanos	13-45%
Cicloalcanos	10-30%
Aditivos 5 - 20%	
Detergentes	Sulfonatos, fosfonatos, fenolatos

Anticorrosivos	Sulfonatos, Ditiófosfatos de zinc y bario
Antiespumantes	Siliconas, Polímeros sintéticos
Antioxidantes	Aminas, fenoles, Ditiófosfatos
Antisépticos	Fenoles, Alcoholes, Compuestos clorados

Fuente: TERPEL

Elaborado por: Pablo Torres

2.5.2 Beneficios del aceite sintético

Los aceites sintéticos son capaces de realizar muchos más kilómetros antes de degradarse. Generan menos residuos (lodos y lacas). Son mucho más resistentes a la oxidación y a la hidrólisis y contrariamente a lo que muchos pensábamos, resisten mejor las pérdidas por evaporación. Son más caros, pero llegan a compensar. (Lubricantes Gulf, 2012, p. 7)

Acorde a la información técnica obtenida de la organización TERPEL (2009) los aceites sintéticos tienen los siguientes beneficios:

- Superior resistencia contra la oxidación del aceite a altas temperaturas de operación;
- Superior control de los depósitos y lodos asegurando una mayor limpieza del motor;
- Superior resistencia de la viscosidad contra los esfuerzos de corte generados en el motor;
- Menor volatilidad disminuyendo el consumo de aceite;
- Protege el motor contra la corrosión y herrumbre;
- Efectiva acción antiespumante;

- Óptima lubricación en el arranque en frío;
- Prolonga la vida del motor y disminuye los costos de mantenimiento;
- Superiores intervalos de lubricación. Más de 10.000 km de lubricación efectiva;
- Menores drenajes de aceite, menos impactos nocivos al ambiente;
- Compatibles con convertidores Catalíticos. (p.3)

Existen dos bases químicas para producir lubricantes sintéticos. Los Polietilenos-Alfa-Olefinicos (PAO) y los Ésteres. Los primeros, tienen su origen en la química de los hidrocarburos. Los segundos, en alcoholes y grasas naturales. Son de mayor calidad y gracias a sus características biodegradables, más compatibles con el medio ambiente. (TERPEL, 2009, p. 1)

2.6 Clasificación aceites lubricantes

En el mundo entero existen diversos sistemas de clasificación para los aceites lubricantes, pero de ellos existen dos sistemas principales por los cuales la mayoría de empresas fabricantes de aceite lubricante y empresas de fabricación de automóviles se rigen.

2.6.1 Sistema de clasificación API

El sistema de clasificación API de servicio en motores clasifica los aceites lubricantes para autos según su comportamiento en motores que funcionan en condiciones cuidadosamente controladas, concebidas para simular un servicio severo en el terreno. Este sistema abarca una amplia gama de categorías de servicio incluyendo un cierto número de pruebas de motor para especificaciones militares y de la industria tanto

antigua como también actual. (IDEAM, 2013, p. 30)

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2013) menciona que:

Los aceites para motor diseñados para automóviles, furgonetas y camionetas ligeras con motores de gasolina se incluyen dentro de las categorías “S” (Servicio) de API. Los aceites para motor diseñados para vehículos pesados y vehículos con motores diésel se incluyen dentro de las categorías “C” (Comercial) de API. (p.11)

En tabla 2.3 se muestra la clasificación de aceites en el sistema API para motores a gasolina, y en la tabla 2.4 se muestra la clasificación de aceites en el sistema API para motores diésel.

Tabla 2.3 Clasificación API motores a gasolina

Categoría	Estado	Aplicación
SJ	Vigente	Para automotores después del año 2001 y anteriores
SL	Vigente	Para automotores después del año 2004 y anteriores
SM	Vigente	Para automotores después del año 2010 y anteriores
SN	Vigente	Para automotores después del año 2010 y anteriores

Fuente: API – American Petroleum Institute

Elaborado por: Pablo Torres

Tabla 2.4 Clasificación API motores a diésel

Categoría	Estado	Aplicación	Observación
CH-4	Vigente	Se comenzó a utilizar en el año 1998	Motores Alta velocidad - 4 tiempos, contenido de azufre menos de 0.5%

			en su combustible. Normas emisiones 1998. Puede utilizarse en lugar de aceites CD, CE, CF-4 y CG-4
CI-4	Vigente	Se comenzó a utilizar en el año 2002	Motores - alta velocidad, 4 tiempos, contenido de azufre menos de 0.5% en su combustible. Normas emisiones 2002. Pueden utilizarse en lugar de aceites CD, CE, CF-4, CG-4 y CH-4
CJ-4	Vigente	Se comenzó a utilizar en el año 2010	Motores - alta velocidad, 4 tiempos, contenido de azufre menos de 0.05% - 500 p.p.m. en su combustible. Normas emisiones 2010 para vehículos de carretera y Tier 4 para extravíaes. Pueden utilizarse en lugar de aceites CI-4, CH-4, CG-4 y CF-4

Fuente: API – American Petroleum Institute

Elaborado por: Pablo Torres

2.6.2 Sistema de Clasificación SAE

El sistema de clasificación de viscosidad SAE clasifica los aceites según la viscosidad a 100 °C y a diversas temperaturas bajas, dependiendo del grado de la misma. La viscosidad a alta temperatura está relacionada con las características de consumo y de desgaste de un aceite. La viscosidad a baja temperatura, predice el comportamiento en condiciones de arranque frío y la lubricación a baja temperatura. Los aceites con alto índice de viscosidad son generalmente menos sensibles a los cambios de temperatura y por eso están en mejores condiciones para desempeñarse en forma eficiente a altas y también bajas temperaturas. Las propiedades viscométricas también son importantes respecto a la economía del combustible. (IDEAM, 2013, p. 11)

Los aceites lubricantes que se encuentran en el mercado se individualizan según la

clasificación de SAE que tiene por objeto la estandarización de la industria automotriz. Esta clasificación nos da un rango de viscosidades para cada tipo a dos temperaturas a 25°C y a 100°C, considerada esta última como muy cercana a la temperatura de funcionamiento del motor. En la tabla 2.6 se puede ver que a medida que aumenta el número que identifica el tipo de aceite aumenta la viscosidad.

Tabla 2.5 Clasificación de los tipos de aceites en el sistema SAE

Aceites para Motores	Rango de viscosidad a 25 C en cSt	Rango de viscosidad a 100 C en cSt
SAE 10	60 - 90	5.75 - 4.19
SAE 20	90 - 180	9.65 - 5.75
SAE 30	180 - 280	13.00 - 9.65
SAE 40	280 - 450	16.83 - 13.00
SAE 50	450 - 800	22.70 - 16.83

Fuente: SAE J-300

Elaborado por: Pablo Torres

Así, un aceite SAE 30 tiene entre 9,65 y 13,0 centistokes – cSt (unidad de viscosidad) a 100°C, y un SAE 40 entre 13,0 y 16,83 centistokes. Pero también podemos observar que la viscosidad del aceite durante el arranque del motor en frío es mucho más elevada. Lógicamente, al bajar la temperatura, la viscosidad del aceite aumenta. En la tabla 2.6 se muestra el índice de viscosidad y sus características.

Tabla 2.6 Variación de la viscosidad – temperatura

Nomenclatura	Índice de viscosidad I.V.	Características
LVI	Menor a 35	Bajo índice de viscosidad - variación alta de la viscosidad con la temperatura

MVI	Entre 35 y 90	Índice medio de viscosidad - variación media de la viscosidad con la temperatura
HVI	Mayor a 95	Alto índice de viscosidad - menor variación con la temperatura

Fuente: TERPEL

Elaborado por: Pablo Torres

Todos los aceites SAE 40, a la temperatura de trabajo (100°C), tienen la misma viscosidad, pero cuando el motor debe arrancar en frío, la viscosidad de un aceite (HVI) se reduce menos que la de uno de índice medio de viscosidad (MVI). El aceite (HVI) es menos viscoso y exige menos esfuerzo al motor en el arranque; también, y muy especialmente, durante el tiempo de calentamiento del motor el aceite tendrá una viscosidad más cercana a la de trabajo y, por lo tanto, se logrará mejor lubricación y menor desgaste.

Dentro de la clasificación SAE existen otros grados, llamados W (Winter), cuya viscosidad está especificada a -18°C. Son aceites que se utilizan en regiones frías y aseguran un límite máximo de viscosidad a baja temperatura, que es una condición del arranque. Cuando un aceite cubre dos de los grados SAE, a 100°C y -18°C, se dice que es multigrado. Por ejemplo, un 20W/50 es un aceite que a -18°C tiene la viscosidad especificada para el 20W, y permite arrancar bien y lubricar correctamente el motor a bajas temperaturas. A 100°C tiene una viscosidad que cae dentro de las especificaciones SAE 50 y se adecúa así al trabajo a altas temperaturas. Los grados W son 5W, 10W y 20W.

Esta capacidad de los aceites de variar relativamente poco su viscosidad con la temperatura depende del tipo de crudo en el que se originan, es decir, del tipo de hidrocarburos que forman el aceite. Los parafínicos tienen alto índice de viscosidad, los aromáticos muy bajo. El índice de viscosidad aumenta al refinar el aceite con furfural, que quita los hidrocarburos aromáticos y aromáticos condensados; pero existen límites en el índice de viscosidad que se puede alcanzar en los aceites de cada crudo.

En el siguiente gráfico exploratorio podemos entender con mayor claridad la ubicación de los distintos grados de viscosidad de los aceites lubricantes de acuerdo a la temperatura sea esta en Centígrados o Fahrenheit.

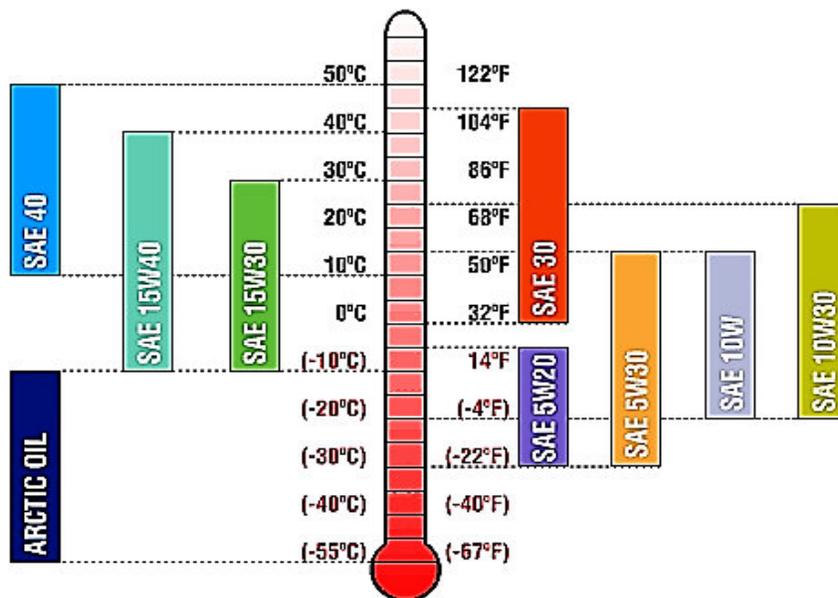


Figura 2.3 Grados de viscosidad SAE

Fuente: Fluid Master's - Machinery Fluid Management

Los aceites multigrados son los que se encuentran en gran cantidad en el mercado, como por ejemplo un SAE 5w30, 20w50.

2.7 Tipos de lubricantes en el Ecuador

Los aceites lubricantes que se comercializan en el Ecuador son de diferentes tipos pero establecidos por categorías donde cada uno de ellos es utilizado para una actividad diferente.

Los diferentes tipos de lubricantes no industriales comercializados en el Ecuador son:

- Motores de combustión interna, gasolina y diésel;
- Motores pequeños de 2 tiempos;
- Sistemas de transmisión, automáticas y manuales.

Los diferentes tipos de lubricantes industriales comercializados en el Ecuador son:

- Hidráulicos;
- De circulación, de proceso, de corte, de temple;
- Engranajes;
- Motores marinos;
- Transferencia térmica;
- Compresores de refrigeración;
- Dieléctricos.

Los diferentes tipos de lubricantes comercializados en el Ecuador son

manufacturados localmente o importados. Los lubricantes manufacturados en el Ecuador pertenecen a compañías multinacionales que importan su aceite lubricante base mineral e importan los aditivos para su fabricación, empresas como Repsol YPF, Mobil, etc. No existe ninguna empresa nacional que manufacture el aceite lubricante base o aditivos para producir aceites lubricantes.

2.8 Aceites lubricantes usados

La legislación europea de Aceites Usados (citado por CEMPRE, 2013) menciona que:

Todos los aceites industriales con base mineral o sintética, lubricantes que se hayan vuelto inadecuados para el uso que se les hubiere asignado inicialmente y, en particular, los aceites usados de los motores de combustión y de los sistemas de transmisión, así como los aceites minerales lubricantes, aceites para turbinas y sistemas hidráulicos". (s/n)

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM (2013) menciona que:

Los aceites se oxidan al ser sometidos a altas temperaturas o al estar en contacto con el aire, dando lugar a la formación de ácidos y compuestos de oxidación que pueden ser corrosivos y fomentar la formación de depósitos dando lugar al bloqueo de válvulas y circuitos y provocar un mal funcionamiento de los equipos. Esta reacción se acelera al aumentar la temperatura del aceite. Además muchos materiales actúan como catalizadores de la reacción. El cobre, precedente del desgaste de rodamientos, tuberías y refrigerantes; compuestos ferrosos formados por la reacción del agua y de algunos compuestos oxidados del aceite; materias extrañas suspendidas en el aceite y otros productos de oxidación, son catalizadores muy activos del proceso de oxidación. (p. 11)



Figura 2.4 Aceite lubricante usado

Fuente: Scientific American

2.9 Degradación del aceite lubricante mineral

Los aceites lubricantes minerales, semi-sintética y sintéticos tiene si vida útil, es decir pierden sus propiedades de lubricación. La degradación de los aceites empieza desde el contenedor cuando se lo abre por primera vez ya que entra el aire y por ende oxida el aceite. Lo podemos observar con facilidad en los tanques (55 gal.) contenedores de aceite ya que una vez abiertos el aire empieza a oxidar el aceite, cuando ha pasado algún tiempo prudente se puede observar que el aceite se torna oscuro, pero no pierde sus propiedades lubricantes.

Cuando se realiza un cambio de aceite a un vehículo el aceite nuevo se mezcla con el aceite residual en el motor, esta mezcla no dañara el aceite nuevo pero significa una grado más de deterioro del aceite.

Cuando el aceite nuevo ingreso al motor, los aditivos a su paso ya van haciendo su trabajo que es el de disolver los lodos que se forman por el aceite viejo. Se debe tomar en cuenta que mientras más existen residuos o partículas metálicas como cobre, hierro y plomo (causadas por la fricción) los aditivos sufrirán una mayor degradación aumentando la velocidad de oxidación del aceite. De la misma manera estas partículas metálicas degradan los aditivos de antidesgaste, dispersantes, detergentes, etc.

Los aceites lubricantes sufren una descomposición luego de cumplir con su ciclo de operación y por esto es necesario reemplazarlos. Uno de los productos resultantes del aceite usado es el hollín. Éste representa una parte de hidrocarburo parcialmente quemado que existe como partícula individual en el aceite, los tamaños de estas partículas varían de 0.5 a 1.0 micras y generalmente se encuentran muy dispersas por lo cual es muy difícil filtrarlas. Existe una reacción de oxidación que provoca la descomposición de los aceites de motor. Esta reacción en los hidrocarburos en fase líquida suele deberse a una reacción de radicales en cadena. La reacción no se inicia hasta pasado un cierto periodo de inducción, el cual corresponde al intervalo necesario para la formación de los peróxidos (que actúan como catalizadores), durante éste periodo la oxidación del aceite es muy débil. Dado que las altas temperaturas aceleran esta reacción, en el motor la oxidación se produce de forma muy rápida, en particular por la elevada temperatura que alcanzan las piezas próximas a la cámara de combustión. (Estrucplan, 2013, s/n)

2.10 Factores de deterioro

Los factores de deterioro son aquellos que llegan a oxidar el aceite lubricante, Payri & Desantes (2006) mencionan que:

En condiciones ideales de funcionamiento no habría necesidad de cambiar un aceite lubricante, la base lubricante no se gasta, se contamina y los aditivos son los que soportan las críticas condiciones de funcionamiento. La naturaleza de las partículas extrañas que contaminan el lubricante varía de acuerdo con el tipo de trabajo del mecanismo. Diversos factores como la temperatura y el estado son los factores más influyentes para el deterioro del aceite.

2.10.1 Temperatura de operación

Los lubricantes derivados del petróleo son hidrocarburos, que se descomponen cuando están sometidos a altas temperaturas, esto hace que el aceite se oxide o se polimerice. Un aceite descompuesto de esta manera puede presentar productos solubles o insolubles, los productos solubles, por lo general, son ácidos que forman emulsiones estables en presencia de agua y que atacan químicamente las superficies metálicas, principalmente cuando son de plomo o de cobre-plomo, si la concentración de estos ácidos aumenta considerablemente no pueden ser inhibidos por los aditivos antioxidantes y anticorrosivos, formando lodos que dan lugar a los productos insolubles. (Payri & Desantes, 2006).

Si estos productos no se eliminan del aceite pueden deteriorar las superficies metálicas que lubrican o taponan las tuberías de conducción del mismo. La oxidación y la polimerización depende en mayor grado del tipo de base lubricante de que esté compuesto el aceite y del grado de refinamiento que posea, aunque es posible evitar que ocurran mediante la utilización de aditivos antioxidantes. (Payri & Desantes, 2006)

A temperatura ambiente el aceite puede mostrar algún grado de deterioro, el cual no incide apreciablemente en su duración, a temperaturas menores de 50°C la velocidad de oxidación es bastante baja como para no ser factor determinante en la vida del aceite.

Mientras más baja sea la temperatura de operación, menores serán las posibilidades de deterioro. (Payri & Desantes, 2006)

2.10.2 Agua

Esta se encuentra principalmente por la condensación del vapor presente en la atmósfera o en algunos casos se debe a fugas en los sistemas de enfriamiento del aceite. El agua presente en el aceite provoca emulsificación del aceite, o puede lavar la película lubricante que se encuentra sobre la superficie metálica provocando desgaste de dicha superficie. (Payri & Desantes, 2006)

2.10.3 Combustibles

Se encuentran en los aceites debido a su paso hacia la cámara de combustión y de esta hasta el cárter, al interactuar con el aceite ocasionan una dilución del mismo. (Payri & Desantes, 2006)

2.10.4 Sólidos y polvo

Se deben principalmente a empaques y sellos en mal estado, permitiendo que contaminantes del medio entren al aceite. Otros contaminantes menos frecuentes aunque igualmente perjudiciales son: tierra y partículas metálicas provenientes del desgaste de las piezas, hollín y subproductos de la combustión de combustibles líquidos. (Payri & Desantes, 2006)

2.10.4 Uso del automóvil

Orovio (2010) menciona que al usar el automóvil y “circular a altas RPM mantenidas (autopista) o muy frecuentemente (carretera de montaña)

incrementan la temperatura del aceite y su desgaste” (p. 131).

2.11 Composición del aceite usado

Los aceites lubricantes están compuestos de dos partes, una parte de aceite mineral o sintética, y otra parte de aditivos. Los aditivos son añadidos a las bases en relación al peso que se va a producir, de entre el 5 y 20%.

La organización CEMPRE (2013) argumenta que el aceite lubricante usado se genera por las siguientes causas mientras se encuentra en uso:

- Partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción;
- Compuestos con plomo procedente de las naftas;
- Ácidos orgánico o inorgánicos originados por oxidación o de azufre de los combustibles;
- Compuestos de azufre;
- Restos de aditivos: fenoles, compuestos de zinc, cloro, y fósforo;
- Compuestos clorados: disolventes, PCB's y PCT's;
- Hidrocarburos poli nucleares aromáticos (PNA);
- Pesticidas;
- Residuos tóxicos de cualquier tipo. (s/n)

Depuroil S.A. (2013) menciona que “la cantidad de plomo presente en el aceite usado oscila del 1 al 1,5 % en peso y proviene de las gasolinas y de los aditivos”. (s/n)

Tabla 2.7 Contaminantes aceite lubricante usado

Composición Aceite Lubricante Usado			
Contaminantes	Concentración en ppm		
	Aceites Lubricantes		Aceite Industrial
	Motor Diésel	Motor Gasolina	
Cadmio	1.1	1.7	6.1
Cromo	2.0	9.7	36.8
Plomo	29.0	2.2	217.7
Zinc	332.0	951.0	373.3
Cloro total	3600.0	3600.0	6100.0
PCB's	20.7	20.7	957.2

Fuente: U.S. EPA

Elaborado por: Pablo Torres

En términos generales, los aceites de automoción poseen mucha mayor cantidad de plomo y de cinc que los aceites de procedencia industrial y dentro de los de automoción los procedentes de motores a gasolina, se ha observado que presentan mayor cantidad de metales pesados que los de motores diésel. “Sin embargo, los aceites usados industriales contienen mayor cantidad de cadmio, cromo, cloro y PCB's”. (IDEAM, 2013, p.38)

2.12 Fuentes de aceites lubricantes usados

Depuroil S.A. (2013) menciona que:

Las principales fuentes de aceites lubricantes usados provienen del sector automotriz e industrial. Las fuentes más grandes de generación de aceite usado son: los vehículos motorizados (aceites de lubricación), los motores de combustión y cajas de velocidades,

los sistemas hidráulicos, transformadores y otras aplicaciones industriales. Además de ser utilizados como lubricantes, los aceites minerales obtenidos a partir del petróleo crudo, suelen también ser usado como refrigerante, aislante, dispersante, etc., siendo el de mayor consumo el aceite automotriz. (s/n)

En el sector industrial la vida útil del aceite depende de sus intervalos de uso mientras que en el sector automotriz la vida útil de un aceite lubricante está entre los 4,000 y 5,000 km.

2.13 Impactos al medio ambiente

Los aceites lubricantes usados son potencialmente peligrosos, tóxicos para el medio ambiente ya que tienen la habilidad de esparcirse en los suelos y en los cuerpos hídricos, estos forman una película en la superficie del agua evitando el ingreso del oxígeno y la luz solar de manera que elimina el proceso fotosintético. El aceite usado debido a su persistencia promueve la rápida degradación tanto de los suelos como de los cuerpos hídricos pero a la vez al estar en contacto directo con la luz solar y el aire emiten emisiones toxicas, liberación de contaminantes, presentes en ellos como compuestos orgánicos volátiles VOC's y metales pesados.

En el residuo aceitoso existen hidrocarburos que se incrustan al suelo y por su persistencia estos no se movilizan. Al momento que se produzca un derrame en los suelos algunos hidrocarburos se evaporan inmediatamente, otros tomaran más tiempo contaminando siempre el aire. Es importante mencionar que en el aceite usado existen hidrocarburos que no se evaporan permaneciendo en los suelos de manera indeterminada, no se disuelven en el agua y por lo general no se degradan, algunos de

estos hidrocarburos se infiltran al agua subterránea o se esparcen por las aguas lluvias contaminando los cuerpos de agua.

El aceite lubricante usado tiene alcances inimaginables tales como al ser vertidos en cuerpos hídricos como por ejemplo un río, se adhieren a pequeñas partículas de agua que a medida del tiempo estas se depositan el fondo donde permanecen por muchos años contaminando las especies acuáticas y su ambiente.

Como se lo menciono anteriormente en los lubricantes usados existen metales que son solubles con el agua, al disolverse estos pueden filtrarse en los suelos llegando a aguas superficiales o hasta agua subterráneas, por lo general las aguas subterráneas fluyen bajo tierra hasta llegar a ríos, pantanos o lagos.

El aceite lubricante usado por lo general se lo re-utiliza como un combustible alternativo para los hornos Clinker en las cementeras, fábricas de tejas y cerámicas, vidrio, secadoras de granos. Al momento de re-utilizarse y donde exista una mala combustión el impacto ambiental se incrementa ya que genera emisiones de metales pesados como cadmio Cd, cromo Cr, plomo Pb los cuales se pueden degradar mediante la fotooxidación produciendo efectos en el medio ambiente y la salud.

Existen diversas formas en como las personas pueden estar involucradas con los aceites lubricantes usados, estas formas son:

- Al utilizarlo como herbicida e insecticida;
- Bañarse en aguas contaminadas sin estar al tanto por recreación;

- Beber agua contaminada sin estar al tanto;
- Jugar en suelos contaminados con aceite usado;
- Cambio de aceite del automóvil;
- Emisiones del sistema de escape de los vehículos.
- En las carreteras de tercer orden cuando el aceite usado es utilizado para controlar los polvos

Existen personas que realizan sus propios cambios de aceite en sus hogares y muchas de esas personas se deshacen del aceite usado en conjunto con otros desechos domésticos y todo esto termina en los botaderos de basura contaminando más el ambiente ya que el proceso de reciclaje de la basura se hace más dificultoso y ellos no reciclan aceite por ende el aceite terminara en los suelos y en cuerpos hídricos. El aceite usado con sus emisiones y el contacto tanto con el suelo y los cuerpos hídricos pueden contaminar las cosechas, animales agrícolas y vida acuática.

Acorde con la publicación técnica de la revista Daphnia (2009) sobre el medio ambiente y lo que el aceite usado puede provocar, expone los siguientes puntos sobre los efectos que este provoca a la salud y al medio ambiente.

- Irritaciones del tejido respiratorio por la presencia de gases que contienen aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos, etc.
- La presencia de elementos químicos como Cl (Cloro), NO₂ (dióxido de nitrógeno), SH₂ (ácido sulfhídrico), Sb (antimonio), Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cd (Cadmio), Cu (Cobre)

afectan las vías respiratorias superiores y los tejidos pulmonares.

- Producción de efectos asfixiantes, impidiendo el transporte de oxígeno, por contener monóxido de carbono, disolventes halogenados, ácido sulfhídrico, etc.
- Efectos cancerígenos sobre próstata, vejiga y pulmón por presencia de metales como plomo, cadmio, manganeso, etc.

Pero, al no ser biodegradables, también sobre el medio ambiente:

- Vertidos a las aguas: Originan una película impermeable entre la atmósfera y la superficie acuática que ocasiona una disminución del oxígeno disuelto en el agua y como consecuencia final, la muerte de todos los organismos vivos que habitan allí.
- Vertidos en suelos: Recubren el suelo y provocan una disminución del oxígeno. El humus vegetal se va degradando y finalmente ocasiona una pérdida de la fertilidad.
- Emisiones a la atmósfera: La combustión de aceites usados provoca emisiones a la atmósfera de metales como el plomo, gases tóxicos (compuestos de cloro, azufre y fósforo) y otros elementos, con los correspondientes efectos. (p. 10)

Según la EPA (2013) expone que “1 galón de aceite lubricante usado contamina a un millón de galones de agua, la misma que satisface las necesidades de cincuenta personas por un año”. (s/n). El aceite usado crea una película sobre la superficie del agua llamada oil slick. La Figura 2.5 muestra la contaminación del agua y el oil slick.



Figura 2.5 Oil Slick - contaminación de cuerpos hídricos

Fuente: Propublica, 2012

2.14 Beneficios sistemas de recolección aceites usados

Los aceites lubricantes usados sin duda alguna provocan la contaminación aire, suelo y agua; en la ciudad de Loja el problema de contaminación por este residuo peligroso es notorio por lo que es necesario implementar un diseño de recolección aportando los siguientes beneficios:

- Reducir el consumo de materias primas – petróleo;
- Ahorro de energía;
- Re-utilización de aceites usados como sustitutos de materia prima – petróleo;
- Beneficios económicos para el generador y para personas particulares o jurídicas que hagan uso del aceite verde producto de la regeneración;

- Reducir importación de aceite lubricante base generando ahorro para el gobierno;
- Evitar la degradación del ambiente;
- Proteger la salud

Un sistema integral de recolección deberá priorizar la eliminación de la contaminación por parte de este residuo toxico, a más de reducir la generación del mismo desde la fuente. Un sistema de recolección deberá acaparar normas que los generadores deberán seguir para un correcto manejo de estos residuos.

Pickerill afirma que “El aceite usado que ha sido procesado para eliminar las impurezas y restablecer las normas originales se llama aceite reciclado.... el aceite de reciclaje.... debería ser equivalente al nuevo aceite refinado” (p. 61).

La agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos (2013) mencione que “un galón de aceite usado provee los mismos 2.5 cuartos de aceite lubricante que 42 galones de petróleo crudo” (s/n). Realizando una gestión de recolección apropiada y aplicando una buena tecnología para la recuperación del aceite lubricante usado se reduciría el consumo de energía, el calentamiento global.

Capítulo 3

Metodología

3.1 Análisis del problema actual de los aceites usados en la ciudad de Loja

El Ilustre Municipio de la ciudad de Loja cuenta con el departamento de Gestión Ambiental – Servicios Municipales – Aceites Lubricantes Usados creado en el año 2008 en conjunto con “La Ordenanza que Norma y Regula la Recolección, Almacenamiento, Manejo y Disposición Final de Aceites y Grasas Usadas”, donde el mismo departamento es el encargado de recolectar y re-refinar los desechos lubricantes usados en la planta de reciclaje de aceites usados del Municipio.

Para realizar el análisis de la situación actual de los aceites usados en la ciudad de Loja, se tomó como referencia el plan piloto que fue ejecutado por el Municipio de Loja para la recolección de aceites lubricantes usados, y las visitas realizadas a los generadores durante el mes de Agosto del 2013 para la evaluación física de los establecimientos y conocer el volumen generado de aceite usado.

Los aceites lubricantes usados que se generan en la ciudad, generalmente provienen de concesionarios, mecánicas, lavadoras y lubricadoras, e industrias. En un primer paso el Municipio de Loja adecuo un plan piloto en conjunto con el Estado para la recolección de estos residuos peligrosos y para re-refinarlos en la planta de aceites usados ubicada en el parque industrial. Dicha planta nunca funciono a la perfección por lo cual nunca obtuvo aceite base totalmente limpio para poder adecuarlo para su venta, como el plan piloto no fue satisfactorio de acuerdo a la panificación la planta fue dada de alta y se

encuentra sin funcionar, hoy en día el mismo Municipio lo recolecta para vender a empresas como Decorteja, Arcimego, cementeras, fábricas de vidrio etc., por ende dejaron de hacer el seguimiento necesario para mantener la ciudad limpia de estos desechos. Al mismo tiempo estas empresas compran el aceite usado a los generadores para los hornos Clinker que de alguna u otra forma contamina el aire; cabe mencionar que hay empresas recolectoras que cobran un flete por la recolección y el transporte.

Se clasificó a los generadores según su servicio prestado en concesionarios, lavadoras y lubricadores, talleres mecánicos, estaciones de servicio. La no existencia de un sistema de inspección a los establecimientos generadores por parte del Municipio, es una razón más por la cual los generadores no adaptan un correcto manejo para con estos residuos peligrosos.



Figura 3.1 Cambio de aceite realizado en una lavadora.

Fuente: Pablo Torres

Los establecimientos de los generadores de aceites y grasas usadas cuentan en su mayoría con el espacio adecuado para poder realizar cambios de aceite, lavado, a excepción del pulverizado ya que no es recomendable para el medio ambiente cuando utilicen aceite limpio o aceite usado, hoy en día existen otros agentes químicos que reemplazan al aceite para la pulverización y es amigable con el ambiente – biodegradables.

En la inspección de los establecimientos generadores se pudo constatar que el proceso de almacenamiento no es el adecuado, carecen de piso epóxico o algún material impermeable, los tanques no contiene fecha de generación, identificación y el riesgo potencial del mismo.

La figura 3.2 muestra el almacenamiento inadecuado de los aceites lubricantes usados, se puede observar la existencia de aceite derramado, algunos establecimientos no poseen ni una cubierta o techo.



Figura 3.2 Almacenamiento inadecuado

Fuente: Pablo Torres

Durante las visitas realizadas a estos establecimientos se pudo observar que gran parte de los aceites usados cuando son derramados se dirigen a los sistemas de drenaje, suelos y en las corrientes superficiales de agua. El aceite lubricante usado como es conocido es también utilizado como insecticida, herbicida, desmoldante, tratamiento de madera, esparcido para control del polvo, etc.

La figura 3.3 muestra el incorrecto manejo de los aceites usados, se puede observar con claridad como el residuo contamina el agua y este se dirige a los desagües y por ende al sistema de alcantarillado de la ciudad. Hay establecimientos que cuentan con trampas de aceites usados.

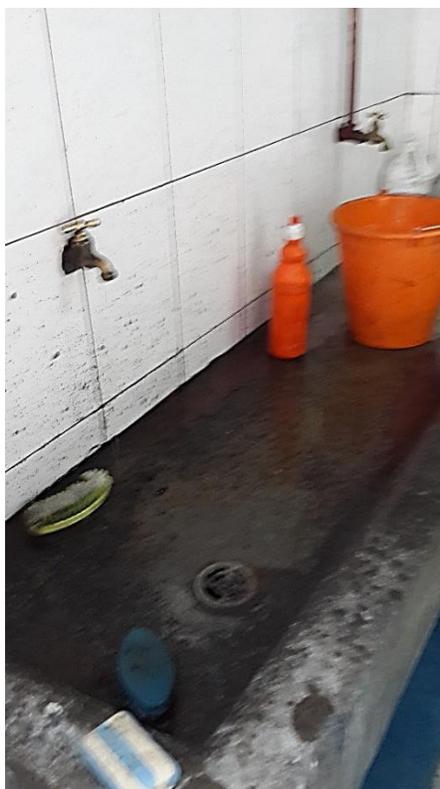


Fig. 3.3 Contaminación de aceites usados en el sistema de drenaje

Fuente: Pablo Torres

Los aceites lubricantes usados cuando son vertidos a los suelos tienen la habilidad de llegar a cuerpos hídricos superficiales mediante la lluvia, pueden filtrarse y llegar a aguas subterráneas llegando a lagos, ríos, etc. Con la luz solar presente algunos de sus hidrocarburos se evaporan contaminando el aire lo cual conlleva a problemas de salud.

La figura 3.4 muestra las manchas aceitosas de los suelos que fueron contaminados con estos residuos peligrosos. Esto se puede observar en los establecimientos que carecen de la infraestructura adecuada para el almacenamiento temporal y la recolección. Produce emisión de VOCs y contamina las aguas lluvias poniendo en peligro al medio ambiente y a la salud. En comparación se muestra también un suelo con piso impermeable (cemento) pero que consta con la infraestructura adecuada evitando que entren aguas lluvias ni la luz solar, tampoco contiene algún tipo de drenaje al sistema de alcantarillado.



Figura 3.4 Suelos contaminados a causa de aceites lubricantes usados vs pisos impermeables

Fuente: Pablo Torres

La falta de información y la difusión de la ordenanza municipal a estos establecimientos generadores, así como también la falta de seguimiento y la no funcionalidad de la planta de reciclaje de aceites usados permiten a los propietarios a no cumplir lo establecido por el Municipio ya que muchos manifestaron que el tanque de recolección nunca llega al lugar ni hacen la inspección por lo cual los establecimientos no reciben multas, se fomenta el negocio ilícito, la y la disponibilidad final de los aceites usados es incierta.

3.2 Análisis ordenanza Municipal

3.2.1 Ordenanza Nacional

En el Ecuador no existe una norma o reglamento nacional para la recolección y la disposición final de los aceites lubricantes usados. Sin embargo cada ciudad tiene la potestad de realizar una Ordenanza Municipal si así lo requiere para el cuidado del medio ambiente y la salud de sus ciudadanos. Cabe mencionar que el Ministerio del Ambiente se encuentra en el proceso de realizar una ley la cual regule y tenga estándares mínimos para la recolección, almacenamiento, manejo y la disposición final de estos residuos peligrosos.

En el país existen tres ciudades que cuentan con ordenanzas municipales para la gestión de los aceites usados, estas ciudades son Quito, Guayaquil, y Loja. Para la realización de este trabajo se tomara en cuenta la Ordenanza Municipal de la ciudad de Guayaquil, no se tomó en cuenta la ordenanza municipal de la ciudad de Quito ya que luego de una revisión y comparación con la ordenanza de Guayaquil se pudo observar con claridad que esta última contiene aspectos de mayor calidad e información sobre un

manejo integral de aceites usados. En la ciudad de Cuenca cuenta con un programa de recolección de aceites usados pero no cuenta con una disposición legal u ordenanza municipal.

La ordenanza del Ilustre Municipio de Guayaquil fue realizada en el año 2003 con la finalidad de realizar un manejo integral de los aceites lubricantes usados y cuidar del medio ambiente y la salud; en el año 2004 la ordenanza tuvo un cambio en una disposición transitoria de cambio a uno de sus artículos.

La ordenanza en su primer artículo destaca que es dirigida a toda persona natural o jurídica que generen aceites usados y/o grasas usadas provenientes de todo tipo de maquinaria pesada o liviana, motores de combustión y de sistemas de transmisión. Así mismo dentro de este artículo se menciona que se regula a las personas naturales y jurídicas que deseen realizar la recolección, transporte y/o disposición final de los aceites usados y/o grasas lubricantes usadas.

En el título II de las responsabilidades y obligaciones específicamente en el artículo cuarto se menciona que los aceites usados deben almacenarse temporalmente en tanques de 120 galones para ser retirados por las personas autorizadas por el Municipio para su transporte y al sitio de disposición final. Estas personas deberán llevar un registro manual o computacional en donde conste la cantidad y su destino final de los aceites y grasas lubricantes usadas y en la obligación de emitir un informe bimensual a la dirección de Medio Ambiente quien otorgara un formato.

La ordenanza también está dirigida a personas naturales o jurídicas que son generadores indirectos estos son los que produzcan, importen y/o distribuyan aceites lubricantes a dar

información sobre un manejo integral de aceites usados a sus clientes así como informar detalladamente la cantidad de aceite y grasa lubricante distribuida en el cantón de Guayaquil.

En uno de sus artículos menciona el trámite para obtener la licencia ambiental correspondiente a recolección, transporte y/o disposición final de los aceites usados y/o grasas usadas que está dirigido a quienes deseen realizar estas actividades sean personas naturales o jurídicas.

En la recolección y transporte de los desechos aceitosos o grasas usadas menciona que cualquier establecimiento que genere este tipo de residuo deberá disponer de tanques o recipientes para el almacenamiento provisional, y la prohibición de entregar estos desechos a personas naturales o jurídicas que no estén autorizadas por la Corporación Municipal. El municipio ordena solamente la destrucción de los residuos peligrosos, concretamente la incineración bajo parámetros técnicos internacionales aprobados por la Corporación Municipal.

El área de almacenamiento donde se encuentren los depósitos en el sitio de disposición final deberá contar con lo siguiente:

- Existencia de techo;
- Facilidad para maniobras de carga y descarga;
- Impermeabilidad en el piso;
- No debe existir conexión alguna con el sistema de alcantarillado o de aguas;

- Disponer de un canal o dique perimetral que sirva de contención en caso de desbordes o siniestro;
- Contar con medidas para control de incendios;
- Identificación de los tanques, según los diferentes residuos almacenados; y;
- Los que considere necesarios, la Corporación Municipal sobre la base del análisis de la Dirección de Medio Ambiente.

La ordenanza establece como única disposición final para los aceites usados y/o grasas usadas sea la incineración en hornos cuya temperatura sea mínima de 850 grados centígrados. Al ser entregado en los centros de acopio el aceite deberá estar libre de estopas, metales, filtros, etc., y su porcentaje de agua máximo será de 5%. La incineración de los aceites usados deberá cumplir con aspectos técnicos en los gases emitidos, esta información deberá ser monitoreada y registrada para su entrega a la dirección del medio ambiente.

En el título VI en su artículo décimo noveno establece las prohibiciones que están dirigidas hacia los generados y consumidores. Estas prohibiciones son:

- Verterlos en aguas de ríos, esteros o brazos de mar, incluyendo alcantarillado y suelos, comprendiéndose, además, a los materiales generados en el tratamiento.
- Usarlos en actividades agropecuarias;
- Utilizarlos como recubrimiento para la protección de madera;

- Emplearlos en actividades de desmoldamiento de bloques y ladrillos;
- Quemarlos en mezclas con diésel o bunker en fuentes fijas de combustión que no alcancen temperaturas de combustión para su adecuada destrucción, de conformidad con lo prescrito en la presente ordenanza;
- Diluirlos usando fuentes de agua potable, de lluvia o de aguas subterráneas;
- Mezclarlos con aceites térmicos y/o dieléctricos u otros identificados como residuos altamente tóxicos y peligrosos;
- Comercializar clandestinamente los aceites lubricantes usados;
- Realizar actividades en las aceras o en la vía pública, con las cuales se generan aceites lubricantes usados; y;
- Cualquier otro uso que atente contra la salud de la población o la calidad ambiental.

El incumplimiento de esta ordenanza en el cantón Guayaquil tendrá sanciones monetarias de entre \$500 a \$5,000 dólares, clausuras de locales, exclusión de la licencia ambiental, terminación de contratos. Si se requiere mayor información de “LA ORDENANZA QUE REGLAMENTA LA RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE ACEITES USADOS” del cantón Guayaquil, véase anexo 1.

3.2.2 Análisis Ordenanza actual del cantón Loja y su comparación con la ordenanza del cantón Guayaquil

El Ilustre Municipio de la ciudad de Loja cuenta con la Ordenanza Municipal que ordena y regula la recolección, almacenamiento, manejo y disposición final de aceites y grasas usadas. De acuerdo a la Ley de Régimen Municipal en su artículo 15 establece la responsabilidad de prevenir y controlar la contaminación ambiental dentro de su jurisdicción.

La ordenanza municipal fue realizada en el año 2008 en conjunto con la integración en comodato de la planta recicladora de aceites usados mencionada anteriormente en el punto 3.1; hasta el presente día la ordenanza no ha tenido ningún cambio en sus artículos.

La ordenanza en primer artículo menciona que está dirigida a personas naturales o jurídicas que como consecuencia de sus actividades generen aceites lubricantes usados y/o grasas usadas de maquinaria o vehículo. La ordenanza no menciona si es maquinaria pesada o liviana, ni sistemas de transmisión. Tampoco regula a personas naturales o jurídicas que deseen realizar la recolección, transporte y/o disposición final de los residuos, dando como resultado el desconcierto del manejo apropiado que se debe dar a los aceites usados y grasas usadas. Al no regular quienes deben realizar estas acciones acarrea el problema de negocios ilícitos entre transportistas y generadores del residuo tóxico y se desconoce el destino final de los aceites.

En cuanto al almacenamiento la ordenanza del cantón de Loja menciona que se lo debe mencionar en tanques (capacidad no establecida) de almacenamiento teniendo

cuidado de que no contengan fibras textiles, metales, filtros, caucho, empaques, pernos, etc. Establece un control y seguimiento a través de la jefatura de gestión ambiental y sus funcionarios para controlar el almacenamiento y la disposición final de los aceites usados sin mencionar algún intervalo. La ordenanza del cantón de Guayaquil establece obligatoriamente el control de los mismo bimensualmente por parte de todos los involucrados en la gestión.

La recolección del aceite usado lo realizara tanqueros del municipio de acuerdo a una frecuencia establecida en coordinación con los generadores. Lo ordenanza del cantón Guayaquil establece que cualquier persona natural o jurídica puede realizar la labor de recolección previamente autorizadas; de la misma manera se pueden adjudicar concesiones con el Municipio de Loja.

Las áreas de los depósitos finales para los aceites usados deberán contar con las siguientes características (similaridad con la ordenanza del cantón Guayaquil):

- Existencia de techo;
- Facilidad para maniobras de carga y descarga;
- Impermeabilidad en el piso;
- No debe existir conexión alguna con el sistema de alcantarillado o de aguas;
- Disponer de un canal o dique perimetral que sirva de contención en caso de desbordes o siniestro;
- Contar con medidas para control de incendios;

- Identificación de los tanques con la palabra Aceites Usados.

La ordenanza del cantón Loja también tiene similitud con las prohibiciones establecidas para los generadores y consumidores.

La ordenanza del cantón de Loja establece como disposición final el re-refinamiento o regeneración de los aceites usados y la prohibición de su incineración en hornos. A diferencia con el cantón Guayaquil donde lo utilizan como combustible alternativo para los hornos.

El incumplimiento de esta ordenanza en el cantón Loja tendrá sanciones monetarias del 50% de un salario básico vital unificado en primera instancia, en segunda instancia se duplicara, en tercera instancia se clausurara el local de manera definitiva y la terminación de contratos. Por no cumplir con las normas de almacenamiento habrá una multa del 75% de un salario básico vital unificado.

Es muy importante mencionar que no existe en la ordenanza la obligación de obtener una licencia ambiental, cantidades máximas de almacenamiento en comparación con la ordenanza del cantón Guayaquil. Las sanciones deben aumentar su valor ya que las establecidas representan un valor ínfimo a las de Guayaquil y por esta razón se da paso al incumplimiento con lo establecido y negocios arbitrarios. Si se requiere mayor información de sobre “LA ORDENANZA QUE NORMA Y REGULA LA RECOLECCION, ALMACENAMIENTO, MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE ACEITES Y GRASAS USADAS” del cantón Loja, véase el anexo 2.

3.3 Fuentes generadoras de aceites lubricantes usados en la ciudad de Loja

Para conocer los generadores y el volumen generado de aceite lubricante usado en la ciudad de Loja se realizó un plan de trabajo para la obtención de la información. Para la elaboración del listado se utilizó una base de datos obtenida del plan piloto del Municipio donde constaban 38 establecimientos con nombre, dirección, y volumen generado, sin especificar su tipo de servicio.

El área de estudio comprendió la ciudad de Loja, y se definió como generadores a todas las personas naturales o jurídicas que realizan cambios de aceite, taller mecánico, lavadoras, lubricadoras, y estaciones de servicio.

Se elaboró una encuesta donde conste la actividad del establecimiento, nombre, dirección, volumen generado, entre otros. La encuesta o formato utilizado para la recopilación de la información lo puede observar en el anexo 3.

3.4 Identificación de generadores de aceites lubricantes usados

Entiéndase como generador a toda persona jurídica o natural cuyas actividades producen residuos peligrosos sean sólidos, líquidos y gaseosos como los aceites lubricantes usados de origen mineral. El aceite lubricante usado al perder sus características y propiedades se convierte en inapropiado para su uso continuo con el mismo propósito.

Los establecimientos que generan aceite lubricante usado en la ciudad de Loja son los siguientes:

- Concesionario Automotriz: establecimiento encargado de la distribución y servicio automotriz de una marca en particular.
- Taller Mecánico: establecimientos independientes el cual realiza mantenimiento vehicular y expende lubricantes y filtros.
- Lubricadoras: establecimientos especializados en lubricación vehicular y equipo caminero donde se venden y cambian aceites lubricantes, engrasado, pulverizado, lavado.
- Lavadoras: establecimientos donde se lavan vehículos y realiza la pulverización con aceite usado. Algunas lavadoras venden y cambian aceite.
- Estaciones de servicio: establecimientos donde se vende combustible. Tienen a disponibilidad aceites, aditivos, etc., en algunos de realizan cambios de aceite.
- Instituciones públicas.

Los procedimientos de cambios de aceite en los establecimientos mencionados no cumplen con el manejo correcto de almacenamiento y su disposición final ya que la mayoría de ellos no tienen una infraestructura apropiada o carecen de información del manejo adecuado para hacerlo, lo cual provoca que el aceite lubricante usado se derrame en el suelo, y con ello todas las consecuencias que se puedan presentar.

Cabe mencionar que en el proceso de generación aceite lubricante usado también hay otros residuos como filtros de aceite, grasas, envases plásticos, que también tienen que ser reciclados.

En las visitas a los establecimientos se observó la infraestructura, accesos, procedimientos técnicos, y el tipo de servicio. La encuesta se la realizó al propietario o a la persona encargada para la obtención de la información sobre el manejo o gestión de los aceites usados, filtros de aceite, limpieza, volumen generado y su recolección.

3.5 Diseño del plan de recolección

3.5.1 Requerimientos

3.5.1.1 Información de los generadores

La información obtenida en las encuestas contienen la ubicación y tipo de establecimiento, el volumen generado, y la infraestructura (véase anexo 3). Esta información fue transcrita y creada en Excel para que pueda ser actualizada y modificada con el lapso del tiempo.

Esta información de base de datos de los generadores de residuos peligrosos, será una herramienta para el departamento de Gestión Ambiental del Municipio de Loja para tener un mayor control de los establecimientos y conocer en tiempo real el total del volumen de aceite usado generado por establecimiento y el total de la ciudad. En la base de datos no cuentan vulcanizadoras o talleres mecánicos que dan el servicio de revisión eléctrica, alineación, balanceo y servicio de frenos.

Esta base de datos a su vez será de gran ayuda para la elaboración del diseño del plan de recolección de la ciudad de Loja.

3.5.1.2 Ubicación generadores

De acuerdo a la información obtenida de las encuestas nos permitió conocer la ubicación de los centros generadores de este residuo tóxico se encuentran especialmente en las avenidas principales de la ciudad. En la ciudad de Loja existe una competencia muy fuerte ya que se puede visualizar establecimientos que realizan el mismo tipo de actividad en la misma calle o avenida, por lo cual resulta que la recolección se la puede realizar de manera rápida y efectiva ya que no existiría mucho traslado de un establecimiento a otro.

3.5.1.3 Acceso vial

El acceso vial se lo realizará por las avenidas principales de la ciudad de Loja. Estas avenidas cuentan con el espacio suficiente para que un tanquero de 800 galones rodee la ciudad. Cabe destacar que en su mayoría los establecimientos se encuentran a los alrededores más no en el centro de la ciudad.

El acceso a estos establecimientos cuenta con calles totalmente pavimentadas de fácil ingreso para el tanquero para la carga de los residuos peligrosos. Las avenidas a utilizarse son aquellas que rodean la ciudad por donde se encuentran los establecimientos mencionados en el punto 3.4.

Como punto de partida se toma la ubicación de la planta, la cual estará ubicada al norte de la ciudad, precisamente en el Parque Industrial el cual está ubicado en la extensión de la avenida Salvador Bustamente Celi en el barrio Amable María a 300 metros del Colegio Militar Tcrn. Lauro Guerrero. El parque industrial cuenta ya con

nombres de sus calles por lo que la planta estará ubicada en las calles Toronto y California, sector Amable María, como se puede observar en la figura 3.5.

La ubicación estratégica de la planta en el parque industrial, al norte de la ciudad de Loja, permitirá el fácil acceso del tanquero o recolector. Por su ubicación la planta tiene acceso por las dos avenidas principales de las rutas de recolección, estas avenidas colindan permitiendo la fácil movilidad del camión cisterna tanto como para tomar su ruta designada o para regresar a la planta.



Figura 3.5 Ubicación de la planta regeneradora de aceites lubricantes

Fuente: Sistema de Navegación Waze

El recorrido se realizara en sentido norte – sur tomando como punto de partida la planta de reciclaje, este recorrido cubrirá los sectores 1¹, 2², 3³, 4⁴, 5⁵, que están ubicados por las siguientes avenidas principales:

- Parque Industrial

- Extensión Av. Salvador Bustamente Celi
- Av. Salvador Bustamente Celi
- Av. Santiago de las Montañas
- Av. 24 de Mayo
- Av. Eduardo Kingman

El recorrido se realizara de norte – sur tomando como punto de partida la planta de reciclaje, este recorrido cubrirá los sectores 6⁶, 7⁷, 8⁸, 9⁹, 10¹⁰, que están ubicados por las siguientes avenidas principales:

- Parque Industrial
- Av. Salvador Bustamente Celi hacia la Av. 8 de Diciembre
- Redondel de las Pitas
- Av. 8 de Diciembre
- Redondel Terminal Terrestre
- Redondel Zona Militar

¹ Ver anexo 4 Ubicación del sector 1

² Ver anexo 5 Ubicación del sector 2

³ Ver anexo 6 Ubicación del sector 3

⁴ Ver anexo 7 Ubicación del sector 4

⁵ Ver anexo 8 Ubicación del sector 5

- Av. Cuxibamba
- Av. Manuel Agustín Aguirre
- Av. Pio Jaramillo Alvarado
- Redondel de la Argelia

En la figura 3.6 se muestra en mapa completo las rutas para la recolección de los aceites lubricantes usados de la ciudad de Loja. La ruta de color verde corresponde a la ruta número 2 y la ruta de color morado corresponde a la ruta 1. Cabe mencionar que la ruta 1 puede tener un desvío si así lo requiere el conductor, de igual manera permite el fácil acceso a los centros generadores. El mapa permite visualizar que al tomar esas dos rutas permitirá a los recolectores recorrer toda la ciudad por las principales avenidas en donde se encuentran la mayoría de establecimientos generadores lo cual no causara ningún tráfico vehicular.

⁶ Ver anexo 9 Ubicación del sector 6

⁷ Ver anexo 10 Ubicación del sector 7

⁸ Ver anexo 11 Ubicación del sector 8

⁹ Ver anexo 12 Ubicación del sector 9

¹⁰ Ver anexo 13 Ubicación del sector 10



Figura 3.6 Mapa rutas 1 y 2

Fuente: Sistema de navegación Waze

Al realizar este recorrido se recorrerá la ciudad entera recolectando todos los aceites lubricantes usados para su re-refinamiento. La ciudad ha sido dividida en 10 sectores con la finalidad de realizar un sistema de recolección adecuado. Cabe recalcar que las sectorizaciones pasan por las avenidas principales mencionadas anteriormente; cuando se esté realizando el recorrido por los sectores el transportista deberá ubicarse en las calles proporcionadas en la lista del día de trabajo.

3.5.1.4 Requerimientos del transporte

La coordinación de las acciones a tomar sobre el transporte del aceite lubricante usado deberá implicar al generador, al transportista y al destinatario para que el residuo llegue al destino final de una forma rápida y a tiempo para su proceso de re-refinamiento, para esto el Ministerio del Ambiente exige que se debe cumplir con el acuerdo N°026 (2008) “Registro de generadores de desechos peligrosos,..., y para el transporte de materiales peligrosos”.

El generador es responsable de:

- Tener autorización para el envío del residuo.
- Colocar los residuos en recipientes adecuados los cuales deben contar con la debida etiqueta y cumplir los requisitos del transportista y destinatario.
- Emitir documento con los datos de la empresa generadora, información del residuo y el destino de la carga.
- Proporcionar información sobre precauciones y procedimientos de emergencia en caso de que el transportista no las tuviese.
- Proporcionar carteles indicativos del tipo de residuo peligroso a transportarse en caso de que el transportista no las tuviese.
- Verificar que el medio de transporte se encuentre en óptimas condiciones para realizar el transporte del residuo peligroso.

- Verificar que los operadores cuenten con equipo de protección personal y estén debidamente capacitados para realizar la carga.

3.5.1.5 Requerimientos del transportista

El transportista debe cumplir con los requisitos establecidos por la empresa recicladora y las autoridades correspondientes; y debe entregar el aceite usado en la recicladora.

A esto se añade las responsabilidades que debe cumplir:

- Contar con la autorización para realizar el transporte de aceite lubricante usado por la autoridad competente.
- Contar con los carteles indicativos del residuo peligroso que transporta.
- La unidad debe contar con la información de la empresa, razón social, dirección y teléfono.
- Transportar el residuo peligros utilizando rutas de bajo riesgo establecidas con anterioridad.
- Siempre minimizar los riesgos y proteger la carga.
- Inspeccionar la unidad de transporte todos los días y verificar que esta se encuentre en óptimas condiciones para realizar el transporte y la carga, caso contrario realizar el mantenimiento en el taller autorizado por la empresa regeneradora.
- La unidad debe contar con un equipo de comunicación.

- Tramitar los documentos de carga correspondientes.
- La unidad de transporte debe contar con un equipo de comunicación.
- El transportista debe contar con equipo de protección personal.
- Garantizar la correcta maniobra de la unidad de transporte para la carga y descarga.
- Seguir protocolos establecidos para minimizar los riesgos de la operación.
- Ayudar a implementar medidas para la mejora continua de acuerdo a los incidentes que puedan resultar tanto en las unidades como del personal.

3.5.1.6 Condiciones de los depósitos en los centros de generación

Los generadores de aceite lubricante usado deberán contar con almacenamiento temporal de acuerdo a su capacidad generadora. Requisito indispensable para la espera del recolector para que este sea transportado a la planta de regeneración.

El depósito de acumulación temporal debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Ubicación: el área para el depósito deberá ser estratégicamente ubicado para garantizar que los riesgos para la salud y el medio ambiente sean mínimos. El área del depósito debe contar con un fácil acceso.
- Señalización y cercado: el área del depósito debe tener un cerramiento apropiado para impedir el acceso a las personas y poner señales indicando que es un depósito de residuo peligroso – aceite lubricante usado.

- Diseño: el lugar de almacenamiento debe ser acorde al volumen generado, así como también la forma de carga a ser empleada.

El diseño debe tener las siguientes cualidades:

- Reducir emisiones y riesgos de explosión;
 - Disponer de áreas separadas para residuos no compatibles con el aceite usado;
 - Protección contra efectos del clima;
 - Ventilación;
 - Tener pisos impermeables;
 - No tener conexión al alcantarillado;
 - Disponer de un sistema de recolección de líquidos contaminados;
 - Poseer el espacio suficiente para el tanquero de recolección y operarios;
 - Poseer salidas de emergencia;
 - Poseer un sistema de control de contaminación para aceites usados.
- Manual de operación: se dispondrá de una manual de operación del depósito, así como también un programa de inspección y procedimiento de seguridad e higiene. El manual se lo actualizara periódicamente y estará a la disponibilidad de todos los operarios.

- Plan de contingencia: El establecimiento debe contar con un plan de emergencia que garantice la respuesta rápida y apropiada para los usuarios y operarios. Se establecerá acciones rápidas contra derrames y dispondrá de elementos emergentes necesarios para la contención y re-embudo.
- Capacitación: los operarios que estén a cargo del depósito de aceites usados estarán en la obligación de contar con capacitación sobre los procedimientos a realizar tanto de trabajo, seguridad, emergencia y medidas de precaución, así como también conocer sobre los riesgos a los que se encontraran expuestos.
- Seguridad: el área del depósito de aceites usados debe contar con un sistema anti fuego adecuado por el tipo de residuo. Los operarios deben contar con equipo de protección personal, además se contara con botiquín de primeros auxilios, ducha de emergencia y con un sistema de lavado de ojos para emergencias.

3.5.2 Equipos

3.5.2.1 Centros de acopio

Los centros de acopio son aquellos lugares donde por mediante de depósitos se almacena por un periodo de tiempo determinado los aceites lubricantes usados, estos centros se los encontrara en concesionarios, lubricadoras, lavadoras, talleres mecánicos, industrias y estaciones de servicio.

3.5.2.1.1 Área cambio de aceite

El área del cambio de aceite debe tener los siguientes requerimientos:

- Pisos impermeables para evitar la contaminación directa con el suelo y a su vez a las fuentes de aguas subterráneas. Los pisos no deben tener defectos o grietas lo cual impide evitar la contaminación y hace difícil su limpieza.
- No tener conexión con el sistema de aguas.
- Debe poseer techo
- Contar con ventilación sea esta natural o forzada
- El área de cambio de aceite debe estar correctamente identificada

3.5.2.1.2 Herramientas utilizadas en el cambio de aceite

Al realizar un cambio de aceite se recomienda utilizar los siguientes instrumentos con el fin de evitar derrames:

- Utilizar una bandeja con un diámetro apropiado para recolectar el aceite usado cuando sale del motor.
- Utilizar un aspirador neumático para el cambio de aceite
- Utilizar un embudo el momento de insertar el aceite nuevo al motor evitando derrames en la zona de trabajo.

3.5.2.1.3 Recipientes

Los recipientes a utilizarse deben tener las siguientes características:

- Resistentes a materiales hidrocarburos

- Tener agarraderas
- Apto para el transvasado hacia el tanque de almacenamiento para evitar derrames

3.5.2.1.4 Lugar de Almacenamiento

El lugar de almacenamiento debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Debe estar correctamente identificado
- Libre acceso y espacio suficiente para la carga y descarga del aceite lubricante usado
- No tener conexión al sistema de aguas o alcantarillado
- Contar con ventilación sea natural o forzada
- Pisos impermeables para evitar la contaminación directa con el suelo y a su vez a las fuentes de aguas subterráneas. Los pisos no deben tener defectos o grietas lo cual impide evitar la contaminación y hace difícil su limpieza.

3.5.2.1.5 Extintores

Los extintores deben ser utilizados por todo establecimiento que maneje aceites lubricantes usados y deben tener las siguientes características:

- Tener una capacidad mínima de 20 libras de polvo químico seco o un extintor de CO₂
- Deben ser controlados y recargados por el Cuerpo de Bomberos y tener una

etiqueta legible de control y recargas.

- La distancia entre el extintor y el depósito o centro de acopio deber ser máxima de 10 metros

El Cuerpo de Bomberos es el único ente encargado de definir cuantos extintores deberá tener cada establecimiento así como su modificación o sustituyentes. La figura 3.7 muestra un extintor para incendios, polvo químico y CO₂.



Figura 3.7 Extintores

Fuente: Fire Safety Supplier

3.5.2.1.6 Almacenamiento temporal

Los recipientes para efecto del almacenamiento son los que encontraremos en cada establecimiento generador que maneje aceites lubricantes. Estos tanques deberán contar con las siguientes características:

- Ser resistente a los hidrocarburos;
- Capacidad mínima de 120 galones ;
- Dependiendo de la fabricación de estos tanques, en el caso que sean fabricados con acero deberán ser susceptibles a la corrosión;
- Permitir el fácil bombeo por la bomba del tanquero evitando derrames o goteos;
- Estar correctamente etiquetados de acuerdo a la norma INEN 2-266:2000. (véase anexo 14)
- Sistema de control el cual contenga fecha de inspección y limpieza;
- El tanque debe permitir absorber la totalidad del aceite lubricante usado;
- El tanque debe contar con sistema de filtración que permita evitar el ingreso de partículas mayores a 5 milímetros.

La figura 3.8 muestra un contenedor especial de 120 galones para aceites usados, el tanque debe contar con una tapa de seguridad, un filtro tipo cesta, un indicador de nivel, y un conector de 2 o 3 pulgadas para la succión del aceite. El tanque está compuesto de una mezcla de fibra de vidrio con polietileno resistente a los hidrocarburos y no es corrosivo como los tanques metálicos que se utilizan hoy en día. Cada establecimiento generador deberá contar con la cantidad necesaria de tanques de almacenamiento temporal según su capacidad generadora tomando en cuanto sus días de recolección.



Figura 3.8 Tanque de almacenamiento temporal

Fuente: Petanks

3.5.2.1.7 Material absorbente

Se utilizara material oleofílico en cada establecimiento que maneje este tipo de residuo peligroso. Este material será útil para derrames, fugas o goteo, evitando la contaminación al medio ambiente y el peligro a la salud. Además los establecimientos deberán poseer kits de emergencia en el caso de ocurra un derrame masivo.



Rollo absorbente



Paños absorbentes

Figura 3.9 Material absorbente

Fuente: 3M

3.5.2.1.8 Vaciado del filtro de aceite

Los establecimientos deberán contar un sistema de drenaje para los filtros usados cuando se realizan los cambios de aceite de un automotor. Este sistema de drenaje deberá contar con las siguientes características:

- Capacidad de 5 galones con una malla que soporte los filtros a ser drenados, además contar con un filtro que permita evitar el ingreso de partículas mayores a 5 milímetros
- Contar con agarraderas para evitar que haya goteos, derrames o fugas.
- Apto para el transvasado hacia el tanque de almacenamiento para evitar derrames, goteos o fugas

La figura 3.10 muestra el sistema de para el adecuado vaciado filtros usados con una malla de soporte que deberá ser utilizado con el fin de recolectar la mayoría del aceite usado.



Figura 3.10 Sistema de drenaje de filtros usados

Fuente: Devonlube

3.5.2.1.9 Equipo protección personal

Los operarios en los establecimientos que manejen los residuos peligrosos tales como el aceite lubricante usado deberán obligatoriamente utilizar protección personal con el fin de resguardar la salud del operario. Deberá contar con:

- Ropa especial de trabajo
- Mascarilla
- Lentes de seguridad
- Zapatos industriales, antideslizantes

- Guantes de cuero
- Protección auditiva
- Protección para cabeza

La figura 3.11 muestra los equipos de protección personal que deberá ser usado por cada operario del establecimiento generador.

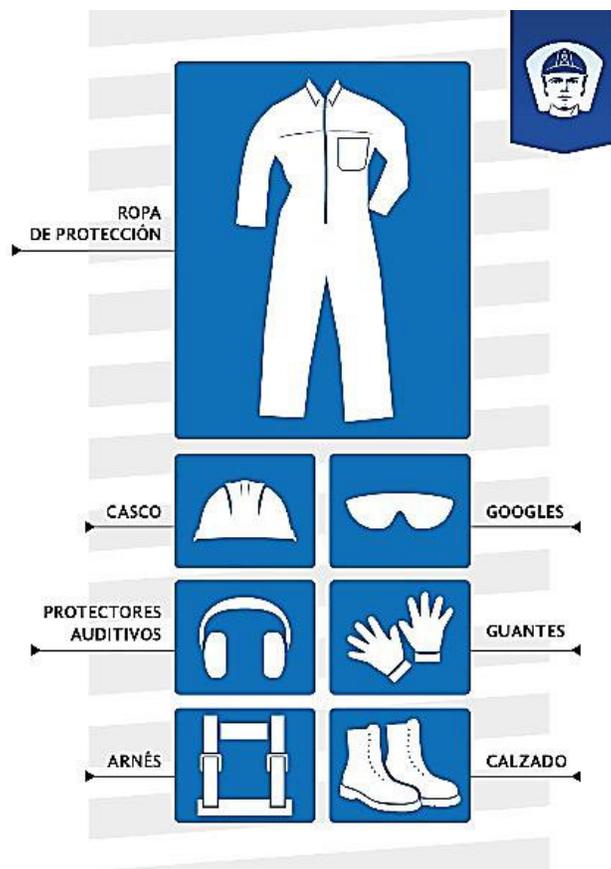


Fig. 3.11 Equipos de protección personal

Fuente: Empleos petroleros

3.5.2.2 Transporte

El transporte y la recolección del aceite lubricante usado debe estar autorizado por la autoridad competente, en este caso el Ilustre Municipio de Loja. Los operarios que realicen la actividad del transporte de estos residuos deberán obligatoriamente llevar el equipo de protección personal. El vehículo tanquero a utilizarse debe ser el apropiado para el transporte seguro del residuo para las actividades de recolección y transporte a la planta de re-refinamiento para su disposición final.

Para el transporte de aceites lubricantes usados se utilizara vehículos apropiados tomando en cuenta el tipo de residuo peligroso y su forma. En el caso del aceite lubricante usado es un líquido pesado contaminado derivado de los hidrocarburos por el cual ser un residuo liquido espeso se utilizara camiones tanqueros. Los tanques recolectores deben ser resistentes a la corrosión.

El tanque del camión debe ser construido en acero inoxidable maleable el cual nos permitirá que el residuo contaminante, aceite lubricante usado, no cambie sus propiedades químicas lo cual nos permitirá obtener un aceite base exactamente igual al que se obtiene del petróleo. La construcción del tanque debe ser adecuada, segura y resistente y cumplir con las normas INEN pertinentes.

El tanque deberá tener un solo compartimiento al interior del mismo ya que solo se transportara aceite lubricante usado más no otro tipo de residuo. El recolector deberá obligatoriamente mostrar los paneles de etiquetas de advertencia sobre los riesgos que conlleva transportar el residuo peligroso que transporta.

La figura 3.12 muestra el panel de advertencia para el camión recolector que debe tener obligatoriamente en sus costados para el residuo peligroso que transporta, aceite lubricante usado.

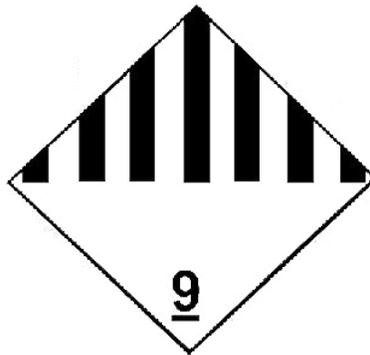


Figura 3.12 Etiquetas de advertencia para el camión cisterna.

Fuente: Norma INEN 2-266:2000 (véase anexo 14)

El camión recolector a utilizarse para el transporte de aceites lubricantes usados deberá tener los siguientes requerimientos o características:

- Aislamiento térmico;
- Esquinas redondas;
- Canal interno para su limpieza;
- Señalización de acuerdo a la norma INEN 2-266:2000. (véase anexo 14)

Al momento de cargar el aceite lubricante usado al tanque, el operario deberá tener en cuenta que no puede llenarse más allá de su capacidad, ya que todo este residuo peligroso al momento de ser transportado se mueve y se calienta, por esta razón causa

emisiones y se expande, a esto se le llama merma. De acuerdo a la normativa internacional de transporte europeo ADR (2011) considera que para aceite lubricante usado se deberá dejar un espacio libre del 5% a 50⁰C, y del 10% a 60⁰C de la capacidad total del tanque, lo cual se tomará en cuenta en la construcción del tanque.

Como regla general a nivel mundial, el volumen del líquido a cargarse en un tanque depende de:

- Límites legales de peso
- Expansión del líquido en movimiento
- El peso del líquido

3.5.2.2.1 Bomba para cargar y descargar

Al ser un líquido pesado se utilizará una motobomba la cual dependiendo a sus capacidades y dimensión podrá ser fácilmente colocada en el tanquero para la carga y descarga de dicho residuo. La motobomba deberá ser:

- Tipo mecánico
- Operación centrífuga o desplazamiento positivo

3.5.2.2.2 Mangueras para cargar y descargar

Las mangueras a utilizarse en la motobomba para la carga y descarga de los aceites lubricantes usados deberán cumplir con las siguientes características:

- Fabricadas con tubo de nitrilo o de neopreno, resistentes a los aceites,

combustibles, y otros hidrocarburos petrolíferos

- Refuerzo de alambre helicoidal, por el manejo de succión y retorno
- Evitar el goteo al moverse

3.5.2.2.3 Extintores

Los extintores deberán estar obligatoriamente en el camión cisterna y deberán tener las siguientes características: (véase figura 3.7)

- Deben ser de CO₂ o de polvo químico seco
- Capacidad mínima de 20 libras
- Cantidad y tipo, determinado por el Cuerpo de Bomberos
- Controles periódicos por parte del Cuerpo de Bomberos, con la etiqueta completamente visible
- Recargados una vez al año, con la etiqueta totalmente visible

3.5.2.2.4 Material absorbente

Cada unidad de transporte deberá contar con material oleofílico que será útil para derrames, fugas o goteo, evitando la contaminación al medio ambiente y el peligro a la salud. Además cada unidad deberá poseer kits de emergencia en el caso de ocurra un derrame masivo. (Véase figura 3.9)

3.5.2.2.5 Equipos de protección personal

Los operarios en la unidad de transporte deberán obligatoriamente utilizar protección personal con el fin de resguardar su salud. Deberá contar con: (Véase figura 3.11)

- Ropa especial de trabajo
- Mascarilla
- Lentes de seguridad
- Zapatos industriales, antideslizantes
- Guantes de cuero
- Protección auditiva
- Protección para cabeza

3.5.2.2.6 Recepción del aceite lubricante usado en la planta de re-refinado

Al finalizar la recolección el camión recolector se dirigirá a la planta de regeneración. El transportista deberá entregar la información de recolección donde consta la cantidad recolectada de los establecimientos, adjuntando observaciones de una mala gestión de los aceites por parte de los generadores si existiese y su hoja de ruta finalizada. El transportista deberá ubicar el camión en la zona de descarga hacia el tanque de almacenamiento principal de la planta. Al tener un aceite previamente filtrado de partículas grandes, el aceite se dirige al tanque de almacenamiento succionado mediante una motobomba. Antes de ingresar al tanque de almacenamiento principal el aceite

usado tendrá otra fase de filtrado de partículas más pequeñas dejándolo listo para su proceso de re-refinado. El camión cisterna tendrá aproximadamente 1 hora para la descarga del aceite lubricante usado en la planta de re-refinado en el horario de 17:00 pm hasta 18:00 pm, luego de realizar su recorrido (véase 3.7.8 “Rutas y volumen generado por los establecimientos”).

3.6 Metodologías

La metodología está dirigida a la creación del diseño del plan de recolección de aceites lubricantes usados para la ciudad de Loja. Se presenta 3 diferentes metodologías para realizar el diseño de recolección:

- Recolección acuerdo al volumen y a la capacidad del recolector
- Recolección en base a rutas de acceso y capacidad del recolector
- Recolección acuerdo al volumen, rutas y capacidad del recolector

3.6.1 Recolección acuerdo al volumen y a la capacidad del recolector

Para el diseño del plan de recolección se tomó en cuenta la base de datos generada en la Ciudad de Loja, con esta información se evaluó el volumen que el tanquero debe tener para una recolección óptima del residuo.

Se tomó en cuenta el volumen generado por los establecimientos el cual resultó en 10956 gal/mes, y la capacidad del tanquero se determinó que sea de 800 galones por su dimensión y maniobrabilidad en las vías. Sin embargo este diseño no considera las rutas más efectivas ya que no toma en cuenta el tráfico vehicular de la ciudad.

3.6.2 Recolección en base a rutas de acceso y capacidad del recolector

Este diseño de recolección se basa en las rutas de acceso, el cual toma en cuenta las horas de menor tráfico vehicular en la ciudad y las zonas donde se encuentra la mayoría de establecimientos.

Se tomó en cuenta las rutas de acceso a cada establecimiento generador, resultando que la capacidad del tanquero debe ser de 800 galones por su dimensión y maniobrabilidad. Sin embargo este diseño de recolección no toma en cuenta el volumen generado por cada establecimiento el cual ayuda a establecer la frecuencia de recolección.

3.6.3 Recolección acuerdo al volumen, rutas y capacidad del recolector

Este diseño de plan de recolección es el más recomendado y el que se debe utilizar ya que nos permite obtener la suficiente información de los establecimientos generadores de aceite lubricante usado. Este diseño toma en consideración todos los factores importantes para realizar una correcta recolección, como son la capacidad del recolector, el volumen generado y rutas de acceso. Este diseño consiste en:

- Preparación de mapas en el cual consta la ubicación de los generadores;
- Evaluar el volumen generado para la correcta frecuencia de recolección;
- Determinar que establecimientos generan mayor volumen del residuo;
- Capacidad del camión recolector;

- Distribución de las rutas;
- Recolección del aceite lubricante usado.

3.7 Plan de recolección

3.7.1 Tabulación información recopilada de los generadores

Para realizar el plan de recolección de aceites lubricantes usados en la ciudad de Loja, se utilizó la información obtenida de las encuestas realizadas de las cuales se obtuvo el nombre del establecimiento y su volumen generado. La Tabla 3.1 muestra los generadores en la ciudad de Loja, donde se puede observar el volumen generado mensual declarado al momento de la encuesta.

Tabla 3.1 Generadores y su volumen generado

NUMERACIÓN	NOMBRE	VOLUMEN GENERADO POR MES (Tanque 55 gal-mes.)	VOLUMEN GENERADO POR MES (gal/mes)
1	Lojacar	10	550
2	IO Motors	5	275
3	Cinascar	1	55
4	Compucars	5	275
5	Mirasol	6	330
6	Reina del Cisne	6	330
7	Total	0,18	10
8	Zona limpia	3	165
9	Ecológica	3	165
10	Q&R	2	110
11	Del sur	1	55
12	La Argelia	1	55
13	San Isidro	1	55
14	P&M	1	55
15	Centro de Lavado	1	55

16	Tire Center	3	165
17	Calva	2	110
18	Listo Car	2	155
19	Ojeda	2	110
20	El Bosque	1	55
21	Esmeralda	30,5	1667,5
22	Iñiguez	25	1375
23	Cabrera	0,545	30
24	M&A	0,454	25
25	Automotores Quito	0,272	15
26	Stalyn	0,272	15
27	Promotors	0,454	25
28	Don Ángel	0,363	20
29	El gato	0,181	10
30	DJ camiones y autos	2	110
31	Truck center	1	55
32	Truck center 2	0,363	20
33	Tracto repair	0,163	9
34	Pineda	0,309	17
35	Tracto servo	1	55
36	Check motors	0,545	30
37	Ramcar	1	55
38	Auto & Truck	2	110
39	Belcar	1	55
40	Mecatrónica	0,545	30
41	Pinto	0,545	30
42	Alincar	0,455	25
43	Espinosa	3	165
44	Lojan	1	55
45	SmokPros	1	55
46	Auto servicios	0,545	30
47	EGV automotriz	1	55
48	Talleres Salinas	1	55
49	Valdivieso	1	55
50	Jorge Suarez	1	55
51	Primax	2	110
52	Primax 2	0,363	20
53	La casa del Aceite	2,18	120
	TOTAL=	139,2	7656,0

Elaborado por: Pablo Torres

La Tabla 3.2 muestra las principales instituciones públicas y el volumen generado de aceites lubricantes usados declarado al momento de la encuesta.

Tabla 3.2 Instituciones públicas y su volumen generado

NUMERACIÓN	NOMBRE	VOLUMEN GENERADO POR MES (Tanque 55 gal.)	VOLUMEN GENERADO POR MES (gal/mes)
1	Gobierno Zonal	20	1100
2	Municipio de Loja	15	825
3	EERSA	15	825
4	H. C. Provincial de Loja	10	550
	TOTAL=	60	3300

Elaborado por: Pablo Torres

En la tabla 3.3 se observa el volumen total generado de aceite lubricante usado en la ciudad de Loja. Cabe destacar que el resultado obtenido de las encuestas puede variar de acuerdo a la temporada del año y si la información dada al momento de la encuesta es verídica.

Tabla 3.3 Volumen total generado en la ciudad de Loja

NUMERACIÓN	NOMBRE	VOLUMEN GENERADO POR MES (Tanque 55 gal.)	VOLUMEN GENERADO POR MES (gal/mes)
1	Generadores Particulares	137.1	7540.5
2	Instituciones Publicas	60	3300
	TOTAL	197.1	10,840.5

Elaborado por: Pablo Torres

3.7.2 Establecimientos generadores de mayor volumen

Luego de haber conseguido la información sobre los generadores de aceites lubricantes

usados, se constató cuáles son los establecimientos que más generan este residuo. Estos establecimientos están dentro de los sectores 2 y 7 antes mencionados, donde se ubican los concesionarios y las lubricadoras con mayores volúmenes de este residuo respectivamente.

Con la información obtenida se procedió a ubicar en el mapa de la ciudad de Loja estos establecimientos, para efectos de recolección se encuentran separados en sus rutas con el fin de evitar que el camión recolector abarque su capacidad de almacenamiento.

En la figura 3.13 podemos observar el mapa de ubicación de los sectores 2 y 7 los mismos que están representados en la figura por sus números.

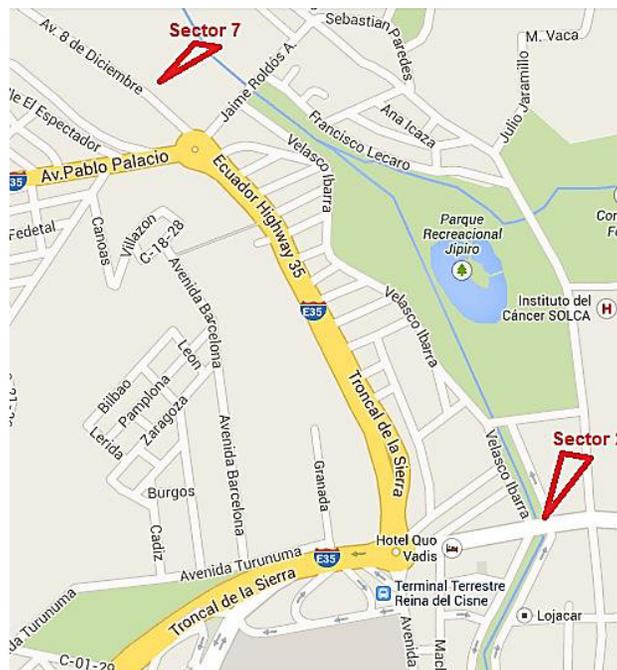


Figura 3.13 Sectores con mayor cantidad de residuo

Fuente: Google Maps

3.7.3 Evaluación del volumen generado

La información recolectada durante las entrevistas a los dueños o personas encargadas de los establecimientos generadores y las instituciones públicas, nos da a entender que la ciudad de Loja estaría generando 10956 galones por mes, lo que sería un total de 131472 galones anuales.

De acuerdo a la información obtenida se logró establecer el consumo promedio mensual por sectores:

- Concesionarios = 1,485 gal/mes
- Lubricadoras y lavadoras = 4,722.5 gal/mes
- Mecánicas y tecnicentros = 1,236 gal/mes
- Estaciones de servicio o gasolineras = 130 gal/mes

La tabla 3.4 muestra los establecimientos de mayor recaudación, la tabla 3.5 muestra los establecimientos que recaudan de 1 a 2 galones mensuales, y la tabla 3.6 muestra los establecimientos con capacidad de recaudo de 0 a 1 galones por mes.

Tabla 3.4 Establecimientos de mayor recaudación

NUMERACIÓN	NOMBRE	VOLUMEN GENERADO POR MES (Tanque 55 gal.)	VOLUMEN GENERADO POR MES (gal/mes)
1	Lojacar	10,0	550,0
2	IO Motors	5,0	275,0
3	Compucars	5,0	275,0
4	Mirasol	6,0	330,0

5	Reina del Cisne	6,0	330,0
6	Zona limpia	3,0	165,0
7	Ecológica	3,0	165,0
8	Tire Center	3,0	165,0
9	Esmeralda	30,5	1667,5
10	Iñiguez	25,0	1375,0
11	Espinosa	3,0	165,0
12	Gobierno Zonal	20,0	1100,0
13	Municipio de Loja	15,0	825,0
14	EERSA	15,0	825,0
15	Honorable Consejo Provincial de Loja	10,0	550,0
	TOTAL	159,5	8762,5

Elaborado por: Pablo Torres

Tabla 3.5 Establecimientos con recaudación de 1 a 2 galones mensuales

NOMBRE	VOLUMEN GENERADO POR MES (Tanque 55 gal.)	VOLUMEN GENERADO POR MES (gal/mes)
Cinascar	1	55
Q&R	2	110
Del sur	1	55
La Argelia	1	55
San Isidro	1	55
P&M	1	55
Centro de Lavado	1	55
Calva	2	110
Listo Car	2	110
Ojeda	2	110
El Bosque	1	55
DJ camiones y autos	1	55
Truck center	1	55
Tracto servo	1	55
Ramcar	1	55
Auto & Truck	2	110
Belcar	1	55
Lojan	1	55
SmokPros	1	55
EGV automotriz	1	55

Talleres Salinas	1	55
Valdivieso	1	55
Jorge Suarez	1	55
Primax	2	110
La casa del Aceite	2,18	120
TOTAL	32,18	1769.9

Elaborado por: Pablo Torres

Tabla 3.6 Establecimientos con recaudación de 0 a 1 galones mensuales

NUMERACION	NOMBRE	VOLUMEN GENERADO POR MES (Tanque 55 gal.)	VOLUMEN GENERADO POR MES (gal/mes)
1	Total	0,18	10
2	Cabrera	0,55	30
3	M&A	0,45	25
4	Automotores Quito	0,27	15
5	Stalyn	0,27	15
6	Promotors	0,45	25
7	Don Angel	0,36	20
8	El gato	0,18	10
9	Truck center 2	0,36	20
10	Tracto repair	0,16	9
11	Pineda	0,31	17
12	Check motors	0,55	30
13	Mecatronica	0,55	30
14	Pinto	0,55	30
15	Alincar	0,46	25
16	Auto servicios	0,55	30
17	Primax 2	0,36	20
	TOTAL	6,55	360.25

Elaborado por: Pablo Torres

Se realizó un análisis sobre el volumen generado de aceites lubricantes usados por el parque automotor de la ciudad de Loja, es decir saber cuanto consumo de aceite debería haber en la ciudad de Loja en comparación con los datos obtenidos de las

encuestas. En el país el índice de consumo mensual promedio para un vehículo es de 0.5 galones por mes. (J. Pineda, comunicación personal, Octubre 18, 2013)

Entonces la formula seria:

Vol. Generado = vehículos matriculados x índice de consumo mensual

Acorde al diario La Hora (2012) “32739 vehículos, entre motocicletas y automotores de toda clase, fueron matriculados durante todo el 2011 en la ciudad y provincia de Loja” (s/n), siendo así la misma cantidad en cuanto a la generación de este residuo, es decir:

$$32739 \times 0.5 = 16369.5 \text{ gal/mes}$$

Acorde a los datos obtenidos en las encuestas a los establecimientos generadores, el volumen del aceite recolectado seria de 10956 galones mensuales, 131472 galones anuales.

La determinación del porcentaje de aceite usado generado en la ciudad se lo realizó con el siguiente cálculo:

$$\% \text{ Aceite Usado Recuperado} = \frac{VG}{VAR} \times 100$$

Donde:

VG: Volumen generado

VAR: Volumen aceite recolectado

Entonces:

$$\% \text{ Aceite usado recuperado} = \frac{10956}{16369.5} \times 100 = 66.9\%$$

Se determinó que existe un porcentaje del 66.9% se estaría recolectando para algún tipo de disposición final. Mientras tanto que el 33.1% restante es pérdida de aceite usado, o su re-utilización en otros usos, vertido en el ambiente sea este por manejo inadecuado, mercado ilegal y la disposición final inadecuada para este residuo. Cabe mencionar que no todos los vehículos necesariamente realizan cambios de aceite en la ciudad, y los datos obtenidos al momento de las encuestas pueden variar según la temporada; a esto se le de sumar que la información dada no puede ser verídica.

3.7.4 Volumen del tanque recolector, rutas, volumen generado y recolección

El tanquero más conveniente para la ciudad de Loja, tomando en cuenta el volumen generado, las calles y avenidas, los accesos a los establecimientos y debido a su forma y dimensión se recomienda el uso de un tanquero con una capacidad máxima de 800 galones. Este camión recolector facilitará la movilización y la maniobrabilidad por las calles de la ciudad ya que es un camión pequeño de 4 ruedas. El municipio de Loja permite la circulación libre de camiones de 4 ruedas con una capacidad máxima de carga hasta 4000 Kg. En la figura 3.14 podemos observar las dimensiones de un tanque para recolección de 800 galones.

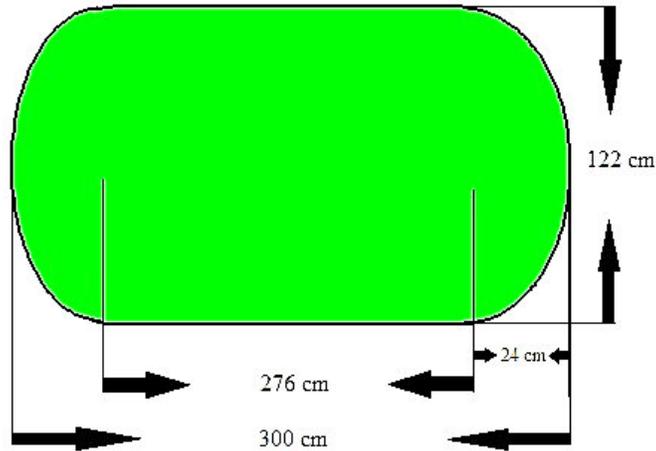


Figura 3.14 Dimensiones tanque 800 galones

Elaborado por: Pablo Torres

3.7.5 Recolector o tanquero

La selección del camión para montar el tanque de recolección se ha seleccionado en base a sus capacidades de carga, cumpliendo con las normas establecidas por el municipio de Loja.

Luego de un análisis, se confirmó que el camión Hino city 300 es el ideal para el transporte de aceites lubricantes usados ya que cuenta con mejores características que la competencia. (Véase anexo 15)

El camión Hino city 300 cuenta con un motor common riel de 4,009 CC de 110 HP a 2500 rpm con tecnología EURO 3. Tiene una capacidad de carga de 3600kg con una distancia útil de plataforma de 3510mm. Cuenta con un tanque de combustible de 100Lt – 26.5 gal., lo que lo hace el camión ideal ya que logra soportar la carga del tanque con el aceite usado.

Un factor muy importante que se tomó en cuenta al escoger el camión es el stock de repuestos en caso de que se necesitara, Hino cuenta con un stock amplio de repuestos especialmente en su camión pequeño de grandes prestaciones como es el Hino city 300.

3.7.6 Motobomba

Se utilizara una motobomba de alta presión para la succión y el traslado hacia el tanque. De la misma manera se utilizara una motobomba para la descarga del tanque hacia el tanque de almacenamiento principal de la planta de regeneración. Se utilizara una motobomba marca Honda WH20X de alta presión, con una cilindrada de 163 CC, de 4.8 HP. Está construida en hierro fundido y nos permite tener un caudal de descarga de 500 Lts/min, 132 gal/min. Las dimensiones de la motobomba son de 400mm de ancho, 520mm de largo y 540mm de alto, con un peso neto de 27 Kg. La capacidad de combustible es de 3.1Lts. (Véase anexo 16)

Esta motobomba por sus características es más que suficiente para el trabajo que va a desempeñar tanto en el camión recolector como en la planta de regeneración.

3.7.7 Camión recolector o tanquero

Luego de analizar la cantidad de volumen generado de aceites usados y tomando en cuenta las calles y avenidas de la ciudad de Loja se llegó a la conclusión de conformar un tanquero para aceites reciclados usados con una capacidad máxima de 800 galones.

La dimensión útil de la plataforma del camión Hino tiene la longitud apropiada para anclar la estructura de acero inoxidable de tanque para reciclaje. La plataforma cuenta con una distancia útil de 3.51 metros y la longitud total del tanque es de 3 metros

quedando una distancia útil de 51 cm. Esta distancia útil disponible servirá para colocar la motobomba ya que su longitud total es de 52cm. Cabe recalcar que los puntos de sujeción de la motobomba están a 3 cm al interior de los extremos su estructura, por lo que no existe ningún problema para instalarla en el camión. La capacidad de carga del camión es de 3600 kg, a esta capacidad se le debe reducir el peso del tanque que es de 455 Kg, resultando que tenemos una carga útil de 3145 Kg.

El tanque transportara 800 galones de aceite usado por lo cual debemos conocer su peso en Kg. De acuerdo a American Texas Oil (2013) en sus cuadros informativos menciona que 1Lt. de aceite tiene un “peso específico de entre 800 y 900 gramos a 4 °C” (p. 2), entonces:

- a) Si 1 galón tiene 3.785Lt, debemos calcular cuántos litros hay en 800 galones, entonces:

$$800 \text{ Galones} \times 3.785 \text{ Lt} = 3028 \text{ Lt}$$

- b) El peso específico del aceite es de 900 gramos; mientras tanto que 1 gramo es igual a 0.001 Kg, entonces:

$$1 \text{ Lt} = 900 \text{ gramos}$$

$$1 \text{ gr} = 0.001 \text{ Kg}$$

$$900 \text{ gr} = 0.9 \text{ Kg}$$

$$3028 \text{ Lts} \times 0.9 \text{ Kg} = 2725.2 \text{ Kg}$$

Al tener una carga útil restante de 3145 Kg podemos confirmar que se puede

transportar el aceite lubricante usado ya que el peso total del aceite es de 2725.2 Kg. Como resultado obtendríamos una carga disponible restante de 419.8 Kg.

La motobomba tiene un peso de 27 Kg, que al sustraer de la carga disponible nos quedaría un total de 392.8 Kg de carga útil disponible. Al tener una carga útil restante nos aseguraríamos de que el camión nunca este sobrecargado y por ende se eliminan las consecuencias que una sobrecarga pueda traer consigo como daño de suspensión, daño de hojas de suspensión, daño de las ruedas, bujes, etc., lo cual permitirá ahorrar dinero en el mantenimiento y repuestos del camión.

3.7.8 Rutas y volumen generado por los establecimientos

Para la gestión de recolección de los aceites usados se utilizara las dos rutas mencionadas en el literal 3.5.1.3. “Acceso vial”, para determinar la cantidad a ser recolectado en cada ruta y establecer la frecuencia de recolección se realizó un análisis de los establecimientos ubicados en las rutas.

En la ruta 1 hay un total de 2,600 galones de aceite usado por mes sobrepasando la capacidad del tanquero, razón por la cual se realizara la recolección cada 10 días en el mes. Si el recolector se llenara durante su recorrido, este deberá regresar al siguiente día y recolectar el aceite usado desde donde fue su última recolección y continuar su recorrido hasta finalizarlo. En la tabla 3.7 se muestra los establecimientos a ser recogidos en la ruta 1.

Tabla 3.7 Establecimientos ruta 1

RUTA 1		
NUMERACIÓN	NOMBRE	VOLUMEN GENERADO (GAL/MES)
1	Lojacar	550
2	IO Motors	275
3	Cinascar	55
4	Compucars	275
5	Mirasol	330
6	Ecológica	165
7	Q&R	110
8	Del sur	55
9	La casa del Aceite	120
10	Primax	110
11	Tracto servo	55
12	Check motors	30
13	Ramcar	55
14	Auto & Truck	110
15	SmokPros	55
16	Auto servicios	30
17	EGV automotriz	55
18	Talleres Salinas	55
19	Valdivieso	55
20	Jorge Suarez	55
	TOTAL	2600

Elaborado por: Pablo Torres

En la ruta 2 hay un total generado de 5093.2 galones por mes sobrepasando la capacidad del tanquero, razón por la cual realizara la recolección cada 6 días. Si el camión cisterna se llenara durante su recorrido, este deberá regresar al siguiente día y recolectar desde donde fue su última recolección y continuar su recorrido hasta finalizarlo. En la tabla 3.8 se muestra los establecimientos a ser recogidos en la ruta 2.

Tabla 3.8 Establecimientos ruta 2

RUTA 2		
NUMERACION	NOMBRE	VOLUMEN GENERADO (GAL/MES)
1	Reina del Cisne	330
2	Total	10
3	Zona limpia	165
4	La Argelia	55
5	San Isidro	55
6	P&M	55
7	Centro de Lavado	55
8	Tire Center	165
9	Calva	110
10	Listo Car	155
11	Ojeda	110
12	El Bosque	55
13	Esmeralda	1667,5
14	Iñiguez	1375
15	Cabrera	30
16	M&A	25
17	Automotores Quito	15
18	Stalyn	15
19	Promotors	25
20	Don Ángel	20
21	El gato	10
22	DJ camiones y autos	110
23	Truck center	55
24	Truck center 2	20
25	Tracto repair	9
26	Pineda	17
27	Belcar	55
28	Mecatrónica	30
29	Pinto	30
30	Alincar	25
31	Espinosa	165
32	Loján	55
33	Primax 2	20
	TOTAL	5093,5

Elaborado por: Pablo Torres

Las instituciones públicas generan 3300 galones al mes por lo que se recogerá cada

fin de semana. La recolección deberá ser los días sábados de 08:00 am a 12:00 pm ya que son solo 4 instituciones.

La recolección empezará a las 09:00 am, hasta las 17:00 pm de lunes a viernes y de 08:00 a 12:00 los días sábados. Cabe recalcar que se tomó en cuenta el horario en base al tráfico vehicular de la ciudad que es mínimo entre esas horas con el fin de no provocar tráfico por el camión recolector. La frecuencia de recolección se realizó mediante una división de la cantidad generada para la capacidad del tanque recolector, dando como resultado cada cuantos días se debe recolectar en las diferentes rutas.

Tabla 3.9 Días de recolección tanquero

Recorrido			
Recolector	Ruta 1	Ruta 2	Instituciones Públicas
Camión Cisterna o Tanquero	Cada 10 días	Cada 6 días	Cada Sábado

Elaborado por: Pablo Torres

Capítulo 4

4.1 Regeneración o re-refinado

El aceite lubricante usado que se va a recuperar mediante un proceso establecido se debe emplear para condiciones de servicio exactamente iguales a las que estaba sometido inicialmente, para su recuperación total se debe conocer su composición química ya que el método de recuperación depende de esa composición para obtener resultados óptimos. El factor decisivo en la recuperación del aceite lubricante usado depende de la disponibilidad de la infraestructura adecuado.

Los principios ambientales sobre los procesos actuales de re-refinamiento para los aceites lubricantes usados nos permite tener un mayor ahorro en materias primas, causan menores emisiones y olores, así como también la eliminación de residuos aceitosos. Existen varias alternativas para los aceites lubricantes usados, las cuales se mencionan a continuación:

4.2 Re-utilización

El aceite lubricante usado dependiendo de sus condiciones o mediante un tratamiento previo puede utilizarse para remoción de contaminantes insolubles y productos de oxidación. Al realizar un proceso de calentamiento, filtración, deshidratación y centrifugación el aceite usado recuperado puede utilizarse para maquinaria de corte así como también en sistemas hidráulicos.

El aceite lubricante usado puede utilizarse como materia prima para la fabricación de membranas impermeables ya que contiene propiedades químicas llamadas hidrófobas.

Se las puede usar en la construcción y en la fabricación de pinturas asfálticas.

El aceite lubricante usado se puede utilizar en la producción de grasa para la fabricación de jabones. Para la fabricación de jabón se mezcla el aceite usado con calcio en recipientes de agitación caliente; mientras esta mezcla se encuentra caliente y suave se añade el jabón determinado, 80% aceite usado – 20% jabón.

En la figura 4.1 se muestra el proceso de filtración y centrifugación comúnmente utilizado.

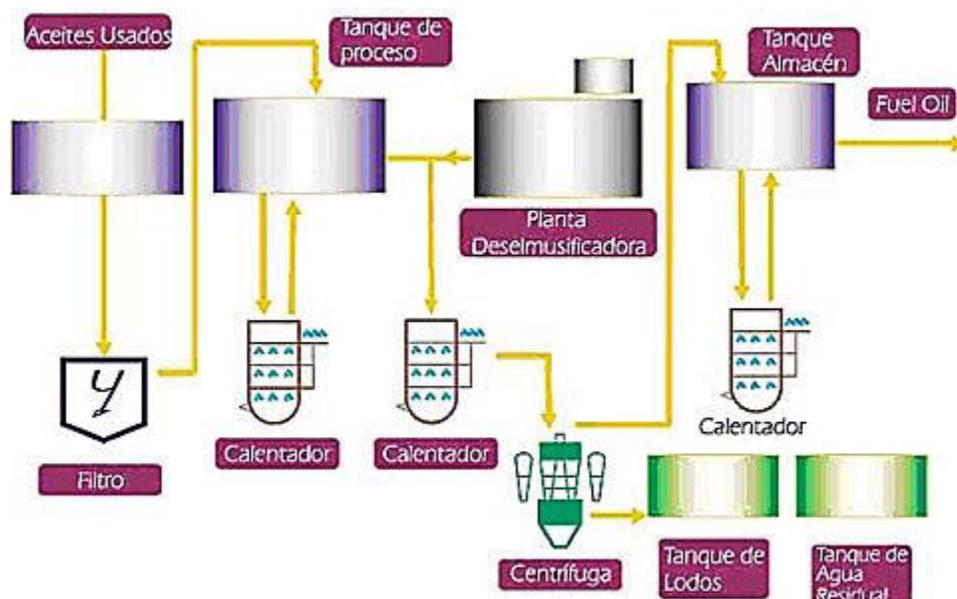


Figura 4.1 Planta de regeneración

Fuente: Estructplan - Argentina

El proceso de centrifugación consiste en tanques de almacenamiento para el aceite usado recolectado, filtros, bombas de centrifugación, tanques para el almacenamiento del aceite centrifugado, al finalizar este proceso se obtendrá un aceite libre de metales

pesados.

Ventajas:

- Costo accesible para la industria
- Libre de impurezas – metales pesados y agua
- Re-utilizado como aceite lubricante

Desventajas:

- Lodos con altos porcentajes de metales pesados
- Aceite lubricante de baja calidad
- El aceite lubricante no está totalmente limpio

4.3 Re-refinamiento

El re-refinamiento de los aceites lubricantes usados consiste en obtener un aceite base nuevo comercializable. El aceite lubricante usado contiene una mezcla de hidrocarburos el que se los puede clasificar en:

- Aceites pesados
- Aceites livianos
- Aditivos

En el aceite usado se encuentra el aceite lubricante base el cual es recuperado

mediante tratamiento que permitirá su reutilización y reformulación. Por lo general todo aceite lubricante usado es recuperable ya que el aceite base solo se ensucia por los aditivos que este contiene.

El proceso de re-refinamiento por lo general tiene tres etapas:

- a) Pre - tratamiento: eliminación de partículas gruesas, agua, lodos, hidrocarburos ligeros;
- b) Re-refinamiento: eliminación de metales pesados, aditivos, fangos asfálticos, obteniendo un aceite base libre de contaminantes pero no comercializable por su fuerte coloración;
- c) Acabado: aclaración del aceite base dejándolo apto para su comercialización y listo para añadir los aditivos necesarios dependiendo del aceite que se quiere obtener, por ejemplo un 20w50.

En la actualidad existen distintas tecnologías probadas en el recuperación del aceite base comercializable, muchas de ellas son costosas ya que su proceso requiere grandes cantidades del residuo, aceite lubricante usado, para que sea económicamente viable y logre justificar la implementación de una planta de re-refinamiento.

El aceite lubricante usado deja de ser un residuo peligroso al convertirse en una materia prima, y podría suplir la necesidad del mercado al utilizarlo como aceite lubricante base.

El re-refinamiento o regeneración del aceite lubricante usado permite ser un actividad

rentable debido a que los precios internacionales del petróleo son muy altos y van en aumento debido a su demanda y la escases del mismo en un futuro cercano. Al aumentar el costo del petróleo afecta directamente a las industrias y sus interés económicos ya que las mismas utilizan sus derivados como es el aceite base mineral y el fuel – oil, permitiendo que la regeneración de aceites lubricantes usados sea económicamente factible promoviendo el desarrollo de una nueva industria para el país y el aumento en estudios de tecnologías que permitan realizar el uso más eficaz de esta fuente energética.

La nueva industria de regeneración de aceites lubricantes usados deberá estar acompañado de regulaciones ambientales establecidos por el Ministerio del Ambiente, deberá contar con un buen marco legal lo cual permitirá un desarrollo vial para este tipo de industria a cual también creara fuentes de trabajo.

En la actualidad existen diferentes tecnologías para el re-refinamiento de aceites lubricantes usados, entre ellas están las siguientes:

4.3.1 Acido – Arcilla – Destilación al vacío

La organización CEMPRE (2013) en su reciclaje de aceites lubricantes usados menciona:

- En una primera instancia el aceite usado es calentado hasta temperaturas de 170°C, para permitir la evaporación del agua y eliminación de otras materias volátiles como nafta y solventes orgánicos que puedan haberse mezclado con el aceite usado.
- Luego de que enfría hasta aproximadamente 30 o 40° C es mezclado con ácido sulfúrico concentrado (10% de la cantidad de aceite usado) para eliminar gran parte de las

impurezas. De esta mezcla se forman compuestos con azufre insoluble (asfalto de fango). El lodo ácido se extrae para ser almacenado en depósitos.

- A continuación el producto se someta a neutralización: se agrega óxido de calcio o cenizas de soda y se calienta bajo agitación, nuevamente a 170° C. El proceso demora 2 a 4 horas. La cal reacciona con el ácido neutralizando el aceite a un pH 7 y formando yeso.
- Para finalizar el contenido se pasa a través de una prensa de filtración que separa el sólido (yeso) del aceite. La filtración se puede realizar con arcilla para mejorar el color y olor mediante tierra de blanqueo (por ejemplo tierra Fuller).
- Como etapa final se realiza una destilación al vacío.
- La mayor desventaja de este proceso es la generación de residuos (lodo ácido y yeso endurecido del filtro remojado con aceite). (s/n)

4.3.2 Destilación en vacío e hidrotratamiento

Al realizar este proceso el aceite lubricante usado es deshidratado eliminando una gran parte de los hidrocarburos livianos. De acuerdo a SENER (2011) menciona que es un “proceso intermedio para extraer, del residuo atmosférico, el gasóleo usado como carga a las plantas de desintegración catalítica FCC, así como las fracciones para elaboración de aceites lubricantes”. (s/n) De igual manera menciona que el hidrotratamiento es un “proceso cuyo objetivo es estabilizar catalíticamente los petrolíferos, además de eliminar los componentes contaminantes que contienen, haciéndolos reaccionar con hidrógeno a temperaturas comprendidas entre 315 y 430 °C a presiones que varían de 7 a 210 kg/cm², en presencia de catalizadores diversos”. (s/n)

El producto restante en el fondo de la torre de destilación son productos que contiene metales, material asfáltico y productos de polimerización los cuales son considerados

residuos peligrosos y los mismos se deben eliminar mediante un incinerador para este tipo de residuo o en un horno de cemento. Este es un proceso que requiere de grandes cantidades de residuo, aceite lubricante usado, para que resulte factible ya que su costo de implementar la planta es muy alto.

4.3.3 Meinken

La secretaria de medio ambiente SEMARNAT de México bajo la consultoría ambiental PUNTLI (2012) menciona que “es una modificación del proceso ácido – arcilla convencional. En este proceso, se incluyen nuevas unidades con el objeto de disminuir el consumo de ácido sulfúrico y por consiguiente la producción de desechos. El rendimiento del proceso en relación con la carga es 79.5% en peso y un 6% de gas oil, y el volumen de residuos se limita a un 5%”. (p. 31)

4.3.4 Propano – ácido – arcilla

“Este proceso tiene como fin producir bases de alta calidad, sin dejar desechos como el proceso ácido – arcilla. La carga de aceite usado, alimenta a la unidad de pretratamiento, para eliminar agua e hidrocarburos livianos, esta carga pretratada, se bombea a la unidad de selecto propano, en la cual se preparaba los destilados con propiedades lubricantes y un residuo de hidrocarburos pesados, que pueden usarse como combustible”. (PUNTLI, 2012, p. 31)

Las bases obtenidas de este proceso son de alta calidad tales como son el “spindle oil, neutral y bright – stock”. La desventaja de este proceso es que su costo de implementación es demasiado alto y la tecnología es inexistente en el país.

4.3.5 Propano – hidroterminado

PUNTLI (2012) en su trabajo realizado para la secretaria del medio ambiente de Mexico menciona que en primera instancia el aceite lubricante usado es deshidratado donde elimina hidrocarburos livianos para ser enviado a la torre de destilación en la cual se extraen por la parte superior los hidrocarburos livianos restantes y por la parte inferior los contaminantes pesados. Este proceso además de producir bases de alta calidad, se logra obtener residuo asfáltico. El hidrotermiando estabiliza el color y olor en los aceites bases obtenidos. (p. 31)

4.3.6 Berk

“El aceite usado se pone en contacto con una solución de fosfato diamónico, los metales (excepto el zinc ditiofosfato) reaccionan con el fosfato para producir fosfatos insolubles en agua y en aceite” (PUNTLI, 2012, p. 32)

El aceite es convertido en emulsión por el proceso anterior para luego ser calentado y mezclado con níquel-molibdeno para remover azufre, nitrógeno y cloro. Para mejorar el color y el olor el aceite pasa una filtración por arcilla. Es un proceso que no produce tanto contaminante como los procesos anteriores ya que no utiliza ácidos o solventes para obtener aceite lubricante base. Sin embargo deja el residuo de arcilla aceitosa la cual es difícil de eliminar ya que no existe la tecnología en el país para poder desecharla apropiadamente. (p.32)

4.3.9 Extracción por solvente

Semarnat y la consultoría ambiental PUNTLI (2012) menciona que a diferencia del proceso mencionado anteriormente, ácido – arcilla, este proceso genera un lodo orgánico útil en lugar de un lodo tóxico. El proceso mezcla al aceite lubricante usado con solvente con una relación de 1:5, 1 parte de solvente y 5 partes de aceite usado, asegurando una mezcla adecuada para retener los aditivos e impurezas orgánicas. Al realizar esta mezcla y dejarlo en reposo las impurezas se sedimentan por acción de la gravedad. El solvente es recuperado mediante destilación para ser reciclado. (p.32 – 33)

La extracción por solvente puede remover entre el 10 y 14% de contaminantes del aceite lubricante usado, dando así lugar a la cantidad exacta de aditivos e impurezas que se encuentren en un aceite usado. Este proceso de regeneración tiene la capacidad de recuperar al máximo el aceite lubricante base de los lodos del aceite lubricante usado. (p. 33)

El aceite lubricante usado pasa por un proceso de homogenización en un tanque con fondo de forma cónica durante 3 días para lograr la sedimentación de las partículas grandes. Se extrae el aceite luego de su reposo y se realiza la mezcla con el solvente MEK de acuerdo a la relación mencionada; esta mezcla se agita a 275 rpm durante 15 minutos logrando una fusión apropiada, la fusión se deja en reposo por 24 horas.

Los lodos se lavan usando el solvente 2-propanol y n-hexano para lograr remover hasta un 95% de aceite presente en ellos. Luego el lodo se somete a un horno de 100 °C por el lapso de 5 minutos para la evaporación de los solventes utilizados los cuales pueden ser recuperados. (p. 33)

4.3.10 Destilación flash

Los procesos anteriores han demostrado su capacidad regenerativa para obtener aceites lubricantes utilizando como materia prima los aceites lubricantes usados. Sin embargo los procesos mencionados anteriormente resultan ser costosos o provocan otros residuos para los cuales no contamos con la tecnología para eliminarlos o proporcionar una destinación final adecuada. Es por ello que se el proceso de destilación flash será el proceso a utilizar para la disposición final de los aceites lubricantes usados en la ciudad de Loja. Este proceso se lo puede realizar ya que en el país existe la tecnología y la disponibilidad de los materiales para construirla. Los residuos que deja este proceso son minoría en relación a los procesos mencionados anteriormente, además el residuo se lo puede quemar en un horno Clinker con los filtros apropiados evitando emanar toxinas que provoquen perjuicio al medio ambiente y a la salud.

El proceso de destilación flash consiste de las siguientes fases o etapas:

- Destilación
- Tratamiento Químico
- Clarificación
- Filtración

Este tipo de re-refinamiento de aceites lubricantes usados se lo realiza a una temperatura de 180 °C en la primera etapa en donde se separa el agua e hidrocarburos livianos como combustibles del aceite y rápidamente se lo enfría a 40 °C para luego pasar

a la siguiente etapa del tratamiento químico.

En el tratamiento químico se añade ácido sulfúrico y se mezcla con el aceite en una relación 1:4 por alrededor de 60 minutos y se deja reposar para pasar al proceso de clarificación. En la clarificación se eleva la temperatura a 80 °C para mezclar el aceite con hidróxido de sodio durante 30 minutos en el tanque clarificador. Transcurrido los 30 minutos se añade arcilla activada y se mezcla durante 30 minutos hasta alcanzar una temperatura de 120 °C. Una vez alcanzada dicha temperatura se añade cal y se mezcla por otros 30 minutos y se deja reposar.

En la última fase o etapa de filtración la temperatura del aceite debe encontrarse entre 40 y 60 °C de temperatura y el aceite pasa por las placas filtrantes que contienen arcilla para mejorar su color y olor.

A continuación en la figura 4.2 se explica de manera detallada este proceso:

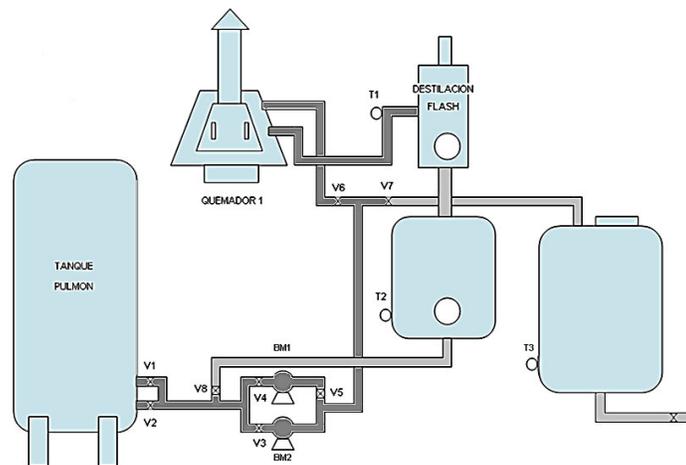


Fig. 4.2 Proceso destilación flash

Elaborado por: Pablo Torres

- El proceso inicia con el cierre de todas las Válvulas.
- Llenamos el TANQUE PULMÓN.
- Abrimos las Válvulas V1, V2, V4, V5, V6.
- Encendemos el Motor y Bomba BM1.
- Cargamos aceite hasta llenar el TANQUE ACUMULADOR.
- Cerramos las Válvulas V1 y V2.
- Abrimos la Válvula V8, para formar un circuito cerrado.
- Encendemos el Quemador Q1.
- Controlamos la temperatura en los Termómetros T1 y T2.
- Alcanzamos la temperatura de 180°C en el Termómetro T2.
- Apagamos el Quemador Q1.
- Dejamos circular el aceite de 30 a 60 minutos.
- Cerramos la Válvula V6 y abrimos la Válvula V7.
- Pasamos todo el aceite al TANQUE DE ALMACENAMIENTO.
- Apagamos el Motor y Bomba BM1.
- Cerramos Válvulas.

Luego de realizar la primera parte del proceso, la destilación, el aceite es dirigido hacia el tanque de almacenamiento, desde donde empezará el tratamiento químico, como se puede observar en la figura 4.3.

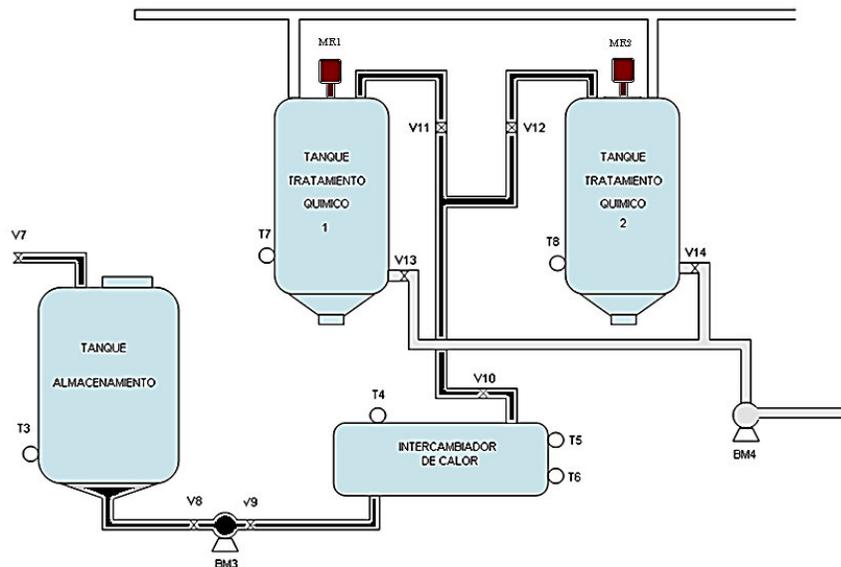


Fig. 4.3 Tratamiento químico

Elaborado por: Pablo Torres

- Abrimos las Válvulas V8, V9, V11 ó V12, dependiendo en que tanque se va a trabajar.
- Encendemos el Motor y la Bomba BM3.
- Encendemos la bomba de agua.
- Pasamos el Aceite Destilado al tanque de almacenamiento.
- Encendemos Moto Reductor MR1 ó MR2, dependiendo en que tanque se está

trabajando.

- Colocamos en el Tanque de Tratamiento Químico, Ácido Sulfúrico H_2SO_4 .
- Mezclamos por al menos 60 min.
- Apagamos el Motor Reductor.
- Dejamos Precipitar.

Luego viene el proceso de clarificación como se muestra en la figura 4.4.

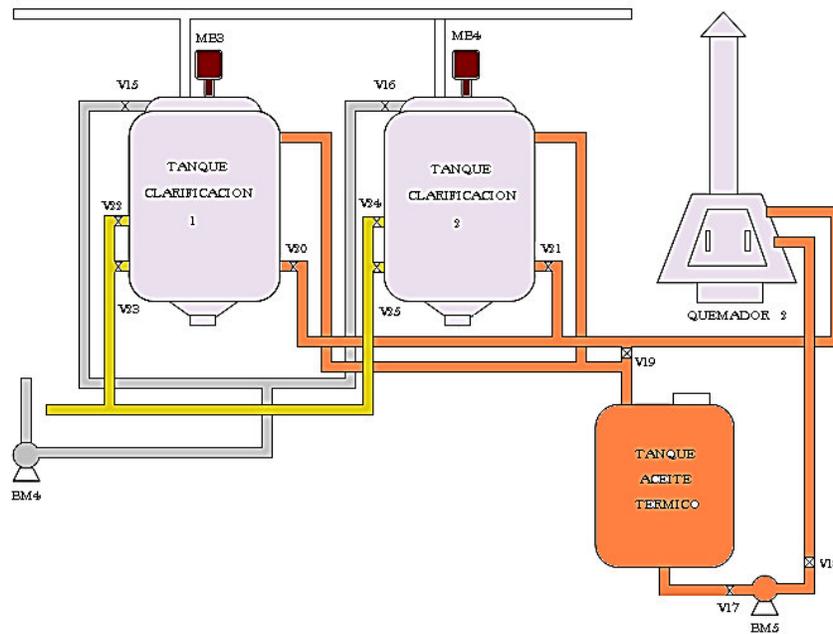


Fig. 4.4 Tratamiento clarificación

Elaborado por: Pablo Torres

- Abrimos la Válvula V13 ó V14, dependiendo en que tanque que se está trabajando.

- Abrimos la Válvula V15 ó V16, dependiendo en que tanque se va a trabajar.
- Encendemos la Bomba y el Motor BM4.
- Pasamos el aceite del Tanque de Tratamiento Químico hacia el Tanque de Clarificación
- Encendemos el Motor Reductor MR3 ó MR4, dependiendo en que tanque que se está trabajando.
- Abrimos las Válvulas V17, V18, V20 ó V21.
- Encendemos Motor y Bomba BM5.
- Encendemos el Quemador Q2.
- Calentamos el Aceite Térmico.
- Encendemos la Bomba de Vacío.
- Encendemos la Bomba de Agua.
- Controlamos la temperatura en los Termómetros T9, T10 ó T11, T12, dependiendo en que tanque se está trabajando.
- Alcanzamos la temperatura de 80°C en los Termómetros T9 ó T11, dependiendo en que tanque se está trabajando.
- Colocamos en el Tanque Clarificador 1 ó 2, Hidróxido de Sodio $NaOH$

- Mezclamos por al menos 30 min.
- Colocamos en el Tanque Clarificador 1 ó 2, Arcilla Activada (Tonsil).
- Mezclamos hasta alcanzar 120°C.
- Colocamos en el Tanque Clarificador 1 ó 2, Cal.
- Mezclamos por al menos 30 min.
- Apagamos el Quemador Q2.
- Apagamos el Motor y la Bomba BM5.
- Cerramos las Válvulas V17, V18, V20 y V21.
- Apagamos el Motor Reductor MR3 ó MR4.
- Apagamos la Bomba de Vacío,
- Apagamos la Bomba de Agua,
- Apagamos la Bomba del Tanque lavador de Gases
- Apagamos el Motor Reductor MR5
- Dejamos Reposar.

Luego de finalizar este proceso, se procede a la etapa de filtración, ver figura 4.5.

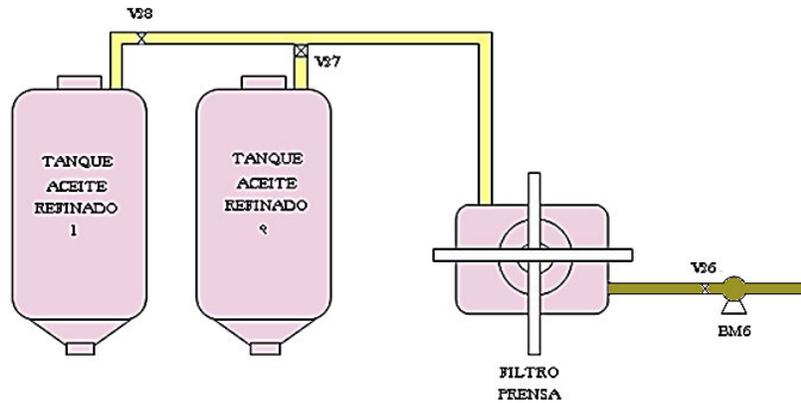


Fig. 4.5 Proceso de Filtración

Elaborado por: Pablo Torres

- Controlamos de que la temperatura este entre 40°C y 60°C.
- Colocamos las Placas Filtrantes en el Filtro Prensa.
- Abrimos las Válvulas V22, V23 ó V24, V25, dependiendo el tanque en el que se está trabajando.
- Abrimos la válvula V26.
- Abrimos la válvula V27 ó V28, dependiendo el tanque en el que se va a trabajar.
- Encendemos la Bomba B/M6.
- Acumulamos el aceite refinado.
- Apagamos la Bomba BM5.
- Cerramos Válvulas.

Al finalizar este proceso obtendremos un aceite claro y limpio. El aceite lubricante base está listo para realizar su proceso de mezclado con los aditivos como lo vimos en el punto de aditivos. Véase figura 2.2 Obtención de lubricantes.

4.4 La regeneración de aceites lubricantes usados como disposición final en la ciudad de Loja

La ciudad de Loja genera una gran cantidad de aceite lubricante usado que hace que el re-refinamiento del aceite lubricante usado sea una potencial nueva industria con beneficios económicos para el regenerador pero más importante desde el punto de vista ambiental ya que en la actualidad el aceite lubricante usado es utilizado en otros procesos industriales donde es incinerado en condiciones inadecuadas, vertido en la red de alcantarillado contaminando los cuerpos superficiales de agua, o son esparcidos en los suelos donde los efectos de contaminación son eminentes por su generación de emisiones tóxicas.

Para que el re-refinamiento sea económicamente viable en la ciudad de Loja, se debe analizar tres factores importantes los cuales inciden directamente en la decisión de realizarlo. Estos tres factores son:

- Precio del petróleo
- Materia prima para el re-refinamiento o regeneración
- La tecnología a ser utilizada

4.4.1 Precio de petróleo

En el proceso de refinación del petróleo se obtiene distintos productos siendo uno de ellos el aceite lubricante virgen mineral cuyo precio varía de acuerdo al mercado internacional, lo cual nos permite considerar que la regeneración del aceite lubricante usado sea rentable o no. Esto nos permite llegar a una conclusión que si el precio del petróleo se mantiene alto esta actividad es económicamente rentable, si el precio del petróleo se mantiene bajo no sería rentable.

Depende mucho de la evolución del precio del petróleo ya que un futuro no se logra divisar que pasará cuando ya tengamos esta materia prima de forma natural, a esto se suma la demanda del mismo en donde la regeneración puede ser una industria muy fructífera.

4.5.2 Materia prima para el re-refinamiento o regeneración

La materia prima para la regeneración en la ciudad de Loja existe en gran cantidad, en la Ciudad de Loja se genera alrededor de 150.000 galones de aceite lubricante usado anualmente lo cual permite que el proceso de regeneración se económicamente factible. Con la evolución de empresas en el país mucho de este aceite lubricante es comprado para ser utilizado como combustible en las fábricas de cemento, teja, etc., sin haber sido previamente tratado para su correcta incineración.

El Ministerio del Ambiente debe expender una ley donde prohíba la incineración del aceite usado de esta manera ya que genera contaminación al ambiente en forma directa al ser quemado.

El Municipio de la ciudad también debe expender una ley donde se prohíba la venta del aceite lubricante usado a las compañías que lo utilicen como combustible, así como también que hagan uso de los restos del proceso de re-refinado que son totalmente aptos para su incineración con la misma valoración calorífica; de esta manera estas compañías también ayudan al medio ambiente a que no se contamine. Desde el punto de vista económico estas compañías reducirían sus costos de mantenimiento de estos hornos ya que haciendo uso del restante de la regeneración sus hornos se ensuciarían menos y extendieran sus mantenimientos generando ahorros para ellos.

El proceso de re-refinado del aceite lubricante usado se ira dificultando a la medida que los aceites lubricantes minerales se hacen más complejos en sus formulaciones químicas, estas contendrán más aditivos con el propósito de mejorar la vida útil del aceite, así como también sus características de acuerdo al uso que se le vaya a dar.

Luego de realizar un análisis se presentan algunas conclusiones:

- La cantidad de aceite lubricante usado para la regeneración no es una limitante;
- El potencial de re-refinamiento con una alta tecnificación es económicamente factible y puede ser mayor si se lo llevara a gran escala;
- El re-refinamiento es viable al existir una normativa que respalde su gestión.

El desarrollo de este tipo de industria con una correcta administración y marco legal que la sustente puede generar utilidades económicas mucho más convenientes que utilizar el aceite lubricante usado como combustible como se lo hace en la actualidad.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La mala gestión tanto técnica como ambiental de los aceites lubricantes usados se ha producido por distintas razones como son: a) Inexperiencia en los procedimientos técnicos para un manejo apropiado, b) Desconocimiento sobre ordenanza para la gestión y la disposición de los aceites lubricantes usados, c) Insuficiencia en estándares en el manejo de residuos peligrosos, d) Mercado informal existente sobre el producto.
- Las personas inmersas en esta actividad sostienen una actitud positiva para acoger y cumplir disposiciones para el adecuado manejo de los residuos aceitosos y su disposición final.
- Se determinó que en la ciudad de Loja existen 57 establecimientos generadores de aceites lubricantes usados que generan 10956 galones mensuales de dicho residuo.
- La recaudación mayor del residuo aceitoso se encuentre en la ruta 2 ya que se encuentran varias lubricadoras y lavadoras generadoras, como la lubricadora Esmeralda, lubricadora Iñiguez que son quienes generan gran cantidad de este residuo.
- La ciudad de Loja cuenta con una planificación territorial apropiada lo que permite la accesibilidad a los establecimientos generadores.

- La frecuencia de recolección se maneja de acuerdo al volumen generado por los establecimientos de lubricante usado.
- La recolección de los lubricantes usados sea informal o por recolectores autorizados son favorables en términos ambientales.
- La re-refinación de los aceites lubricantes usados como disposición final en la ciudad de Loja deberá estar respaldada de incentivos económicos para que se pueda desarrollar, ya que existe un mercado informal y libre comercialización además del interés por las empresas que lo utilizan como combustible.
- La ordenanza debe ser más estricta y debe imponer como única disposición final el re-refinamiento de los lubricantes usados. Además debe incrementar el seguimiento a los generadores con el fin de evitar negocios clandestinos, los cuales deberán ser multados en primera instancia y como última consecuencia la clausura del establecimiento.
- Existen varias tecnologías para el re-refinado de aceites lubricantes usados, algunas de ellas resultan muy costosas y necesitan de grandes cantidades de residuo para que sea económicamente factible; otras tecnologías generan residuos que hacen difícil su disposición final.
- La destilación flash es el proceso más conveniente para la ciudad de Loja ya que se es económicamente factible para la cantidad de residuo que se genera en la ciudad.

Recomendaciones

- La ordenanza del cantón Loja debe ser reestructurada y debe contener más información sobre una gestión integral de los residuos. Debe imponer la regeneración como única y definitiva disposición final para los aceites lubricantes usados, así como también imponer sanciones drásticas para quienes no la acaten.
- Para mejorar la recolección de lubricantes usados se recomienda a los generadores mejorar sus lugares de almacenamiento temporal dotándolos de pisos impermeables, techos, lejos de fuentes hídricas, no existir conexión alguna a los sistemas de drenaje de aguas.
- Los establecimientos cuentan el espacio suficiente para la maniobrabilidad y la carga del aceite lubricante usado, por lo tanto se recomienda no sobrepasar el tamaño del camión cisterna o tanquero de 800 galones.
- Debido a la mala gestión por parte de los establecimientos generadores en cuanto al almacenamiento, la autoridad debe exigir la adopción de tanques especiales para aceites lubricantes usados.
- Promocionar el reciclaje de lubricantes usados en la comunidad con el fin de culturizar a las personas sobre este residuo peligroso y a su vez promocionar el aceite lubricante regenerado para su uso.

Bibliografía

Documentos Físicos

1. Riechmann, J., Porta, M., Romano, D., Santos, T., Diaz, J., Ballester, F.,..... Varela, A. (2009, verano). Salud y medio ambiente. *Daphnia*. p.10.
2. Lubricantes Gulf. (2012). Boletín Técnico. Bogotá. Colombia. *ProLub*. p. 7
3. Montes, M. (2009). *Re-Refinado de Aceites Usados*. Madrid, España: Universidad Vigo.
4. OILTEC SL Plus. (2009). Organización TERPEL. Colombia. *Información Técnica*. p.1, 3,5.
5. Ministerio del Ambiente. (2008). *Acuerdo N^o. 026*. Segunda edición.
6. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2000). Norma INEN 2266. *Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos*. p.10.

Libros Electrónicos

7. Payri, F., & Desantes, J. (2006). *Diagnóstico de Motores Diesel mediante el Análisis del Aceite Usado*. Recuperado de: http://books.google.com.ec/books?id=DqJuqL_UzjkC&printsec=frntcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
8. Lluch, J. (2011). *Tecnología y Margen de Refino del Petróleo*. Recuperado de http://books.google.es/books?id=p7OOXBSKtewC&printsec=frontcover&dq=aceites+lubricantes+de+motor+2011&hl=es&sa=X&ei=PxmyUo23Eoa-kQe_YDwAQ&ved=0CHQQ6AEwCTge#v=onepage&q&f=false
9. Pickerill, K. (2010). *Automotive Engine Performance*. Recuperado de http://books.google.es/books?id=TmlfcizaTE0C&pg=PA656&dq=aceites+lubricantes+2009&hl=es&sa=X&ei=QAuyUsL_G4vqkQffxYDYCQ&ved=0CEwQ6AEwAjgK#v=onepage&q=aceites%20lubricantes%202009&f=false

10. Orovio, M. (2010). *Tecnología del Automovil*. Recuperado de <http://books.google.es/books?id=JRSqKKaK9zcC&pg=PA125&dq=aceites+lubricantes+de+motor+2010&hl=es&sa=X&ei=jBOyUtY0xa2QB8yRgFA&ved=0CEUQ6AEwAA#v=onepage&q=aceites%20lubricantes%20de%20motor%202010&f=false>

Documentos Gubernamentales

11. Ministerio de Fomento. Gobierno de España. (2011). *European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road ADR*. Recuperado de <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/6185B3B6-03E8-4F3F-8595-EAE34535DC33/110227/ADR2011.pdf>
12. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (2013). *Transporte / Matriculados*. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/transporte.html#>
13. U.S. Environmental Protection Agency. (2013). *Used Oil Management Program*. Recuperado de: <http://www.epa.gov/solidwaste/conservation/materials/usedoil/index.htm>
14. U.S. Environmental Protection Agency. (2010). *Extending SAE J300 to Viscosity Grades below SAE 20*. Recuperado de: <http://www.infineum.com/Documents/Crankcase%20Technical%20Papers/SAE%20J300%20viscosity%20grades%20below%2020%20grade-SAE%20Powertrains%20Fuels%20and%20Lubricants-2010.pdf>
15. American Petroleum Institute. (2013). *The Oil Recycling Process*. Recuperado de: http://www.recycleoil.org/recycle_oil_process/usedoil.html
16. CEMPRE. (2013). *Aceites Usados*. Recuperado de: http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=97
17. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2013). *Aceites Lubricantes*. Colombia. Recuperado de:

<https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf>

18. American Petroleum Institute API. (2011). *El aceite para motor es importante*. Washington, U.S.A. p. 1, 3, 4. Recuperado de: http://www.api.org/oil-and-natural-gas-overview/fuels-and-refining/engine-oil/~//media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Engine%20Oil/MOTOR_OIL_GUIDE_2010_120210.aspx
19. SEMARNAT – PUNTLI. 2012. *Construcción, equipamiento y operación de planta para el reciclaje de aceite mineral usado, en el municipio de Huejotzingo*. Puebla, Mexico. p. 31, 32, 33. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/pue/estudios/2012/21PU2012I0017.pdf>

Material Electrónico WWW

20. Depuroil S.A. (2013). *Riesgos Medio Ambientales de los Aceites Industriales*. Bilbao, España. Recuperado de: <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>
21. La Hora. (2012, 5 de enero). Más de 3000 vehículos fueron matriculados en Loja en 2011. *La Hora Loja*. Recuperado de: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101262631/-1/M%C3%A1s_de_3000_veh%C3%ADculos_fueron_matriculados_en_Loja_en_2011_.html#.UqoaKPTuLZI
22. Fluid Masters. (2013). *SAE Viscosity Chart*. Recuperado de: http://www.fluidmasters.com.au/sae_viscosity.php
23. David Biello. Scientific American. *Can oil be recycle?*. (2013). Recuperado de: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=can-oil-be-recycled>
24. Estructplan. (2013). Tratamientos. *Aceites usados*. Argentina. Recuperado de: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=1856>

25. Marian, W. (2010). *Latest Gulf Oil Spill FAQ: The Government's Power to Punish BP, and More.* Propublica. Recuperado de <http://www.propublica.org/blog/item/gulf-oil-spill-faq-what-happened-what-may-have-caused-it-and-whos-responsib>
26. Waze. (2013). *Live Map.* Loja. Recuperado de <https://www.waze.com/es/livemap>
27. Fire Safety Supplier. (2013). *Fire Extinguishers.* 2013. Recuperado de: <http://www.firesafetysupplier.com/fire-extinguishers>
28. Sierra Sales and Management Company. (2013). *Used Oil Containment/Collection Tanks.* Recuperado de: <http://petanks.com/oilcollection.html>
29. 3M. (2013). *Absorbentes de petróleo.* Recuperado de: http://solutions.3m.com.ve/wps/portal/3M/es_VE/Mining/Home/Pages/Products_VE/?PC_Z7_RJH9U5230GE3E02LECFTDQO8J6000000_nid=1TDZV4ZTRWbeJRS6LWK4T2gl
30. Devon Lube Center Equipment. (2013). *Oil Filter Drainer.* Recuperado de: <http://www.devonlube.com/oil-filter-drain-pan>
31. Empleos petroleros. (2013). *Equipo de Protección Personal.* Recuperado de: <http://empleospetroleros.org/2013/02/05/equipo-de-proteccion-personal/>
32. Google Maps. (2013). *Mapa de Loja.* Recuperado de <https://maps.google.es/>
33. SENER. (2011). *Prospectiva de Petrolíferos.* Recuperado de http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/petroliferos2002.pdf