UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Diagnóstico del Problema de Contaminación y de Alternativas de Recuperación y Uso de Aceites Residuales de Automotores en el Area Metropolitana de San Salvador.

PRESENTADO POR

MIRNA NUBIA CASTRO MEJIA
MARLON RAFAEL HERNANDEZ LARA
SALVADOR PAREDES FLORES

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 1999.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

Dr. José Benjamín López Guillén

SECRETARIO GENERAL:

Lic. Ennio Arturo Luna

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Joaquín Alberto Vanegas Aguilar

SECRETARIO :

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTORA :

M. Sc. Delmy del Carmen Rico Peña

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción de:

INGENIERO QUIMICO

Título:

Diagnóstico del Problema de Contaminación y de Alternativas de Recuperación y Uso de Aceites Residuales de Automotores en el Area Metropolitana de San Salvador.

Presentado por:

MIRNA NUBIA CASTRO MEJIA
MARLON RAFAEL HERNANDEZ LARA
SALVADOR PAREDES FLORES

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinadora : ING. TANIA TORRES RIVERA
Asesora : M. Sc. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

SAN SALVADOR, MAYO DE 1999.

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

COORDINADORA : Tania Torres

Ing. Tania Torres Rivera

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

ASESORA :

M. Sc. Delmy del Carmen Rico Peña

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: Por estar siempre conmigo, iluminando mi camino para poder concretar mis metas.

A MI PAPA MIGUEL ANGEL VELASQUEZ Y LA Sra. MARIA FELICITA PEÑA: Por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A MIS PADRES: Teresa Mejía de Castro y Marcial Castro Quintanilla, por todo su amor y comprensión que siempre me han brindado.

A MI HIJO: Emerson Ariel, por todo su amor, ternura y comprensión.

A MIS HERMANAS: Yanira, Sandra, Armida y Pricilla por alentarme para seguir adelante.

A MI TIA LILIAN: Por estar siempre a mi lado.

A TODOS LOS FAMILIARES, AMIGOS Y MAESTROS QUE EN UNA Y OTRA FORMA CONTRIBUYERON A LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO DE GRADUACION, MI AGRADECIMIENTO.

Mirna Nubia.

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: Por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles, y haberme permitido culminar mi carrera.

A MI ABUELA: Transito Lara; por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A MI MADRE: Noemi Lara; con mucho amor, respeto y admiración ya que con su esfuerzo y dedicación me impulsó a seguir adelante para realizar mis metas.

A MIS HERMANOS: Por haberme brindado su apoyo en todo momento.

A MI ESPOSA: Ena de Hernández; con amor y agradecimiento por su apoyo y comprensión, lo cual hizo más fácil la realización de nuestro trabajo.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Por haberme soportado en los momentos más difíciles.

A TODOS LOS FAMILIARES, AMIGOS Y MAESTROS QUE EN UNA Y OTRA FORMA CONTRIBUYERON A LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO DE GRADUACION, MI AGRADECIMIENTO.

Marlon Rafael.

DEDICATORIA

A DIOS: Por acompañarme y estar siempre presente en cada momento de mi vida y haberme regalado la sabiduría, que sin la cual no hubiera sido posible alcanzar esta meta.

A MIS PADRES: Leopoldo Paredes y María Isabel Flores de Paredes; por todo el amor, comprensión, por toda la confianza depositada en mi, por el apoyo que siempre me han brindado, por el sacrificio realizado y por la oportunidad que me dieron de ser profesional; de todo corazón, infinitas gracias.

A MIS HERMANOS: Manuel Rolando, Edgardo, Elfidia del Carmen, Marvin Noé, Marina Elizabeth y Leopoldo; por su amor, confianza, apoyo y por que todos ellos supieron darme palabras de aliento para seguir adelante.

A MIS DEMAS FAMILIARES: Por estar pendientes en el desarrollo de mi carrera y de mi vida.

A MI NOVIA: Beatríz; por todo el apoyo, cariño y amor que siempre comparte conmigo.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Mirna Nubia y Marlon Rafael; por ser buenos compañeros y amigos, y que a pesar de las dificultades que se nos presentaron siempre logramos salir adelante.

A MIS MAESTROS: Por su apoyo incondicional y constante en esta larga lucha por coronar mi carrera.

A MIS AMIGOS: Quienes de una u otra manera han estado siempre conmigo.

Salvador.

RESUMEN

La inadecuada disposición del aceite residual de vehículos automotores da lugar al aumento de la contaminación ambiental, lo que requiere de un diagnóstico de los posibles focos de contaminación causados por la disposición final que se le da al aceite residual de automotores, enfocándose en este estudio al Area Metropolitana de San Salvador (AMSS), con las correspondientes propuestas de algunas de las alternativas de recuperación y uso que podría darse a este aceite en El Salvador.

La población a estudiar, está compuesta por lugares representativos que realizan cambios de aceite en el AMSS, estos son : TALLERES AUTOMOTRICES, LUBRICENTROS, GASOLINERAS Y PUNTOS DE BUSES Y MICROBUSES, los cuales son definidos como estratos; en donde se centró el trabajo de campo, éste para su desarrollo, se auxilió del análisis estadístico, siendo el muestreo aleatorio estratificado el más idóneo para tal fin, debido principalmente a la heterogeneidad observada en la población. El tamaño de la muestra a encuestada fué de 162 lugares, dividida en 99 talleres automotrices, 27 gasolineras, 9 lubricentros y 27 puntos de buses y microbuses.

Se encontró que en el AMSS se descarta un promedio de **761,636.43** galones de aceite residual de automotores por año. La disposición final de dichos aceites se realiza inadecuadamente. El análisis estadístico de la información obtenida indicó que la proporción de disposición final es: botarlo (49%) en calle, suelos, quebradas, basureros, tuberías de aguas negras y cunetas; venderlo (62%) normalmente para ser usado como combustible en calderas y regalarlo (75%) a cualquier persona que lo solicita.

Los talleres automotrices y los puntos de buses y microbuses fueron identificados como focos de contaminación directa de aceites residuales de automotores, por la disposición final más frecuente del mismo es botarlo a los alrededores; siendo la proporción evaluada del (64%, 55%) respectivamente.

La investigación incluye regulaciones y prohibiciones establecidas por la U.S. EPA en cuanto al manejo y disposición final que deben cumplir los aceites residuales de automotores; así como también los usos que actualmente se le da al aceite residual de automotores en El Salvador, siendo algunos de estos : curado de madera, insecticida, herbicida, combustible, medicina, etc.

Los análisis químicos realizados a muestras de aceite residual, indicaron plomo (96.6 ppm), cromo (2.4 ppm), Zinc (978.0 ppm) entre otros presentes en el aceite residual. El poder calorífico del aceite, dió un valor de 10,569 Kcal/Kg, que comparado con los de otros combustibles de uso común (Búnker, Diesel y Petróleo crudo), resultó ser ligeramente superior a éstos. Por lo que se sugiere que el uso más adecuado o disposición final para el aceite residual de automotores sea quemarlo como combustible; debido a que posee características tales como: aceptable poder calorífico y concentración de constituyentes contaminantes dentro de los niveles establecidos para este uso. Aclarando que no se tiene el análisis completo por falta de equipo para el tipo de análisis requerido en El Salvador y que su uso como combustible se restrinja a áreas industriales que no se encuentren en zonas urbanas o en lugares densamente poblados.

INDICE

CONTENIDO **PAGINA**

CONTENIDO **PAGINA**

CONTENIDO **PAGINA**

CONTENIDO **PAGINA**

CONTENIDO **PAGINA**

INDICE DE CUADROS

No TITULO DEL CUADRO PAG.

INDICE DE FIGURAS

No TITULO DE FIGURA PAG.

No TITULO DE FIGURA PAG.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

Dr. José Benjamín López Guillén

SECRETARIO GENERAL:

Lic. Ennio Arturo Luna

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Joaquín Alberto Vanegas Aguilar

SECRETARIO :

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTORA :

M. Sc. Delmy del Carmen Rico Peña

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción de:

INGENIERO QUIMICO

Título:

Diagnóstico del Problema de Contaminación y de Alternativas de Recuperación y Uso de Aceites Residuales de Automotores en el Area Metropolitana de San Salvador.

Presentado por:

MIRNA NUBIA CASTRO MEJIA
MARLON RAFAEL HERNANDEZ LARA
SALVADOR PAREDES FLORES

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinadora : ING. TANIA TORRES RIVERA
Asesora : M. Sc. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

SAN SALVADOR, MAYO DE 1999.

INTRODUCCION

Históricamente el desarrollo de las actividades en el territorio salvadoreño, ha carecido de un proceso de planificación y ordenamiento, lo que ha generado una gran concentración de población en el AMSS.

Uno de los sectores que se ha visto afectado por este crecimiento es el de transporte, lo que ha venido a contribuir con el deterioro ambiental debido en parte a la emisión de gases de combustión, generación de chatarra y a la inadecuada disposición final de desperdicios líquidos como el aceite residual, generado en talleres automotrices, gasolineras, lubricentros y puntos de buses y microbuses, principalmente

La importación de vehículos automotores provenientes de los Estados Unidos y de otros países en la última década ha aumentado progresivamente, lo que conlleva a un aumento en el consumo de aceites lubricantes. Un gran porcentaje de estos vehículos se encuentran circulando en el AMSS, por lo que la posibilidad de generar aceites residuales de automotores en esta área es grande.

El transporte vehicular ha registrado un incremento significativo, para el año 1990. Según " The Europe World Year Book, 1993 ", El Salvador registraba una Tasa de Motorización (TM) promedio a nivel nacional de 29 vehículos livianos por cada mil habitantes, aunque aceptada normalmente baja a nivel nacional superaba a las de Guatemala (27), Colombia (22), Honduras (7) y Nicaragua (12) ; Pero era inferior que las de Israel (180), Alemania (393) y Estados Unidos (500 aproximadamente).

Para 1992 la situación es bastante diferente en el Area Metropolitana de San Salvador (AMSS), la TM (vehículos livianos) promedio es de 95 vehículos por cada mil habitantes . Considerando a todos los tipos de vehículos asciende al valor de 115 vehículos por mil habitantes. Para 1995 la TM (vehículos livianos) promedio era de 98 por mil habitantes, considerando todos los tipos de vehículos asciende a 119 por mil habitantes **(Tahal, 1997).**

Lo antes mencionado implica un aumento en la demanda de aceites lubricantes de automotores, lo que incide en la problemática ambiental, a causa de la forma inadecuada de que se dispone de los aceites lubricantes, cuando han sido usados, lo cual se corrobora en este estudio.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es el diagnosticar la problemática de contaminación en el AMSS, causada por la inadecuada disposición final de aceites lubricantes residuales de automotores, así como las posibles alternativas de uso, reciclaje y disposición final de estos aceites.

1.0 LOS ACEITES LUBRICANTES Y SU ORIGEN.

Un lubricante es toda sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintético que puede utilizarse para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento.

De acuerdo a **Wesskopf y Jenkins (1983),** los lubricantes en base a su origen se pueden dividir en tres grandes categorías : aceites orgánicos, aceites minerales y lubricantes sintéticos, descritos de la sección 1.0 (a) a 1.0 (c) y resumidos en la figura 1.1. Se incluye un cuarto grupo 1.0 (d) de lubricantes sólidos, los cuales son básicamente rocas minerales.

a) Aceites Orgánicos

Estos son también llamados aceites grasos y aceites fijos. Como su nombre lo dice se obtiene de productos vivos ya sea animales o vegetales. Químicamente se clasifican en el grupo de los **lípidos**, derivándose de un sólo alcohol el glicerol, al cual se encuentran esterificadas moléculas de **ácidos carboxílicos**, dando origen a los **acilgliceridos** y en algunos casos a **fosfolípidos (Rico Peña, 1999)**.

Los aceites orgánicos se distinguen de los aceites minerales por su facilidad para formar jabones al combinarse con compuestos alcalinos. Estos aceites orgánicos se oxidan fácilmente, volviéndose rancios y formando ácidos grasos libres. La oxidación también produce gomas, especialmente en los aceites obtenidos a partir de las semillas de algodón y maíz.

Cuando estos aceites son sometidos a altas temperaturas tienden a hidrolizarse formando ácidos grasos libres.

Se dividen en aceites vegetales y animales dependiendo de su origen, siendo su mayor uso como alimento. Como lubricantes, muchos de estos aceites han sido sustituidos por compuestos sintéticos o de origen mineral, por mostrar éstos últimos mejor desempeño y ser de más fácil obtención **(Wesskopf y Jenkins ,1983)**.

b) Aceites Minerales

Los aceites minerales se obtienen directamente del petróleo crudo por destilación al vacío. Dependiendo del lugar de origen del crudo, así será su composición molecular, debido a lo cual los aceites obtenidos serán de base parafínica, naftena, o de base mixta. De acuerdo a la base, será distinto el proceso de refinación a aplicarle y diferentes los tipos y usos de los aceites obtenidos. Los aceites minerales fluidos son los más empleados, ya que se utilizan en un gran número de aplicaciones de lubricación.

La combinación de éste aceite mineral y un jabón o mezcla de jabones apropiados para ciertas aplicaciones de lubricantes, constituyen las llamadas grasas que también tienen un uso muy generalizado en los procesos de lubricación.

Dependiendo del metal que se emplee para la fabricación del jabón metálico, así será la base de la grasa ; por ejemplo, existen grasas con base de sodio, litio y bario. También existen combinaciones de estos metales para formar así las grasas de base mixta **(Wesskopf y Jenkins ,1983)**.

Estos son los de mayor uso en aceite para automotores, por lo que la sección 1.1 incluye aspectos importantes de los mismos.

c) Lubricantes Sintéticos

Los lubricantes sintéticos son líquidos aceitosos formados por cadenas de polímeros derivados del petróleo que por la estructura química que presentan, tienen muchas de las propiedades requeridas en lubricación. Normalmente son producidos por reacciones químicas bajo condiciones de presión y temperatura controlados, partiendo de compuestos como etileno y propileno, y mediante procesos de catálisis, destilación, hidrogenación y filtración se obtienen como productos los lubricantes sintéticos tales como: **esteres, poliesteres, poliglicoles, polialfaolefinas y alquilatos aromáticos (Mobil Oil Corporatión, 1985).**

El desarrollo de los lubricantes sintéticos surgió con las nuevas necesidades que la lubricación moderna requería, así como también con los nuevos avances que en materia de refinación han sido obtenidos en los últimos años.

Los lubricantes sintéticos son generalmente utilizados en aquellos procesos donde las condiciones de lubricación requeridos son difíciles de lograr con los destilados tradicionalmente del petróleo **(Wesskopf y Jenkins ,1983)**.

d) Lubricantes Sólidos (Rocas Minerales)

Como su nombre lo indica los lubricantes sólidos son cualquier material sólido que reduzca la interacción mecánica entre dos superficies que se mueven relativamente por la acción aplicada.

Básicamente son minerales tales como:

Bentonita
Greda
Grafito
Bisulfuro de Molibdeno
Mica
Talco
Oxido de Zinc.

Estos lubricantes pueden en algunos casos ser utilizados en su estado natural y otras veces son formados mediante procesos especiales.

Su uso no es muy común y está restringido a situaciones muy especiales de lubricación **(Wesskopf y Jenkins ,1983)**.

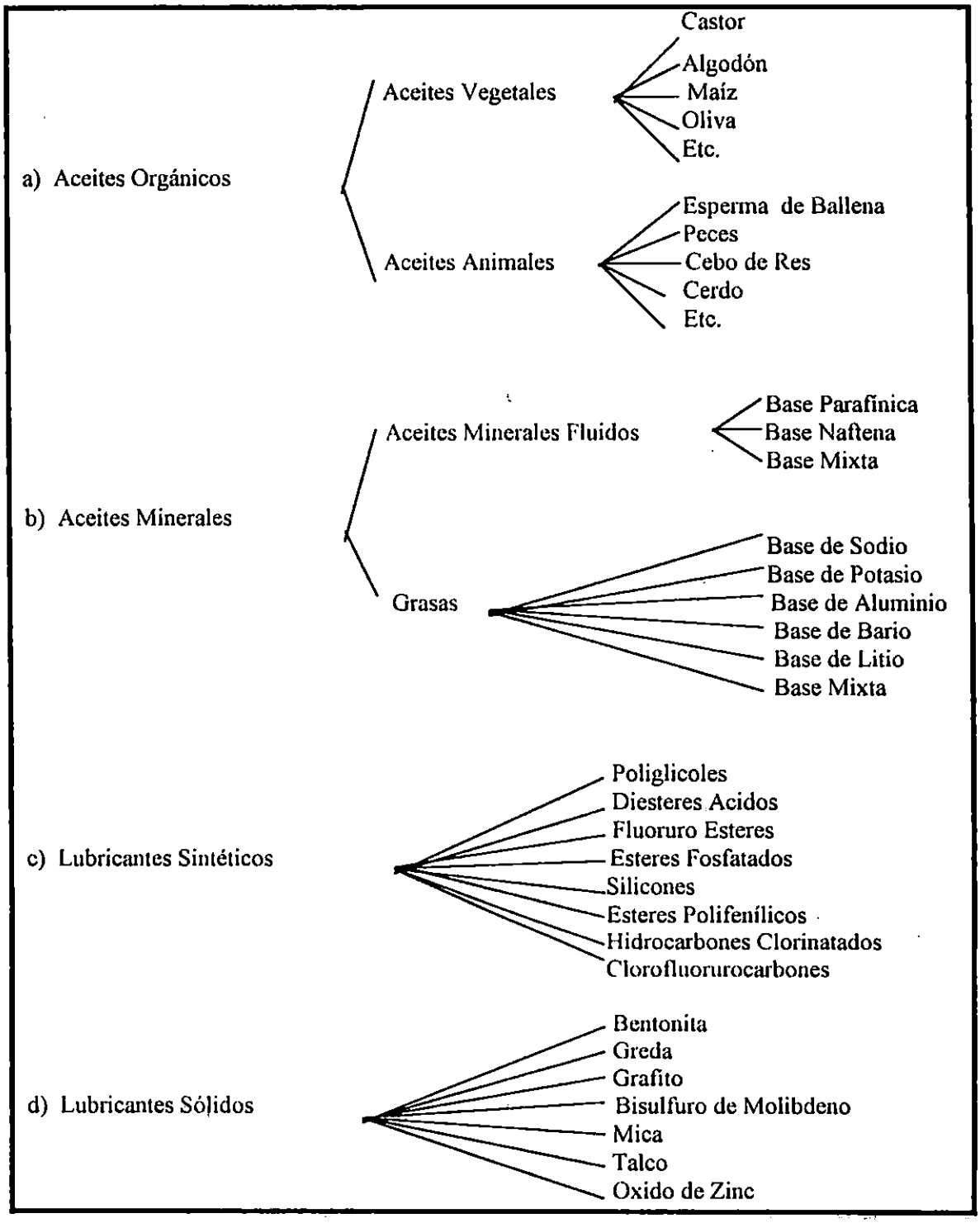


Figura 1.1 División de los Lubricantes de Acuerdo a su Origen (Wesskopf y Jenkins ,1983).

1.1 ACEITES MINERALES (Stegemann, 1984).

Debido a que los aceites minerales son los más empleados en una gran variedad de aplicaciones, en especial en la lubricación de vehículos automotores, y teniendo en cuenta que el estudio está centrado en los aceites residuales de automotores y sus efectos de contaminación al medio ambiente resultan ser los de mayor interés para la realización de este proyecto.

El desarrollo del aceite mineral comienza con la formación y sedimentación de sustancias primordiales orgánicas en depósitos sedimentarios en el océano, esto es llamado sedimento de roca y consiste en silicatos, arcillas y caliza principalmente, según se describe en el cuadro 1.1.

Los elementos principales de los sedimentos de roca orgánicamente formados son restos de animales o de plantas, ejemplos típicos son arrecife, calcio y carbón. Los arrecifes consisten de las estructuras sólidas de calcio de caracoles. Otros tipos de piedra caliza orgánica se desarrollan de las estructuras de calcio de animales diminutos, tales como radiolares y foraminíferes. Otras estructuras de roca están desarrolladas casi exclusivamente de conchas o huesos, los cuales han sido acumulados debido a la muerte abrupta de una multitud de animales causado por un cambio rápido de condiciones ambientales. Casi donde sea, el agua oceánica contiene oxígeno en forma diluida, lo cual significa que la mayor parte de los materiales orgánicos son oxidados antes de que alcancen la mitad de la profundidad oceánica. Si hay demasiada materia orgánica o si no hay suficiente movimiento o ventilación en el agua, la cantidad de oxígeno puede ser insuficiente.

Cuadro 1.1 Formación del Sedimento de Roca donde se Origina el Aceite Mineral (Stegemann, 1984).

TIPO DE SEDIMENTO	CARACTERISTICAS
a) ROCA ARENOSA	Cuarzos en la forma de granos de arena.
Arena	No solidificada.
Piedra de arena	Solidificada.
b) PIEDRA DE ARCILLA	Formación de láminas de arcilla.
Barro	No solidificado.
Piedra de arcilla	Completamente solidificado y sin agua suelta.
c) PIEDRA CALIZA	Calcio y/o carbonato de magnesio.
Carbonatos químicos	Formado por precipitación de $CaCO_3$ diluido.
Carbonatos orgánicos	Formado por acumulación de remanentes calcáreos de animal.
Carbonatos dítricos	Formado por el proceso sedimentario de depósitos calcáreos.

En este caso ciertas bacterias las cuales no requieren oxígeno para su metabolismo son capaces de transformar materias orgánicas semejantes, al grado que el aceite mineral puede desarrollarse de ahí.

La continua sedimentación de material orgánico finalmente causa la original arena, arcilla y caliza para condensar dentro de la piedra de arena, arcilla y piedra caliza. Tal roca es llamada "ROCA MADRE DE ACEITE MINERAL".

1.1.1 COMPOSICION DE LOS ACEITES MINERALES

Los lubricantes minerales son una mezcla de varios hidrocarburos parafínicos de cadenas lineales y ramificadas; hidrocarburos nafténicos, constituidos por estructuras policíclicas y anillos fundidos de hidrocarburos saturados, basados en ciclo hexanos y ciclo pentanos; y de hidrocarburos aromáticos, mono y polinucleares. En la figura 1.2 se presenta un esquema generalizado de la composición química de los lubricantes minerales.

Se ha establecido que básicamente los lubricantes minerales están constituidos por cuatro partes o cuatro fracciones : una porción cerosa, una porción blanca, una porción extracto y una porción asfáltica.

La porción cerosa está constituida por parafinas normales aunque conteniendo hidrocarburos nafténicos con 1,2 y posiblemente 3 anillos con largas cadenas parafínicas laterales. La porción blanca o refinada está compuesta de naftenos de 1,2 y posiblemente 3 anillos con cadenas más cortas o ramificadas.

La porción extracto está constituida por derivados que contienen azufre, oxígeno y nitrógeno, y se cree que está formada de anillos complejos aromáticos nafténico (hasta de 6 a 8 anillos) con cadenas parafínicas laterales, más bien que de aromáticos puros.

La porción asfaltica se compone de aromáticos multicíclicos muy condensados con un bajo contenido de hidrógeno **(Wesskopf y Jenkins, 1983).**

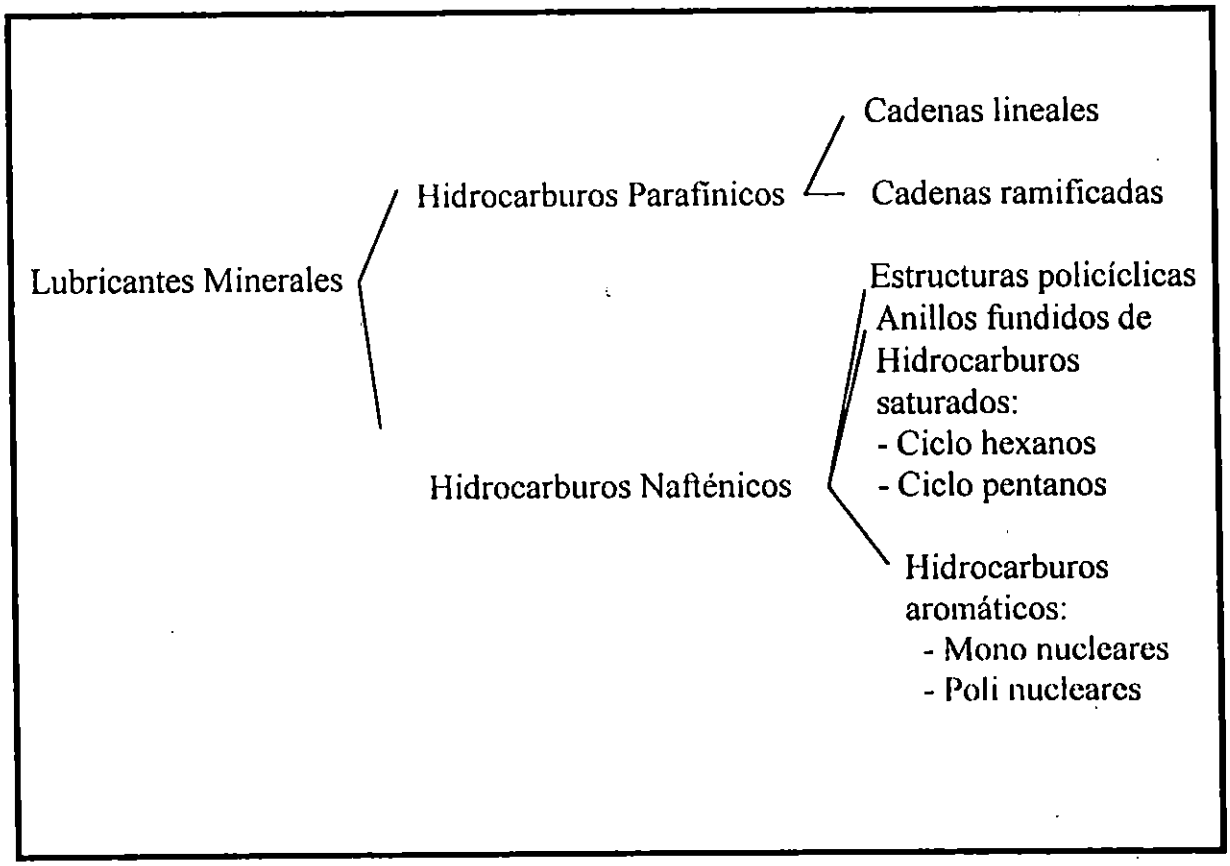


Figura 1.2 Esquema Generalizado de la Composición Química de los Lubricantes Minerales (Wesskopf y Jenkins, 1983).

1.1.2 BASES DE LOS LUBRICANTES MINERALES (Albarracín, 1993)

Las bases de los lubricantes minerales son las que determinan la mayor parte de las características del aceite, tales como: viscosidad, índice de viscosidad, resistencia a la oxidación, punto de inflamación y de fluidéz, etc. De acuerdo con el tipo de crudo, la base lubricante puede ser: **parafínica, nafténica o aromática,** en la

figura 1.3 se muestra esquemáticamente la estructura molecular de estos tipos de bases y de la sección (a) a la (c) se describen sus principales caraterísticas.

a) Bases Parafínicas

Contienen porcentajes de hidrocarburos parafínicos del 75% o mayores. Se caracterizan por la cadena C_nH_{2n+2}. Son relativamente estables a altas temperaturas, pero por el alto contenido de parafina que poseen, no funcionan satisfactoriamente a bajas temperaturas. Cuando la disposición es lineal se habla de parafinas de cadena recta, que poseen excelentes propiedades de combustión y un elevado índice de cetano, por lo que se les prefiere en la elaboración de gas oil, keroseno y fuel oil. Cuando existen ramificaciones, se habla de isoparafinas, las cuales presentan índices elevados de octano y son preferidas en las gasolinas, particularmente en las de aviación.

Sus características más importantes son:

- Alto índice de viscosidad (IV). Las hace particularmente indicadas en situaciones donde hay cambios de temperatura, debido a que varía muy poco su viscosidad.
- Bajo grado de oxidación. Cuando se encuentra sometida a altas temperaturas, permanece sin deteriorarse apreciablemente durante largos períodos de tiempo.
- Baja volatilidad.
- Bajo poder disolvente.
- Forma carbones duros cuando se descompone.
- Alto punto de congelación, debido al elevado porcentaje de parafinas que poseen.

Este tipo de base son las más empleadas en la fabricación de aceites lubricantes, tanto de tipo industrial como de automotor, por las excelentes propiedades que poseen. Sin embargo, son muy escasas y cada vez es más difícil obtenerlas.

b) Bases Nafténicas

Contienen porcentajes de hidrocarburos nafténicos del 70% o mayores. Se caracterizan por la fórmula C_nH_{2n} y frecuentemente poseen una elevada porción de asfalto. A altas temperaturas son menos estables que las parafinas, contienen una mínima cantidad de parafina; por lo tanto, no forman ceras a bajas temperaturas y permanecen en estado líquido. Las moléculas forman ciclos de cinco y de seis átomos. Sus características más importantes son:

- Bajo índice de viscosidad (IV).
- Alto poder disolvente natural. Contienen un elevado porcentaje de compuestos aromáticos, lo cual permite que puedan disolver ciertos tipos de cauchos.
- Reducida tendencia a la formación de carbón. Cuando se queman, el carbón residual es blando y escaso.
- Bajo punto de fluidez. Como prácticamente carecen de ceras, la hace particularmente indicadas para condiciones de bajas temperaturas.
- Alta volatilidad.

Las bases nafténicas con un IV mediano (40 – 75) se emplean en la fabricación de aceites minerales blancos (USP) y de transformadores, luego de un tratamiento final con ácido, hidrógeno y arcilla. Debido a su mayor poder de solvatación, son

más compatibles con ciertos aditivos, como los emulsificantes, lo cual las hace ideales en la formulación de los aceites para maquinado de metales.

Los crudos netamente parafínicos son escasos, por lo tanto, los aceites de bases parafínicas se obtienen a partir de crudos de base mixta (parafínica y nafténica), pero en donde predomina el componente parafínico sobre el nafténico, en proporción superior de 2 a 1. Los crudos de base nafténica son más abundantes, por lo cual su uso tiende a incrementarse. Las bases parafínicas y nafténicas a su vez se clasifican internamente, de acuerdo con su IV, el cual las hace aptas para un determinado tipo de servicio (Ver cuadro 1.2).

c) Bases Aromáticas

Estas bases no se utilizan en la fabricación de aceites lubricantes debido a que no presentan prácticamente ninguna característica que amerite su implementación. Su viscosidad disminuye rápidamente con la temperatura y presentan tendencia a la formación de gomas a altas temperaturas. Su estructura molecular está constituida por ciclos de doble ligadura, parecidas a las del benceno. Sus características más importante son:

- Indice de viscosidad muy bajo.
- Alta volatilidad.
- Se oxidan fácilmente.
- Tendencia a formar gomas y resinas.
- Se emulsionan fácilmente con agua.

En el cuadro 1.2 se presenta una clasificación del índice de viscosidad de las bases parafínicas y nafténicas.

En la figura 1.3 se muestra la estructura molecular de las distintas bases de lubricantes minerales.

Cuadro 1.2 Clasificación del Indice de Viscosidad (IV) de las Bases Parafínicas y Nafténicas (Albarracín, 1993)

Tipo de Base	Rango de IV	Clasificación
Parafínica	110 – 120	muy alto
	84 – 105	alto
	60 – 80	mediano
Nafténica	40 – 75	mediano
	0 – 20	bajo
	menor que cero	muy bajo

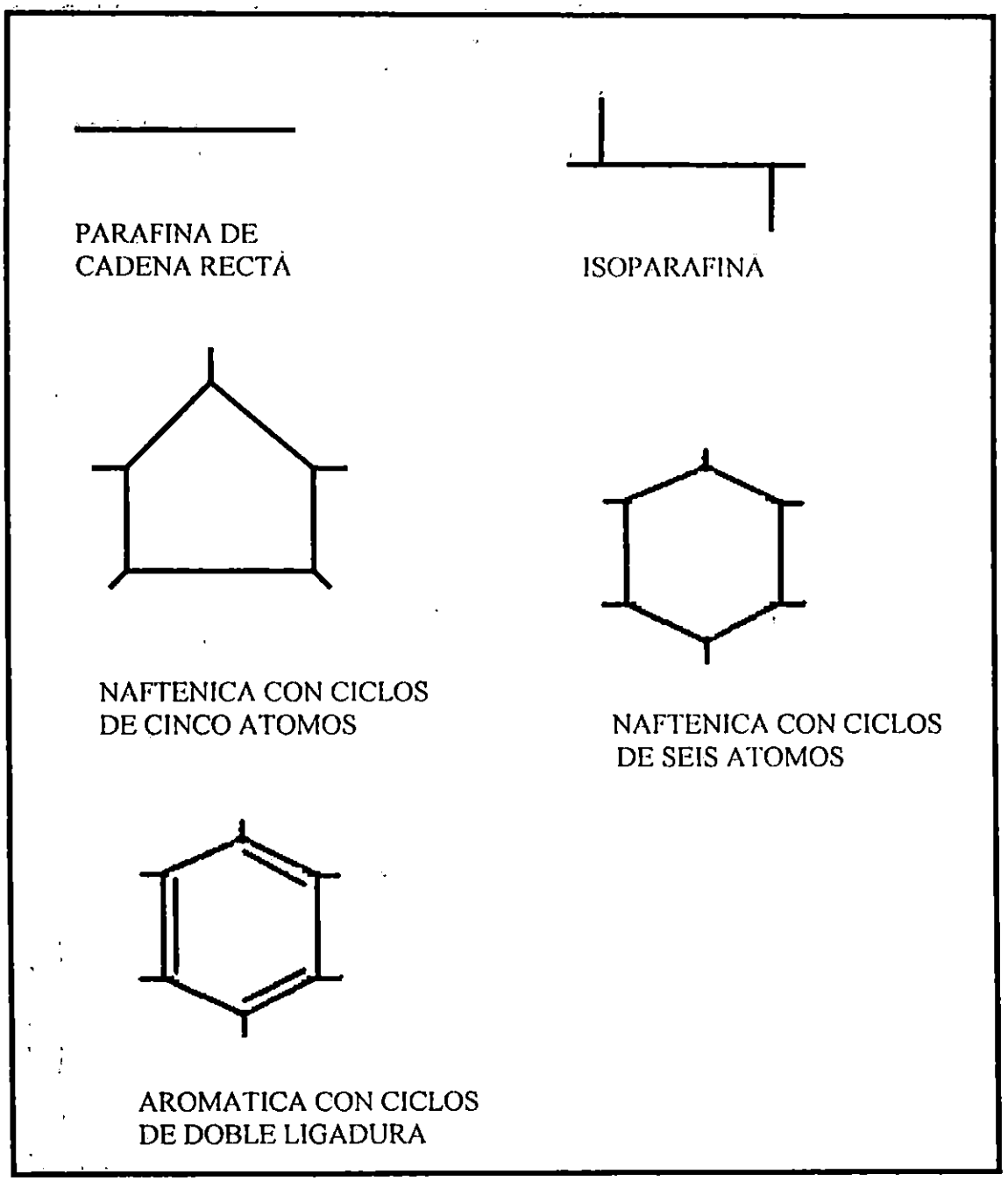


Figura 1.3 Representación Esquemática de las Estructuras Moleculares de las Bases Parafínica, Nafténica y Aromática de Lubricantes Minerales (Albarracín, 1993)

1.2 TEORIA DE LA LUBRICACION (Wesskopf y Jenkins, 1983).

Un motor contiene gran cantidad de partes en movimiento que deben mantenerse separadas entre sí mediante una película de aceite. Siempre que dos partes se deslizan o giran, el contacto metal a metal resultante puede producir un desgaste severo. La función más importante del aceite para motor es la de establecer una película de aceite lo suficientemente gruesa y fuerte para prevenir el contacto metal a metal, esto reduce el desgaste y la fricción resultante de la resistencia al movimiento de las partes, lo cual prolonga la vida del motor.

Ampliando lo anteriormente expuesto, es de hacer notar que cuando dos superficies metálicas están en contacto y actúa una fuerza sobre una de ellas, debido a las rugosidades de las mismas, se desarrolla una fuerza de rozamiento que actúa en el sentido opuesto al movimiento de las partes deslizantes. De acuerdo a la primera ley de rozamiento su intensidad es proporcional a la presión normal, llamándose a la constante de proporcionalidad, coeficiente de rozamiento.

El coeficiente de rozamiento según la segunda ley, depende de la naturaleza de las superficies ; la tercera y cuarta ley expresan así mismo que el coeficiente de fricción es independiente del área de las superficies y de la velocidad relativa con que se mueven. De tal forma, que la tarea del lubricante consiste en disminuir el coeficiente de rozamiento, cuando éste es colocado en forma de película líquida entre las superficies que se hallen en contacto, y también cuando la resistencia a la fuerza de cizallamiento del lubricante es menor que la del material de la superficie

1.2.1 PROPIEDADES DE FUNCIONAMIENTO DE LOS LUBRICANTES PARA MOTOR

Las propiedades de funcionamiento que debe de cumplir un lubricante para motor son las que se describen en función de: índice de viscosidad, lubricación y prevención del desgaste, reducción de la fricción, protección contra la herrumbre y la corrosión, limpieza de las partes del motor, reducción de los depósitos en cámaras de combustión, enfriamiento de las partes del motor, sello de las presiones de combustión , evitar la formación de espuma, descritas del literal (a) hasta el (i).

a) Indice de Viscosidad

La facilidad de arranque no sólo depende de la condición de la batería e ignición, de una apropiada volatilidad del combustible y de la relación aire/combustible , sino que también, de las propiedades de flujo del aceite. La característica del aceite que determina la facilidad de arranque es su viscosidad a la temperatura de arranque **(Shell, 1993)**.

El efecto de la temperatura en la viscosidad varía ampliamente con diferentes tipos de aceite. Por esta razón un patrón se ha desarrollado para medir la cantidad de cambio de viscosidad conforme a la temperatura. Este patrón es llamado Indice de Viscosidad ; un aceite con alto índice de viscosidad es el que sufre menor cambio de viscosidad sobre un amplio rango de temperaturas. En la actualidad, a través del uso de aceites bases de crudos selectos, nuevos métodos de refinación y aditivos químicos especiales, se han creado aceites de alto índice de viscosidad que son lo suficientemente delgados para permitir un rápido encendido a bajas temperaturas y

a la vez lo suficientemente gruesos para un comportamiento satisfactorio a altas temperaturas (**Wesskopf y Jenkins, 1983**).

b) Lubricación y Prevención del Desgaste

Una vez que es arrancado el motor de un vehículo, el aceite debe circular rápidamente y lubricar todas las superficies en movimiento para prevenir el contacto metal a metal que resultaría en desgaste, abrasión o rayado de las partes de la maquinaria. Las películas de aceite en los cojinetes y paredes del cilindro son sensitivas al movimiento , a la presión y al suministro de aceite. Estas películas deben ser continuamente rellenadas por medio de un flujo adecuado y una apropiada distribución del aceite (**Stegemann, 1984).**

c) Reducción de la Fricción

Bajo las condiciones de lubricación en el motor, una película delgada de aceite previene el contacto metal a metal entre las partes en movimiento del motor. Un movimiento relativo de estas partes lubricadas requiere de suficiente fuerza para vencer la fricción fluida del lubricante. La viscosidad debe ser lo suficientemente alta para mantener una película intacta, pero no más alta de lo necesario, ya que ésta aumentaría la cantidad de fuerza requerida para vencer la fricción fluida **(Wesskopf y Jenkins, 1983).** Los fabricantes de automóviles especifican apropiados rangos de viscosidad SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices, de las siglas en inglés Society of Automovile Engineers) del aceite de acuerdo a las temperaturas atmosféricas esperadas.

Cuando el aceite se contamina su viscosidad cambia ; con el hollín, sucio o barnices su viscosidad aumenta, y con la dilución en combustible su viscosidad disminuye. Ambas direcciones de cambio de viscosidad son potencialmente perjudiciales a la maquinaria del motor. Por esta razón los niveles contaminantes en el aceite de motor deben mantenerse bajos. Esto puede lograrse por medio del cambio de aceite a intervalos apropiados **(Shell, 1993)**.

d) Protección contra la Herrumbre y la Corrosión

Bajo condiciones ideales, el combustible se quema para formar dióxido de carbono y agua. Por una variedad de razones, un motor a gasolina no quema el combustible completamente, generando así algunos cambios químicos durante la combustión que forman hollín y carbón del combustible parcialmente quemado. Este hollín y combustible parcialmente quemado sale por el escape de forma de humo negro. Esa parte del hollín y combustible sin quemar que se escapa, pasa por los anillos y dentro del cárter tiende a combinarse con agua para formar depósitos de lodo y barnices en las partes críticas del motor.

La formación de lodo puede obstruir el paso de aceite, la formación de barnices interfiere con el espacio libre apropiado para flujo de aceite causando mal funcionamiento y adherencia en partes vitales del motor.

El agua es también problema ; por cada galón de combustible quemada en un motor, más de un galón de agua es formado. La mayor parte de dicha agua está en forma de vapor y sale a través del escape, una parte se condensa en las paredes de los cilindros o se escapa por los anillos de los pistones y es atrapada temporalmente

en el cárter. En adición al agua y los subproductos de una combustión incompleta del combustible, otros gases de combustión corrosivos también pasan los anillos y son condensados o disueltos en el aceite del cárter. Si agregamos a éstos los ácidos formados por la oxidación normal del aceite, la formación potencial de herrumbre y depósitos corrosivos llega a ser muy significativa.

La vida de las partes del motor depende en gran parte de la habilidad del aceite para neutralizar los efectos de estas sustancias corrosivas. Un aceite de calidad contiene compuestos químicos solubles en aceite que proporcionan las cualidades de prevención de herrumbre y corrosión en las partes del motor (**Wesskopf y Jenkins, 1983**).

e) Limpieza de las Partes del Motor

El objetivo de los aceites para motor de alta calidad no es solamente el de mantener limpias las partes del motor, si no que también el de prevenir que los depósitos de lodo y barniz interfieran para un apropiado funcionamiento del motor.

La función de los aditivos contenidos en los modernos aceites para motor es la de mantener estos contaminantes en suspensión para evitar la coagulación y la formación de masas de lodo dentro del motor. Estos aditivos mantienen limpias las partes vitales del motor y los contaminantes de los aceites suspendidos en partículas tan finas que pueden removerse con cambios regulares de aceite **(Stegemann, 1984).**

f) Reducción de los Depósitos en Cámaras de Combustión

Al desarrollar su función de lubricación, alguna porción de aceite debe alcanzar el área del anillo superior del pistón para lubricar los anillos y paredes del cilindro. Este aceite es expuesto al calor y a la llama de combustible quemado, quemándose parte del aceite .

Los aditivos detergentes/dispersantes en los aceites para motor mantienen libres los anillos de pistones en sus ranuras, manteniendo de esta forma las presiones de combustión y disminuyendo la cantidad de aceite que alcanza la cámara de combustión. Esto no solamente reduce el consumo de combustible, sino que también, lo más importante, mantiene en el mínimo los depósitos en la cámara **(Wesskopf y Jenkins, 1983).**

g) Enfriamiento de las Partes del Motor

Muchos asumen que el enfriamiento del motor se desarrolla por la acción de la mezcla agua-anticongelante usada en el sistema de enfriamiento, en efecto, dicha mezcla hace cerca del 60 % del trabajo de enfriamiento, el que se desarrolla únicamente en la parte superior del motor que comprende las cabezas de cilindros, paredes de cilindros y las válvulas.

Del aceite para motor depende directamente el necesario enfriamiento del cigüeñal, de los cojines de rodos conectores, del árbol de levas y sus cojines, de los engranajes de tiempo, de pistones y de muchos otros componentes en la parte baja

del motor. Todas estas partes tienen límites definidos de temperaturas que no deben excederse **(Shell, 1993)**.

h) Sello de las Presiones de Combustión

Las superficies de los anillos de pistones, ranuras de anillos y paredes del cilindro no son completamente lisas, ya que contienen microscópicas asperezas. Por esta razón, los anillos por sí solos nunca pueden completamente prevenir que la alta combustión y las presiones de combustión se escapen dentro del área baja de presión del cárter, con la consiguiente reducción de potencia y eficiencia del motor. El aceite para motor llena estas asperezas en las superficies del anillo y paredes del cilindro y ayuda a sellar las presiones de compresión y combustión **(Shell, 1993)**.

i) Evitar la Formación deEspuma

Debido a que hay muchas partes en rápido movimiento dentro de un motor, el aire es constantemente atrapado en el aceite , produciendo espuma, lo que es simplemente una cantidad de burbujas de aire que pueden o no desaparecer rápidamente. Estas burbujas normalmente suben a la superficie y se quiebran, pero el agua y ciertos otros contaminantes hacen lento el burbujeo a la cual esto ocurre, formando así la espuma.

La espuma es mal conductora del calor, de manera que si la cantidad de espuma es excesiva, el enfriamiento del motor será incompleto ya que el calor no será dispersado. La espuma tiene poca habilidad para soportar cargas y para prevenir el

desgaste de los elevadores de válvula hidráulica y de los cojines **(Wesskopf y Jenkins, 1983).**

1.3 TRATAMIENTO DE LOS LUBRICANTES CON ADITIVOS QUIMICOS

Se llama aditivo al compuesto o a los compuestos químicos que se agregan a un lubricante con el propósito de impartirle nuevas propiedades o de realizar aquellas cualidades que el citado lubricante posee (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

Los aditivos químicos contenidos en los modernos aceites para motor imparten propiedades químicas y físicas que proporcionan buenas habilidades de lubricación viscosidad, fluidéz y de protección contra el desgaste, corrosión, oxidación herrumbre, depósitos a altas y bajas temperaturas, espuma y cargas severas.

Estos aditivos químicos tienen diferentes funciones y son de diversos tipos, no obstante, en general pueden clasificarse en las categorías mencionadas del literal (a) al (g), según (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

a) Aditivos anti-oxidantes
b) Detergentes
c) Dispersantes
d) Aditivos mejoradores del índice de viscosidad
e) Mejoradores del punto de Fluidéz
f) Aditivos anti-corrosivos
g) Anti-espumante

a) Aditivos Anti-oxidantes

Todos los aceites hidrocarburos reaccionarán con el oxígeno cuando son expuestos al aire a altas temperaturas cerca de los 121°C o mayores . Condiciones de oxidación se presentan en cualquier motor de combustión interna, ya sea diesel o gasolina.

Sumando a todo lo anterior la presencia de algunos metales propios del motor actúan como catalizadores de la oxidación, particularmente el hierro, plomo y cobre, los cuales son sumamente activos .

Además de los productos de oxidación que se forman, como lacas y barnices, existen otros que se forman en el aceite como ácidos orgánicos de bajo peso molecular, los cuales se presentan como muy corrosivos para ciertos metales, especialmente el cobre y sus aleaciones.

La oxidación de los aceites es claramente indeseable y se previene mediante el uso de aditivos inhibidores de la oxidación.

El mecanismo mediante el cual los inhibidores funcionan no es completamente comprendido, pero básicamente la función que realizan es la de reducir la formación de ácidos orgánicos y también mediante la formación de películas protectoras sobre las superficies metálicas (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

Las sustancias más usadas como inhibidores de la oxidación son el **ditiofosfato y el diaquilditiofosfato de zinc, compuestos orgánicos de azufre, fósforo y**

nitrógeno, como las aminas, los sulfitos, los hidroxisulfitos y los fenoles. Para altas temperaturas, los inhibidores más utilizados son los **ditiofosfato de zinc** y para temperaturas normales los **fenoles bloqueados (Albarracín, 1993).**

b) Aditivos Detergentes

Los aditivos detergentes son limpiadores y aseguran un rendimiento muy satisfactorio del aceite en sistemas circulatorios, evitando la formación de materias residuales no lubricantes, tales como lodos, barnices y lacas resultantes de la descomposición y de la combustión, acumulación alrededor de los anillos de los pistones, en los clavos de las chumaceras y en cualquier otra parte de los elementos mecánicos de la máquina.

El filtro de aceite elimina algunas de estas materias contaminantes, pero otras permanecerán en el aceite formando sustancias pegajosas de consistencia gomosa que terminan adhiriéndose a la superficies metálicas calientes. Un detergente adecuado evita este proceso perjudicial al disolver contínuamente estas formaciones, manteniendo la limpieza del aceite (**Weisskopf y Jenkins, 1983).**

Los detergentes más usados hoy en día son los **jabones orgánicos y las sales de metales alcalinas, tales como el bario, el calcio y el magnesio.** Estas sustancias son a menudo llamadas compuestos metalo-orgánicos. **Los sulfonatos de bario, calcio y magnesio y los fenatos de bario y clacio (o sulfuros de fenol)** son ampliamente utilizados. Los fenatos son quizás los más empleados actualmente, por ser los que dan los mejores resultados a temperaturas muy elevadas (**Albarracín, 1993).**

c) Aditivos Dispersantes

Como refuerzo a la función que realizan los detergentes, están los aditivos dispersantes, éstos mantienen las sustancias insolubles dispersas en el aceite hasta su eliminación por drenado.

La maquinaria no recibirá daño alguno derivado de estas condiciones, ya que después de la filtración las materias extrañas dispersas en el aceite no resultan abrasivas (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

Como aditivos dispersantes generalmente se emplean los **copolímeros, los polímeros, los alquinil-sicinamidas, las amidas y las poliamidas, los ésteres poliésteres y las sales amínicas de alto peso molecular** en esta clase de productos, un monómero de nitrógeno contribuye a aumentar la actividad superficial de los aceites para que ésta actúe como punto de atracción de sustancias polares, evitando así que se formen las aglomeraciones de productos (**Albarracín, 1993**).

d) Aditivos Mejoradores del Indice de Viscosidad

Las características de viscosidad para los aceites lubricantes representan un compromiso entre la necesidad de lograr la mejor fricción posible durante las operaciones intermitentes de servicio y la máxima adhesividad y consistencia de película para las temperaturas normales de servicio.

Lo más deseable bajo estas condiciones es el menor cambio de viscosidad con los cambios de temperatura. La incorporación de un aditivo mejorador del índice de viscosidad mejora la relación natural viscosidad-temperatura de los aceites lubricantes.

En 1930 se encontró que ciertos polímeros tenían esta propiedad. Cuando esta clase de polímeros se mezcla con el aceite , se considera que lo que ocurre es una dispersión molecular del polímero en el lubricante formando con éste una mera solución.

La propiedad que sobre la viscosidad desarrollan estos aditivos puede ser atribuida al efecto que los cambios de temperatura tienen sobre el estado de la solución aceite-aditivo (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

Los polímeros más comúnmente usados como aditivos mejoradores del índice de viscosidad son los **polisobutilenos, los copolímeros de alquil metacrilato, los copolimeros de olefinas, los polimetacrilatos y los copolimeros de isopreno y estireno (Albarracín, 1993).**

e) Aditivos Mejoradores del Punto de Fluidéz

Los aceites provenientes de crudos de alta calidad, contienen compuestos parafínicos que al enfriarse el aceite forman precipitados de cera. Esta formación de cera gobierna el punto de fluidéz de dichos aceites, que luego llegan a tener puntos de fluidéz cercanos a 40°C. Los reductores del punto de fluidez

invariablemente son compuestos de gran peso molecular que aumenta el del aceite a temperaturas normales.

La probable acción del aditivo, es la de cubrir las superficies de los cristales de cera y de esta manera prevenir su crecimiento e impedir que formen una gelatina.

Los compuestos que más comúnmente se utilizan como reductores del punto de fluidez son : **polialquinaftalenos, polialquifenoles o polialquimetacrilatos** ; todos estos son compuestos de altos pesos moleculares (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

f) Aditivos Anticorrosivos

Estos aditivos son sumamente útiles especialmente si se agregan a los aceites circulantes y a ciertos tipos de grasas. Ellos retardan la corrosión del metal y su enmohecimiento, cuando las superficies están expuestas al aire húmedo o al contacto con agua. Los lubricantes ordinarios ejercen cierto grado de adherencia capilar sobre las superficies metálicas, pero esta película protectora no se sostiene si hay demasiada humedad, siendo desplazada por ésta, especialmente si se tratan de mecanismos que trabajan al vacío.

Consecuentemente la industria petrolera ha desarrollado aditivos protectores contra el moho y anticorrosivos en los lubricantes de primera calidad, para aumentar la capacidad adherente del aceite , neutralizando al mismo tiempo la acidez. Como inhibidores de la corrosión se utilizan los **ditiofosfatos de zinc, los ditiocarbonatos metálicos, los terpenos sulfurados y fosfosulfurizados, los**

sulfonátos básicos de metales y el ester del ácido estilfosfórico. Estos materiales reaccionan químicamente con la superficie metálica, formando una película protectora **(Albarracín, 1993).**

g) Aditivos Antiespumantes

Cuando un aceite es agitado, el aire puede incorporarse en él y formar pequeñas burbujas de distinto tamaño, que tienden a subir a la superficie, formando espuma más o menos persistente. Las burbujas de mayor tamaño se rompen con más facilidad que las pequeñas, jugando un papel muy importante la tensión superficial del aceite. La tendencia a la formación de espumas se incrementa con las temperaturas bajas, viscosidad alta, presencia de agua, velocidades de agitación elevadas y tensiones superficiales altas.

La presencia de espuma en los sistemas de lubricación puede llegar a ser un serio inconveniente, debido a que si se forma demasiada cantidad, lo que el sistema proporciona al mecanismo es una mezcla de aceite y aire, produciéndose una lubricación deficiente y eventualmente daños irreparables en las piezas mal lubricadas.

Los aditivos antiespumantes unen las burbujas de aire, produciendo puntos débiles en estas. Las burbujas entonces se revientan formando burbujas más grandes, las cuales suben más rápidamente a la superficie, liberando de esta manera el aire. Los aditivos más utilizados son los **polímeros de silicona y los copolímeros orgánicos (Albarracín, 1993).**

1.4 ACEITES LUBRICANTES DE MOTOR Y SU CONTAMINACION

Son muy diversas las formas mediante las cuales los aceites lubricantes pueden resultar contaminados, éstas varían desde refinaciones incompletas o mal elaboradas durante su proceso de manufactura hasta contaminaciones producidas por mal manejo o almacenaje de los lubricantes, caso en el cual estos resultarán contaminados aún cuando no hayan estado en contacto alguno con máquinas o motores .

Pero la manera más común para que los lubricantes resulten contaminados es cumpliendo con el fin para el cual están destinados, lubricar máquinas y motores. Básicamente se distinguen dos grupos de contaminantes en los aceites de motor usados : Contaminantes físicamente formados y contaminantes químicamente formados (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

1.4.1 CONTAMINANTES FISICAMENTE FORMADOS

Los contaminantes físicamente formados pueden ser sólidos o líquidos.

a) Contaminantes Sólidos

Los contaminantes sólidos se deben principalmente a partículas de óxido de hierro y otro tipo de metales como el plomo, aluminio, níquel; producto de la corrosión de tuberías y accesorios, los cuales son recogidos por el aceite durante su paso a través de éstos durante el proceso de lubricación. Según la procedencia de los contaminantes sólidos, se encuentran los diferentes tipos descritos en:

a.1) Abrasivos, a.2) Hollín y Carbón Coloidal y a.3) Otros Residuos de Contaminación.

a.1) Abrasivos

El polvo : El polvo sucio de la carretera que no es retenido por el filtro de aire (depurador) o que entra por el tapón y el sistema de ventilación del cárter, el cual contiene silicio es un problema de contaminación.

Elementos de Desgaste : El hallazgo de partículas de metales en el aceite es un indicador de desgaste en componentes específicos de la unidad. Las partículas metálicas producidas por desgaste normal o anormal de las partes del motor, no retenidas por el filtro o parcialmente filtradas, indican un problema de desgaste a nivel microscópico antes de que pueda ser detectado mecánicamente.

Las fuentes de desgaste metálica que sufren los motores en funcionamiento son las siguientes :

Hierro : En cilindros, engranajes, anillos, cigüeñal, cojinetes, pistones y herrumbres.

Cromo : Anillos de compresión, varillas de empuje y cojinetes de bancada.

Cobre : Casquillos, cojinetes, platos de fricción, enfriadores de aceite y aditivos del aceite .

Estaño : Cojinetes y bujes.

Aluminio : Pistones, evaporadores de aire acondicionado, rotores y varillas de empuje.

Níquel : Válvulas.

Plata : Cojinetes y casquillos.

a.2) Hollín y Carbón Coloidal

Estos son depositados en el aceite y son producidos por una combustión incompleta durante el arranque y el calentamiento del motor.

a.3) Otros Residuos de la Combustión

Producidos por los residuos de plomo dejados durante la combustión cuando se usa gasolina con agentes antidetonantes de plomo.

b) Contaminantes Líquidos

Los contaminantes líquidos se dividen en: b.1) Sub-productos de Combustión y b.2) Dilución por Combustible.

b.1) Sub-productos de Combustión

Los contaminantes líquidos son básicamente agua condensada generada por la combustión que no es extraída por el escape; materiales ácidos producidos en el proceso de combustión, que se condensan en las paredes de los cilindros y caen al aceite del cárter. Esta agua condensada puede herrumbrar las partes del lubricante aumentando su degradación.

b.2) Dilución por Combustible

Gasolina líquida no quemada que se produce durante el arranque o bajo condiciones anormales de operación y que se deposita en las paredes del cilindro, para diluirse posteriormente con el aceite. Cuando esta cantidad es excesiva, degrada el aceite , aumentando su viscosidad y pudiendo indicar también otro problema en el equipo (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

1.4.2 CONTAMINANTES QUIMICAMENTE FORMADOS

Durante la operación del motor se combinan los hidrocarburos del aceite con el oxígeno del aire para formar varios materiales químicos complejos que resultan en resinas y barnices. La reacción que se lleva a cabo es una forma de deterioro a la cual están sujetos todos los aceites derivados del petróleo. La oxidación es acelerada por altas temperaturas, por catalizadores (cobre) y por la presencia de los antes mencionados contaminantes físicamente formados. La oxidación del aceite forma dos clases generales de productos en degradación : a) Materias solubles en aceite y b) Materias insolubles en aceite (**Weisskopf y Jenkins, 1983**).

a) Materias Solubles en Aceite

Estos contaminantes son principalmente ácidos orgánicos y peróxidos productos de la oxidación del aceite . Estos ácidos pueden resultar corrosivos a ciertos metales que se encuentran en las partes de la máquina promoviendo la corrosión en éstos.

b) Materias Insolubles en Aceite

Cuando se oxidan los hidrocarburos se forman como se mencionaba al inicio de esta sección , ácidos solubles en el aceite y productos parcialmente oxidados.

Estos materiales cuando se queman expuestos a altas temperaturas tienden a formar lacas. La laca es un producto duro, seco y lustroso, insoluble en el aceite que generalmente se deposita en las paredes de los sistemas de lubricación. Estos materiales llegan a adherirse de tal manera que a veces se necesita de un solvente para desprenderlos.

Los mismos materiales que pueden formar laca, pueden coagularse con el carbón, el aceite, el agua y con cualquier otra materia extraña presente en el cárter para formar una mezcla gruesa y viscosa comúnmente llamada lodo.

En el cuadro 1.3 se presenta un resumen de los posibles contaminantes que puede contener el aceite después de ser usado. Al mismo tiempo, en el anexo I se presentan algunas de las características y efectos nocivos a la salud que presentan los materiales presentes en dicho cuadro.

Cuadro 1.3 Resumen de los Posibles Contaminantes que Puede Contener el Aceite Usado de Automotores.

TIPO DE CONTAMINANTE	FORMULA QUIMICA
Oxido de hierro	FeO
Sílice (en el polvo)	SiO_2
Cromo	Cr
Cobre	Cu
Estaño	Sn
Aluminio	Al
Níquel	Ni
Plata	Ag
Plomo	Pb
Materiales ácidos (ácidos orgánicos)	$CH_3(CH_2)_n COOH$
Etilenglicol	$C_2H_6O_2$
Gasolina no quemada	
Lacas	
Lodos	
Carbón coloidal	
Peróxidos	

2.0 LOS ACEITES RESIDUALES Y LOS PROBLEMAS DE MEDIO AMBIENTE

Esta sección trata sobre los contaminantes existentes en los aceites lubricantes vírgenes y usados, así como los efectos de contaminación que se producen al disponer inadecuadamente el aceite residual de automotores. También se especifican las regulaciones, disposiciones y prohibiciones que se deben acatar en el manejo y disposición final del aceite residual. Al final se presentan análisis químicos del aceite residual de automotores recolectados en el AMSS, los cuales permiten comparar las concentraciones de metales tóxicos con los límites permisibles existentes y determinar una mejor disposición final de estos.

La definición regulatoria de **aceite usado** dada por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norte América (**U.S. EPA,1996**), es la siguiente: **Aceite usado** es cualquier aceite que ha sido refinado de aceite crudo o cualquier aceite sintético que ha sido usado y como resultado de tal uso está contaminado por impurezas físicas y químicas. Para que una sustancia sea clasificada como aceite usado, esta debe reunir los siguientes criterios:

a) Origen: El aceite usado debe haber sido refinado de aceite crudo o hecho de materiales sintéticos. Aceites animales y vegetales están excluidos de esta definición.

b) Uso: Este criterio está basado en como el aceite es usado. Aceites usados como lubricantes, fluidos hidráulicos, fluidos que transfieren calor, flotantes y para otros propósitos similares, son considerados como aceites usados. Aceite no usado como

desperdicios de limpieza del fondo de los tanques de almacenamiento de aceite combustible virgen o aceite combustible virgen recuperado de un derrame, no están reunidos en la definición de la U.S. EPA para aceite usado, ya que estos aceites nunca han sido usados.

c) Contaminantes: Este criterio se basa en si o no el aceite está contaminado con cualquier impureza física o química. Es decir, para reunir esta definición el aceite usado debe llegar a ser contaminado como resultado de su uso. Entre los contaminantes físicos se pueden incluir metales y suciedad; los contaminantes químicos podrían ser solventes, halógenos o agua.

Entre los diferentes tipos de aceites usados se tienen los siguientes **(U.S. EPA, 1996)**:

a) Aceites sintéticos
b) Aceites de motor: Típicamente incluye aceites del carter de motor diesel y gaso - lina utilizados en automóviles, camiones, botes, aeroplanos, locomotoras y equipo pesado.
c) Fluidos de transmisión
d) Aceite refrigerante
e) Aceites de compresores
f) Fluidos hidráulicos e industriales

2.1 CONSTITUYENTES PELIGROSOS EN LOS ACEITES LUBRICANTES VIRGENES Y USADOS

El aceite usado es un problema de desecho ya que su generación puede estar en varias partes a la vez y además contiene desperdicios de líquidos peligrosos y otros contaminantes. Cuando el aceite usado de lubricación califica como un desecho peligroso, su eliminación se vuelve complicada y costosa, describiéndose los contaminantes de aceite virgen y usado en los literales (a) y (b).

a) Contaminantes peligrosos del aceite virgen

Los aceites de lubricación nuevos y usados pueden contener constituyentes peligrosos tales como metales, compuestos tratados con cloro, e hidrocarbones aromáticos polinucleares.

Se ha comprobado que el aceite virgen contiene metales como bario, cadmio, plomo y zinc en el orden de 0 a 1 ppm, menores cantidades de cromo (0 a 0.05 ppm.), los cuales están por debajo de los límites regulatorios definidos por **Kreith, 1994** (cuadro 2.1). También han sido identificados bensopireno (en $<$ 1 ppm) y un cancerígeno PAM (2-piridina aldoxi-metionina).

Los aditivos que poseen los aceites lubricantes contienen constituyentes peligrosos tales como magnesio, zinc, plomo y orgánicos, y ellos también incrementan la concentración de sulfuro, cloro y nitrógeno en el aceite **(Kreith, 1994)**.

b) Contaminantes peligrosos del aceite usado

Durante el servicio, los aceites lubricantes se contaminan con partículas metálicas del deterioro del motor, gasolina de la combustión incompleta, oxido, suciedad, hollín, componentes de plomo y vapor de agua del motor. Aditivos del aceite pueden oxidarse durante la combustión formando ácidos corrosivos.

El cuadro 2.1 muestra las concentraciones de sustancias potencialmente peligrosas obtenidas de análisis de muestras de aceite usado de automotores tomadas directamente de colectores en los Estados Unidos, además contiene algunos límites regulatorios para el aceite usado declarados por la U.S. EPA **(Kreith, 1994)**. Puede observarse que el aceite de motor analizado presenta niveles altos de algunos metales, siendo el plomo, arsénico y cromo los que sobrepasan el límite regulatorio. También poseen trazas de solventes clorados, encontrándose niveles bajos de cloruros totales. Además, el análisis refleja la existencia de compuestos orgánicos aromáticos, los cuales no pueden compararse por no tener límites regulatorios.

Cuadro 2.1 Concentración de Constituyentes Potencialmente Peligrosos en Muestras de Aceite Usado de Automotores Tomadas Directamente de los Motores (Kreith, 1994).

Constituyente	Número de muestras	límite de detección %	Concentración significativa ppm	Concentración media ppm	Rango de concentración ppm baja	alta	Limite regulatorio para aceite usado
Metales:							
Arsénico	24	8	9.9	5	< 5	14	5
Bario	113	95	209.5	94	0.78	3.906	
Cadmio	64	93	1.7	1	< 0.2	10	2
Cromo	99	97	10.8	8	0.5	50	10
Plomo	40	97	2573.7	1470	5	21700	100
Zinc	116	100	982.3	1000	4.4	3000	
Solventes clorados:							
1,1,1- Tricloetano	22	18	401.3	6	< 1	1000	
Tricloroetileno	22	9	2.5	5	< 1	16	
Tetracloroetileno	22	36	180.1	9	< 2	660	
Cloruros totales	36	100	1200.0	800	< 100	4700	4000
Otros orgánicos:							
Benceno	22	45	589	9	1	3600	
Tolueno	22	86	1010.7	190	1	6500	
Xileno	22	90	2005.2	490	2	14000	
Benzopireno	21	100	9.7	10	1.3	17	
PCB	22	5	39	-	-	-	

2.2 EFECTOS DE CONTAMINACION PROVOCADOS POR LA INADECUADA DISPOSICION DE LOS ACEITES RESIDUALES DE AUTOMOTORES

El problema de contaminación que provoca el aceite usado de motor se origina cuando es tiempo de disponer de éste, según estadísticas el 90% de las personas que se deshacen del aceite para automóviles que ya está usado, lo hacen incorrectamente, tirándolo en el drenaje, directamente sobre la superficie de la tierra o en la basura. Los expertos estiman que el 40% de la contaminación de los canales de los Estados Unidos de Norteamérica es de aceite usado **(Brandl, 1997)**.

Al desechar inadecuadamente el aceite residual de automotores, este puede contaminar las aguas subterráneas con sustancias como el plomo, magnesio, zinc, cromo, arsénico, cloruros, etc. Una de las sustancias que también podría contener el aceite del motor por mala operación de este, son los anticongelantes. El químico más peligroso que se encuentra en los anticongelantes es el **Etilenglicol**, pero también pueden existir contaminantes como la gasolina, cobre, zinc y plomo. Es muy peligroso que queden charcos de anticongelantes, puesto que éste despide un olor dulce y puede producir envenenamiento en seres vivos por ingestión **(U.S. EPA, 1998)**.

El aceite usado del motor es insoluble, persistente y muy lento de degradar, adhiriéndose a playas, flora y fauna marina. Cuando el aceite se vierte sobre la tierra, puede contaminar fuentes de agua potable. Derramar aceite en una alcantarilla es equivalente a verterlo directamente en una secuencia o río. Así como derramar el aceite en la basura equivale a derramarlo en la tierra, ya que ésta será

vaciada en un terraplén, donde filtrará en la tierra y contaminara eventualmente el agua potable. Una fracción de 0.25 galones de aceite crea un aceite venenoso parejo alrededor de un acre de diámetro; si el aceite se bota en un agua superficial, forma una película aceitosa en la superficie que bloquea la luz del sol, esto reduce el oxígeno necesario para los peces y la otra vida acuática bajo el océano. Según la U.S. EPA, los productos químicos y metales pesados tóxicos que vienen del motor en apenas un cambio de aceite (un galón), pueden arruinar permanentemente un millón de galones de agua dulce **(Brandl, 1997)**.

2.3 REGULACION Y DISPOSICION FINAL DEL ACEITE USADO DE AUTOMOTORES

Sobre las regulaciones y disposiciones finales que debe cumplir el aceite residual de automotores, en El Salvador actualmente no se cuenta con este tipo de normativas, sin embargo tanto el Ministerio del Medio Ambiente y la Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) empezarán en mayo del corriente año a trabajar sobre un anteproyecto (basado en las regulaciones de la U.S. EPA) presentado por la Dirección de Hidrocarburos y Minas del Ministerio de Economía **(Vaquerano, 1999)**.

La U.S. EPA emitió su reglamento final sobre aceite usado el 10 de Septiembre de 1992. Ellos decidieron no listar el aceite usado como un desecho peligroso por que existen regulaciones de desechos peligrosos basados en características peligrosas (tóxicos, corrosivos, radioactivos, incendiarios) adecuadamente manejados. Existe también suficiente exigencia federal y regulaciones del estado para controlar la

disposición de aceite usados no peligrosos. La U.S. EPA simultáneamente promulgó estándares para el manejo de aceite usado para generadores, transportadores, procesadores, re-refinadores, quemadores y vendedores.

La aplicación de las regulaciones del generador para instalaciones que produzcan más de 25 galones de aceite por mes (no incluyendo granjeros o automovilistas que cambian su aceite lubricante en sus hogares), deben cumplir:

- Mantener tanques de almacenaje y contenedores
- Viñetas en tanques de almacenaje " aceite usado"
- Limpiar cualquier pérdida o derramamiento
- Emplear un transportador de aceite usado poseyendo un número de identificación de la U.S. EPA.

Los propietarios de las estaciones de servicio quienes deben cumplir con lo anterior, y además pueden aceptar aceite de quienes cambian su propio aceite.

Los procesadores de aceite usado y re-refinadores deben de cumplir con los siguiente estándares de manejo:

- Obtener un número de identificación de la U.S. EPA
- Mantener tanques de almacenaje
- Manejo o almacenaje de aceites sólo en áreas con pisos insensibles y contención secundaria
- Plan de pruebas de aceite para el contenido halógeno
- Manejo seguro del proceso de residuos

Los transportadores y colectores que llevan aceite de un sitio a otro para reciclaje, deben cumplir con los requisitos de almacenaje, transporte, si el aceite es mantenido más de 24 horas en ruta a su destino final. Los generadores quienes transportan menos de 55 galones de su propio aceite están exentos. Los transportadores deben cumplir los mismos requisitos como un procesador (donde aplique). También los quemadores de aceite usado deben cumplir con los mismos requisitos de almacenaje **(Kreith, 1994)**.

2.3.1 METODOS DE REGULACION PARA INCREMENTAR LA ACUMULACION DE ACEITE USADO

Un número de métodos diferentes están disponibles a nivel municipal, estatal y federal para aumentar la recuperación de aceite usado. Entre estos métodos de acuerdo a **Kreith (1994)**, están:

- Imponer regulaciones en los generadores de aceite usado
- Proveer un sistema de depósito-reembolso en la compra y retorno de aceite nuevo y usado.
- Proveer un impuesto en las compras relacionadas con motores Para subsidiar la acumulación de aceite usado y reciclado
- Requerir vendedores de aceite para mantener facilidades en la acumulación
- Desarrollar una infraestructura de soporte estatal de centros de acumulación públicos y privados
- Contar con la educación pública
- Exigir a los productores de aceite el reuso de cierta cantidad de aceite usado (ya sea refinándolo o usarlo como combustible)

2.3.2 PROHIBICIONES EN LA ELIMINACION DEL ACEITE USADO

Tanto las leyes estatales como federales en los Estados Unidos concuerdan en cuanto a la prohibición de eliminación del aceite usado. Los siguientes casos constituyen una clara violación de tales disposiciones **(U.S. EPA, 1998)** :

- Eliminar el aceite en el suelo, alcantarillas, sistemas de drenaje, tanques sépticos, masas de aguas superficiales o subterráneas, cursos de agua o aguas marinas.
- Arrojar aceite en los rellenos, o también mezclar el aceite con otros desperdicios a fin de eliminarlo utilizando los rellenos.
- Mezclar el aceite con sustancias peligrosas que lo conviertan en material no apto para reciclaje o el uso productivo.
- Liberar aceite usado al ambiente a través de procesos tales como control de malezas, control de polvo en carreteras u otros usos similares.
- El filtro de aceite usado de un automóvil contiene un cuarto de aceite. Los expertos sugieren que se ponga el filtro en un envase plástico, dejar el aceite drenar y después de 24 horas podrá liberarse del filtro, por ejemplo reciclándolo en una fundidora.

2.4 ANALISIS QUIMICO DE ACEITES RESIDUALES DE AUTOMOTORES RECOLECTADO EN EL AMSS

En los cuadros 2.2 y 2.3 se presentan los análisis químicos efectuados a muestras de aceite virgen y aceite residual recolectado en algunos de los lugares que efectúan cambios de aceite en el AMSS. Las muestras de aceite residual se tomaron aleatoriamente, escogiendo cinco muestras de medio litro cada una, en

gasolineras, lubricentros, talleres automotrices y puntos de buses y microbuses respectivamente. Las muestras obtenidas se mezclaron, para así obtener una representatividad de la composición del aceite residual generado en el AMSS.

El análisis de elementos químicos existentes en la muestra fue realizado con la colaboración del Ing. Enrique Campos Sutter, supervisor del laboratorio de aceites lubricantes de la empresa TEXACO, ubicado en Acajutla, Sonsonate, El Salvador. Para efectos comparativos, se analizaron dos muestras de aceite virgen, del tipo monogrado y multigrado; y la muestra del aceite residual recolectada en el AMSS. Los análisis se realizaron por Espectrometría de Emisión Atómica por arco eléctrico, con una resolución de $\pm$ 10 ppm.

Observando los cuadros 2.2 y 2.3, se puede apreciar que en algunos elementos como el Fe, Cr, Pb, Cu, Al, Si, B, Mg, Na y Mo, su concentración ha aumentado, lo que puede ser a causa de los desgastes sufridos en las partes del motor. Sin embargo, la concentración de otros elementos como el Ca, P y Zn, han disminuido, debido a que estos forman parte de los aditivos en los aceites vírgenes, los cuales son degradados al realizar su función, ya que están sometidos a procesos de oxidación y formación de lodos, perdidas en cámaras de combustión y formación de sales.

Cuadro 2.2 Análisis Químico del Aceite Virgen, Tipo Monogrado y Multigrado (TEXACO, 1998).

Elemento	Aceite monogrado (SAE 40) ppm	Aceite multigrado (15W-40) ppm
Fe	0.0	0.0
Cr	0.1	0.0
Pb	0.7	0.0
Cu	0.0	0.0
Sn	0.0	0.0
Al	0.8	1.5
Ni	1.5	1.2
Ag	0.2	0.2
Si	3.7	3.8
B	0.8	0.7
Na	2.9	2.9
Mg	11.6	12.6
Ca	2,092.0	2,174.0
Ba	91.5	92.5
P	1,134.0	1,204.0
Zn	1,137.0	1,270.0
Mo	0.2	0.0
Ti	0.0	0.0

Cuadro 2.3 Análisis Químico del Aceite Residual Recolectado en el AMSS (TEXACO, 1998).

Elemento	Muestra 1 ppm	Muestra 2 ppm	Muestra 3 ppm	Media Aritmética (ppm)	Desviación Típica
Fe	48.0	47.6	44.2	46.60	± 2.088
Cr	2.4	2.3	2.3	2.33	± 0.058
Pb	96.6	92.5	92.4	93.83	± 2.396
Cu	38.0	36.4	37.4	37.26	± 0.808
Sn	1.0	0.3	1.2	0.83	± 0.473
Al	10.6	10.1	10.0	10.23	± 0.321
Ni	2.2	2.2	2.0	2.13	± 0.115
Ag	0.3	0.2	0.3	0.26	± 0.058
Si	17.4	16.7	16.0	16.70	± 0.700
B	26.4	25.4	25.0	25.60	± 0.721
Na	50.8	48.5	51.0	50.10	± 1.389
Mg	497.0	4 81.0	480.0	486.00	± 9.539
Ca	873.0	833.0	815.0	840.33	±29.687
Ba	93.0	92.8	91.7	92.50	± 0.700
P	948.0	921.0	907.0	925.33	±20.841
Zn	978.0	947.0	966.0	963.66	± 5.631
Mo	4.9	4.8	4.7	4.80	± 0.100
Ti	0.9	0.5	0.8	0.73	± 0.208

Al comparar los datos del cuadro 2.3 con algunos de los límites permisibles existentes en el cuadro 2.1, se puede observar que la concentración de los metales pesados plomo y cromo de la muestra analizada del aceite residual, se encuentran por debajo de los límites regulatorios para aceite usado reportados por **Kreith, 1994.** Esto permie inferir que los aceites residuales de automotores generados en el AMSS, por lo menos en lo que respecta a las concentraciones de plomo y cromo, se encuentran por debajo de los límites permisibles existentes en el marco regulatorio de la U.S. EPA.

3.0 ALTERNATIVAS DE RECUPERACION DEL ACEITE RESIDUAL DE AUTOMOTORES (Kreith, 1994).

Generalmente, los desechos de aceites lubricantes pueden ser recuperados y reciclados ya sea directamente en el caso de desechos con alto contenido de aceites o después de alguna forma de separación y concentración de materiales con alto contenido de agua. Mientras ciertos tipos de desechos de aceite, lubricantes en particular, pueden ser sujetos a procesos de regeneración y refinamiento que dan productos de comparable calidad con el material original. Un gran volumen de desechos de aceite es usado por su contenido de energía, como sustituto de combustibles de uso común.

Los métodos que más se emplean para reciclar el aceite usado son: quemarlo como un combustible y refinarlo.

En Estados Unidos, el 58% en volumen de aceite residual disponible es utilizado en la industria del combustible, mientras que el refinado consume solamente el 2% del aceite residual disponible. Como sea, por los componentes presentes en los aceites usados, los controles de emisión de aire pueden ser necesarios cuando se queme.

Un mejor uso secundario del aceite de lubricación es su refinamiento para reutilizarlos como aceite básico (base). En máquinas automotrices el aceite lubricante se ensucia y los aditivos se degradan, pero el aceite base (mas o menos el 80% en volumen en los productos del mercado) no se degrada, permitiendo su redestilación. El proceso de refinación concentra los metales contaminantes en "lodos" residuales que son reusados en producción de asfalto. Los productores de

aceite de transmisión refinado han diseñado su producto para cumplir o exceder los requerimientos de lubricación para maquinas para aceites "nuevos" establecidas por el Instituto Interamericano del Petróleo. Por estas razones, el refinamiento de aceites usados en productos utilizables es una alternativa preferida para la conservación de energía y la prevención de la contaminación.

3.1 REUTILIZACION Y RECICLAJE DEL ACEITE RESIDUAL DE AUTOMOTORES

Generalmente se emplean dos métodos para reciclar el aceite residual, los cuales son: a)Regeneración y b) Refinación. Sin embargo el uso más común en la reutilización es como combustible. A continuación se describen cada uno de estos métodos.

a) Regeneración de Aceite Usado

Los reprocesadores que tratan la mayor parte del aceite residual, utilizan el calentamiento y la limpieza suaves para separar sedimentos de fondo, agua, material en suspensión y ceniza; sin embargo, no reducen significativamente las cantidades de metales orgánicos y volátiles, y el producto final solo es apto como combustible. Los sistemas de reprocesamiento normalmente implican asentamiento, calentamiento, filtración en vacío y centrifugación (ver figura 3.1). El aceite no tratado entra al tanque decantador, donde se separan las partículas más grandes mediante sedimentación. Se procede a calentar el aceite y se filtra al vacío para separar el agua, los hidrocarburos volátiles y los materiales en suspensión. Después de la neutralización y de la demulsificación, el aceite se calienta hasta 149 °C y se centrifuga para separar las partículas que pasan a través del proceso de

filtración. Aproximadamente el 90% de la alimentación sale como producto y el resto se devuelve al calentador. Se produce un fango de metales y sedimentos, que normalmente se quema como combustible en planta o se incorpora en productos asfálticos **(Tchobanoglous, 1994).**

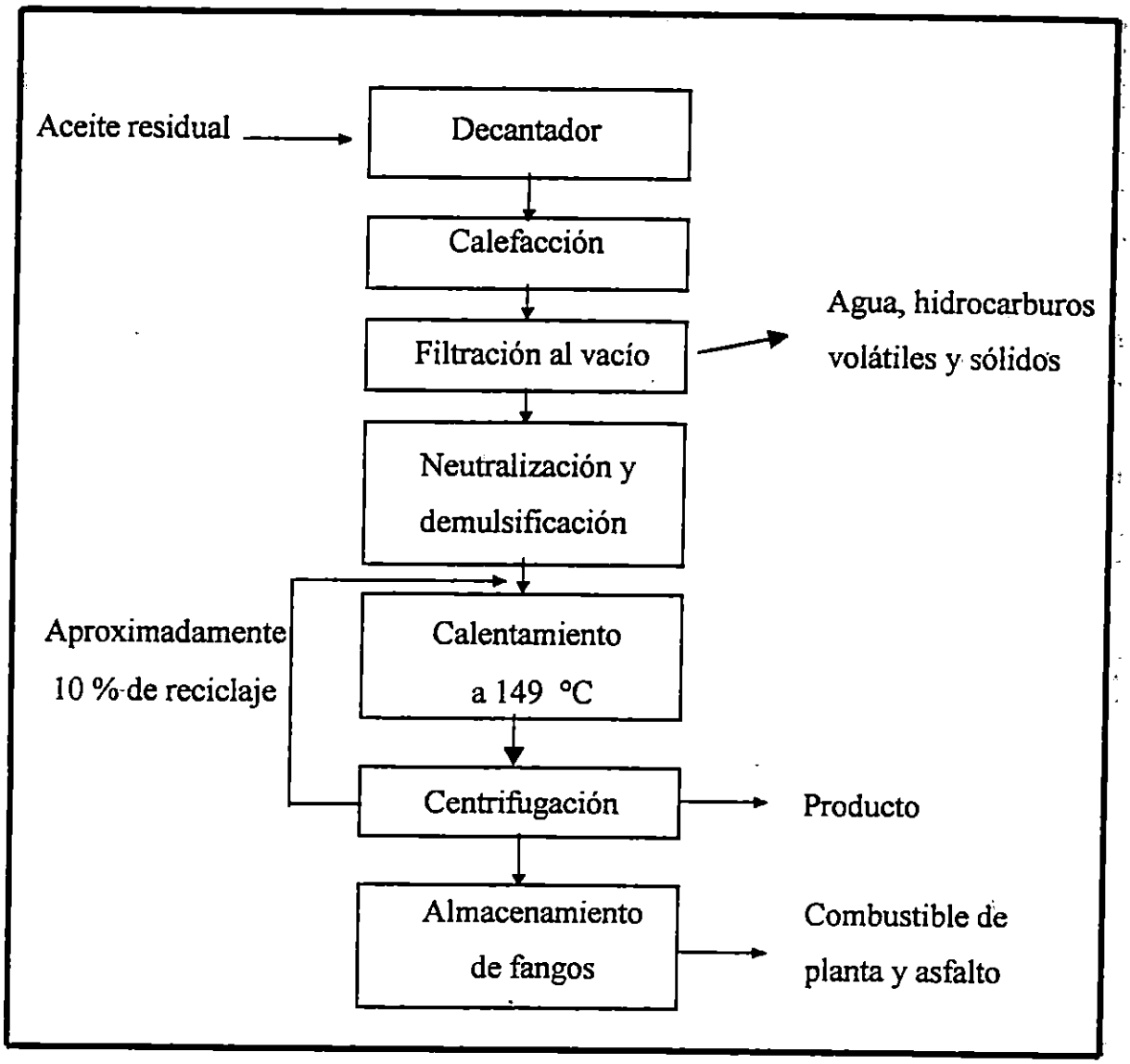


Figura 3.1 Tratamiento Centrífugo del Aceite Residual (Tchobanoglous, 1994)

b) **Refinado de Aceite Usado**

Los refinadores utilizan tecnologías similares a las de los reprocesadores para separar sedimentos y agua, así como un tratamiento avanzado para separar contaminantes volátiles y metales, lo que permite la reutilización del aceite como aceite lubricante. Un proceso típico incluye: calentamiento, filtración, destilación y extracción de disolventes, tratamiento con arcilla o tratamiento en un reactor catalítico.

Un tratamiento que se está haciendo cada vez más popular es el proceso Kinetics Technology International (KTI), desarrollado por Phillips Petroleum y mostrado en la figura 3.2.

Una destilación primaria separa el agua y los hidrocarburos ligeros; la destilación al vacío produce una fracción importante del rango de los aceites lubricantes. El paso de hidrogeneración consiste en la adición de gas hidrógeno y la reacción con catalizador. La hidrogenación separa los contaminantes que hierven en el mismo rango que el aceite lubricante, incluyendo compuestos que contienen cloro, oxígeno y nitrógeno. El aceite tratado se expansiona a baja presión para separar productos gaseosos y después se fracciona en los tipos deseados de aceite lubricante. El proceso KTI es atractivo porque proporciona una buena producción y calidad del producto, equivalente al aceite lubricante virgen . El proceso es capaz de tratar aceites contaminados con policlorfenilos (PCB) y otros residuos peligrosos **(Tchobanoglous, 1994).**

La eficiencia de producción de aceite lubricante en la mayoría de procesos de refinamiento de aceite usado oscila entre el 64 al 74 % **(Weisskopf, 1983).**

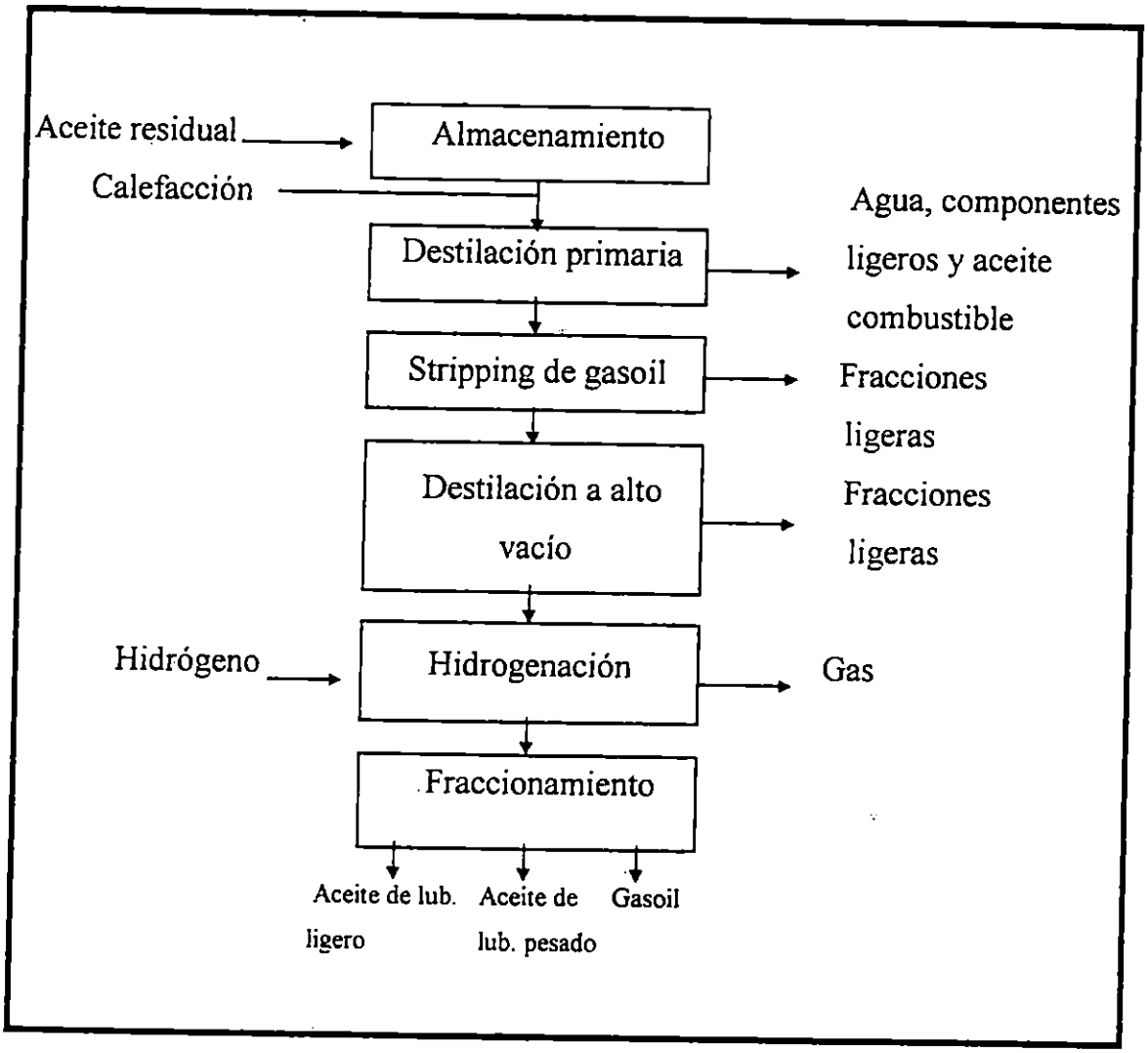


Figura 3.2 Proceso Kinetics Technology International (KTI) para la Producción de Aceite Lubricante (Tchobanoglous, 1994).

c) Uso como combustible

Cualquier aceite usado que reúna los niveles de especificación mostrados en el cuadro 3.1 está sujeto a análisis y requerimientos de mantener reportes (composición) . El aceite que no reúne los requerimientos de dicho cuadro, se

define como "combustible de aceite usado fuera de especificación", el cual está sujeto a las regulaciones de quema de aceite usado. El aceite usado tiene un excelente valor calorífico (13,000 a 19,000 BTU/lb) y puede ayudar a reducir la creciente demanda de energía a nivel nacional; debido a los componentes presentes en los aceites residuales, los controles de emisión de aire pueden ser necesarios cuando se queme. El aceite residual fuera de especificaciones puede ser quemado en lugares ubicados fuera del área urbana, en aplicaciones tales como hornos de cemento, hornos de explosión, calderas de plantas manufactureras y calentadores ; pero no en calderas no industriales tales como aquellas localizadas dentro del área urbana, tales como edificios de oficina, colegios y hospitales (**U.S. EPA, 1998**).

Cuadro 3.1 Límites de Especificación del Aceite Usado para ser Utilizado como Combustible (Kreith, 1994).

Contaminantes y propiedades	Límite
Arsénico	≤ 5 ppm
Cadmio	≤ 2 ppm
Cromo	≤ 10 ppm
Plomo	≤ 100 ppm
Total de halógenos	≤ 4000 ppm
Punto de evaporación	≥ 100 °F

4.0 COMERCIALIZACION DE ACEITES LUBRICANTES EN EL SALVADOR

En El Salvador se comercializan alrededor de 17 marcas de lubricantes **(Texaco, 1998).** El mercado local está acaparado por las petroleras establecidas desde hace algunos años; tales como: TEXACO, ESSO Y SHELL. Dicho mercado de aceites lubricantes se divide en los siguientes grupos:

a) Aceites Lubricantes Para Automotores
b) Aceites Lubricantes Para la Industria
c) Aceites Lubricantes Para la Industria Marina.

El grupo que tiene más demanda en volumen en el mercado nacional es el de los aceites lubricantes para automotores, aproximadamente un 70% de la demanda total **(Texaco, 1998).**

Dentro de lo que es la industria, se desplaza mucho aceite lubricante en los ingenios azucareros, fundidoras y en el campo de la construcción. En la industria marina, los aceites lubricantes se utilizan en menor proporción que en los otros.

La división de cada uno de los grupos antes mencionados y su respectiva demanda en porcentaje, se representa en la figura 4.1

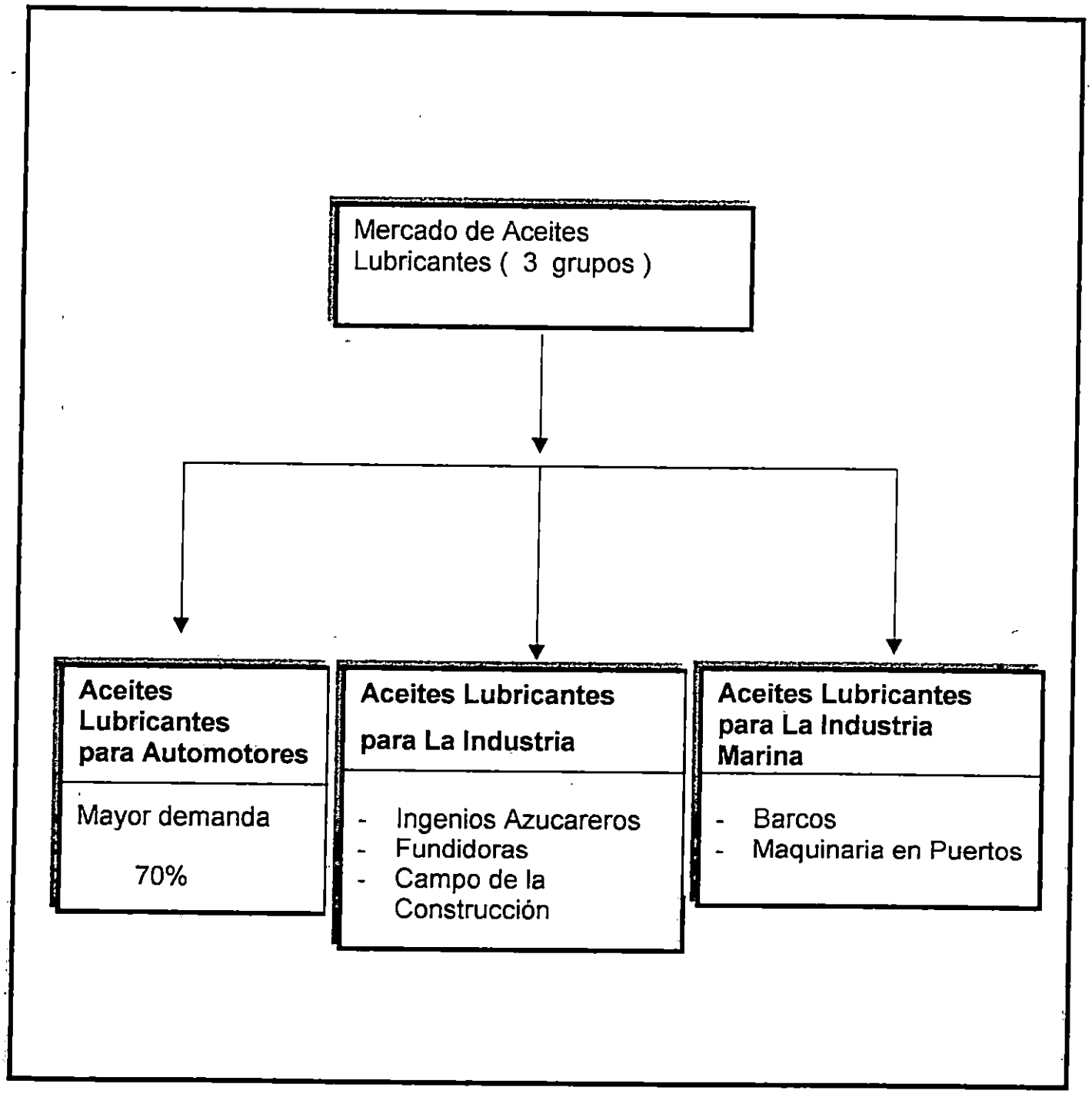


Figura 4.1 División y Demanda del Mercado de Aceites Lubricantes en El Salvador (Texaco, 1998).

4.1 SEGMENTACION DEL MERCADO DE ACEITES LUBRICANTES EN EL SALVADOR

El mercado de aceites lubricantes en El Salvador en función de su venta se encuentra dividido en diferentes proporciones, tal como se muestra en la figura 4.2 **(Texaco, 1998).**

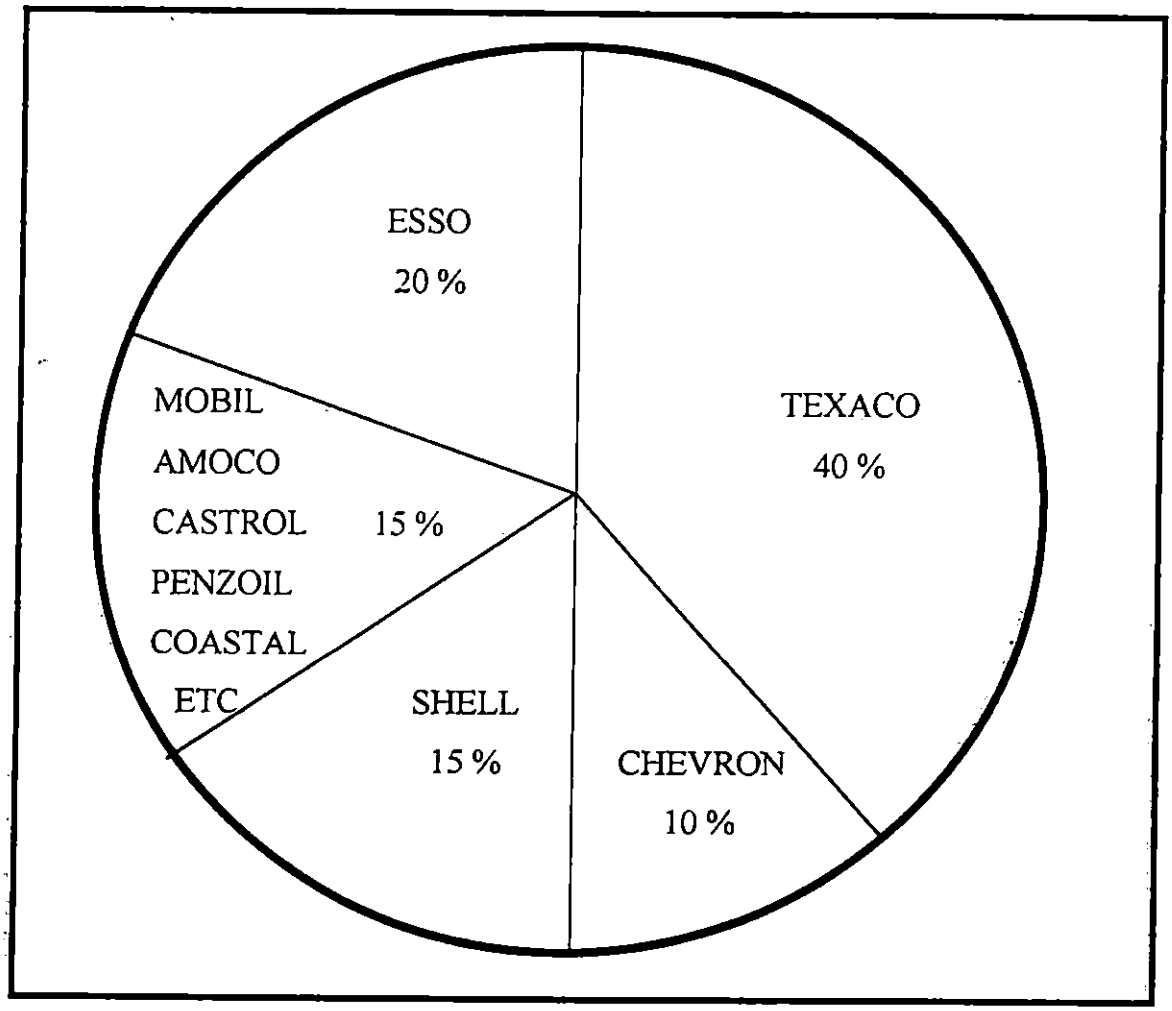


Figura 4.2 Segmentación del Mercado de Aceites Lubricantes en El Salvador (Texaco, 1998).

Puede observarse en la segmentación del mercado de los aceites lubricantes (figura 4.2), que es la empresa Texaco la que posee un mayor porcentaje de ventas de dichos aceites en El Salvador (40%), seguido de la empresa ESSO (20%), SHELL (15%), CHEVRON (10%), y todas las demás empresas representan el 15% de la venta total.

De acuerdo a referencias de la empresa TEXACO, esta posee una demanda en El Salvador de 2,000 barriles de aceites lubricantes mensualmente, cada barril conteniendo 55 galones de capacidad.

La distribución de ventas de dichos aceites en El Salvador se representa en la figura 4.3 .

En función de la segmentación del mercado de aceites lubricantes y tomando en cuenta la demanda mensual de aceite de la empresa Texaco; la venta total de dichos aceites en El Salvador es de 5,000 barriles mensuales, es decir 275,000 galones mensuales. De esta cantidad, el 70% es destinado al grupo de aceites lubricantes para automotores (ver figura 4.1), esta cantidad es equivalente a 192,500 galones por mes. Mientras que el 30 % restante es consumido por la industria marina y la industria en general, el cual es equivalente a 82,500 galones mensuales.

En el Area Metropolitana de San Salvador (AMSS), de acuerdo a la empresa TEXACO, la venta de todos los aceites lubricantes disponibles para automotores se concentra en un 60% de la venta total en El Salvador (ver figura 4.3), dicha venta es equivalente a 115,500 galones por mes.(1,386,000 gal/año).

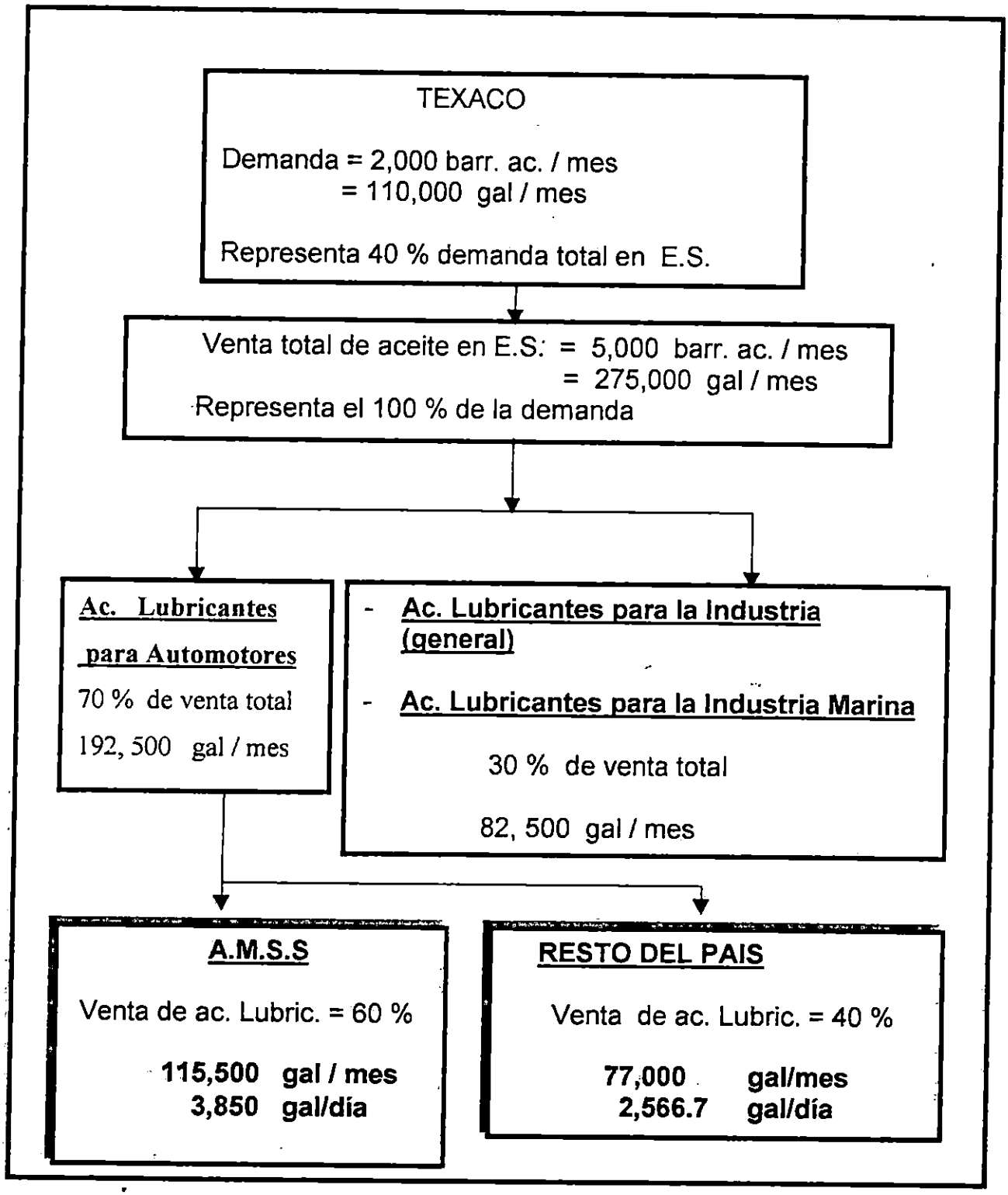


Figura 4.3 Distribución de Ventas Totales de los Aceites Lubricantes para Automotores en El Salvador (Texaco, 1998).

4.2 CANALES DE COMERCIALIZACION DE ACEITES LUBRICANTES EN EL SALVADOR.

La comercialización de los aceites lubricantes en El Salvador se realiza básicamente a través de tres canales.

a) Primer Canal:

En este canal, la comercialización inicia desde la petrolera y/o casa matriz importadora (tal como se muestra en la figura 4.4), los que se encargan de suministrar directamente el aceite lubricante envasado en diferentes presentaciones a los distribuidores mayoristas, a su vez estos suministran a los sub-distribuidores, quienes realizan la venta al consumidor final, los cuales pueden ser: puntos de buses, talleres automotrices, etc.

b) Segundo Canal:

En este segundo canal, la comercialización de los aceites lubricantes al igual que en el primer canal, inicia desde la petrolera y/o casa matriz importadora hacia las diferentes estaciones de servicio (gasolineras), las cuales lo venden a toda persona que requiera usar aceite lubricante. Este canal de comercialización se representa en la figura 4.5

c) Tercer Canal:

En el tercer canal, la comercialización de los aceites lubricantes se lleva a cabo a partir de las petroleras y/o casa matriz importadora directamente hacia las

industrias en general, sin tener que ser distribuido previamente por otros. Este canal de comercialización se representa en la figura 4.6.

Se puede observar que, los tres canales de comercialización inician el proceso de distribución a partir de un punto común, que es la petrolera y/o casa matriz importadora, el primero y el segundo canal realizan más etapas antes de llegar al consumidor final, lo que no ocurre en el tercer canal de comercialización, ya que en este no existen intermediarios.

Este comportamiento de los tres canales se debe principalmente a que, en los primeros dos canales, aunque tratan grandes volúmenes de venta, requieren de una presentación fraccionada (uno y un cuarto de galón); mientras que en el tercer canal, al igual que en los otros dos canales se venden volúmenes grandes, siendo la presentación en barriles.

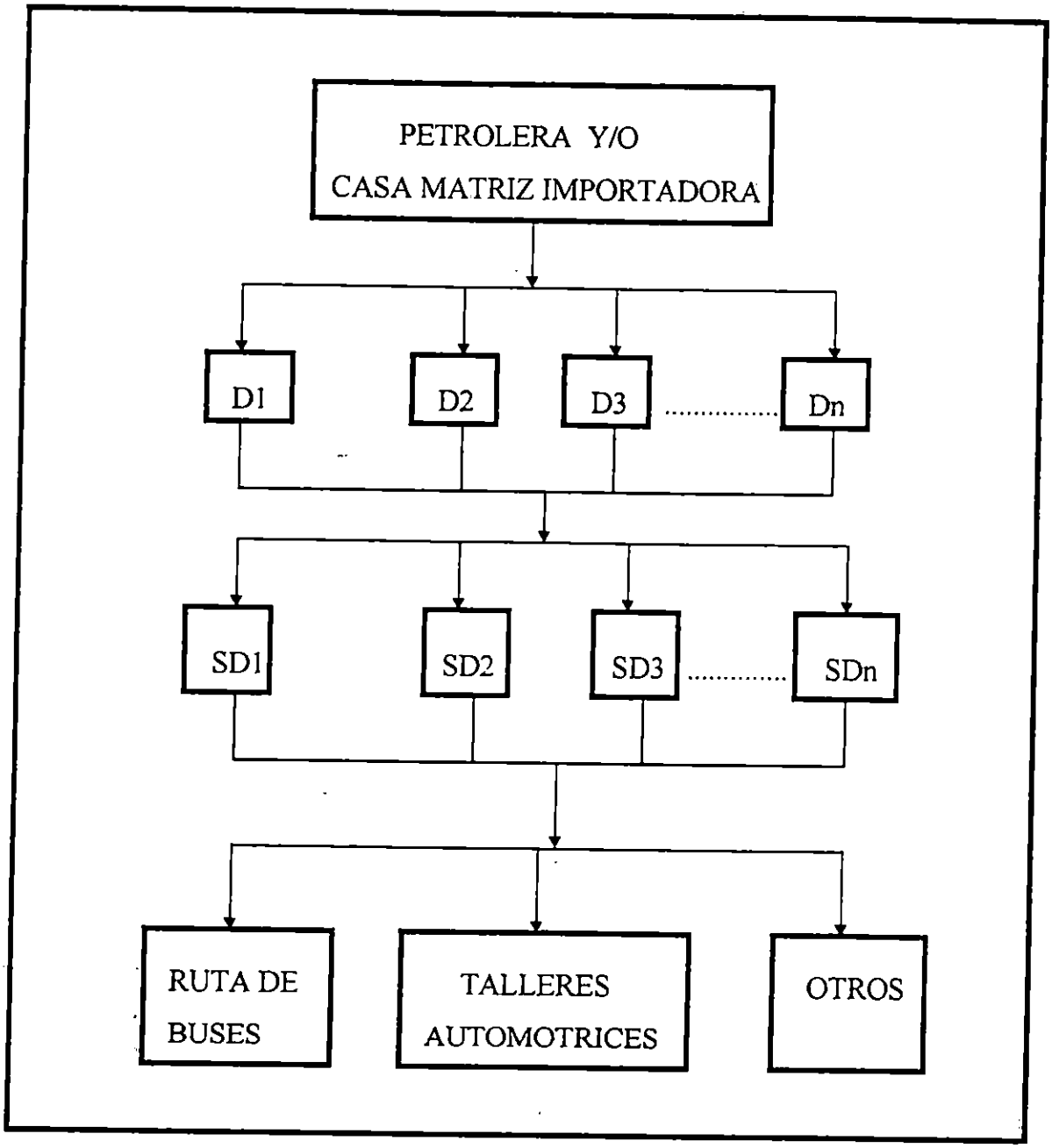


Figura 4.4 Primer Canal de Comercialización de Aceites Lubricantes en El Salvador (Texaco, 1998).

En donde:

Dn: Distribuidor Mayorista

SDn: Subdistribuidor

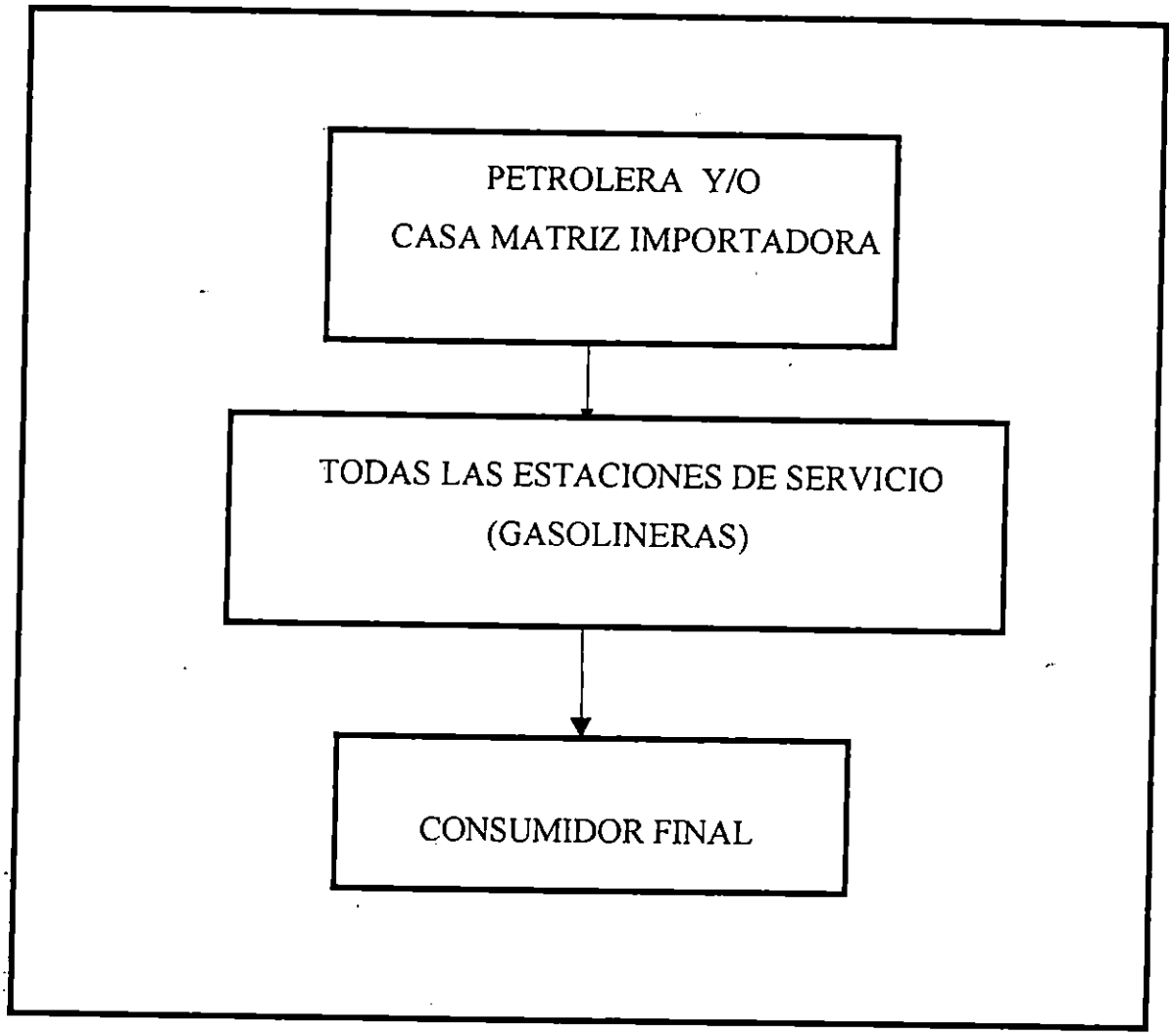


Figura 4.5 Segundo Canal de Comercialización de Aceites Lubricantes en El Salvador (Texaco, 1998).

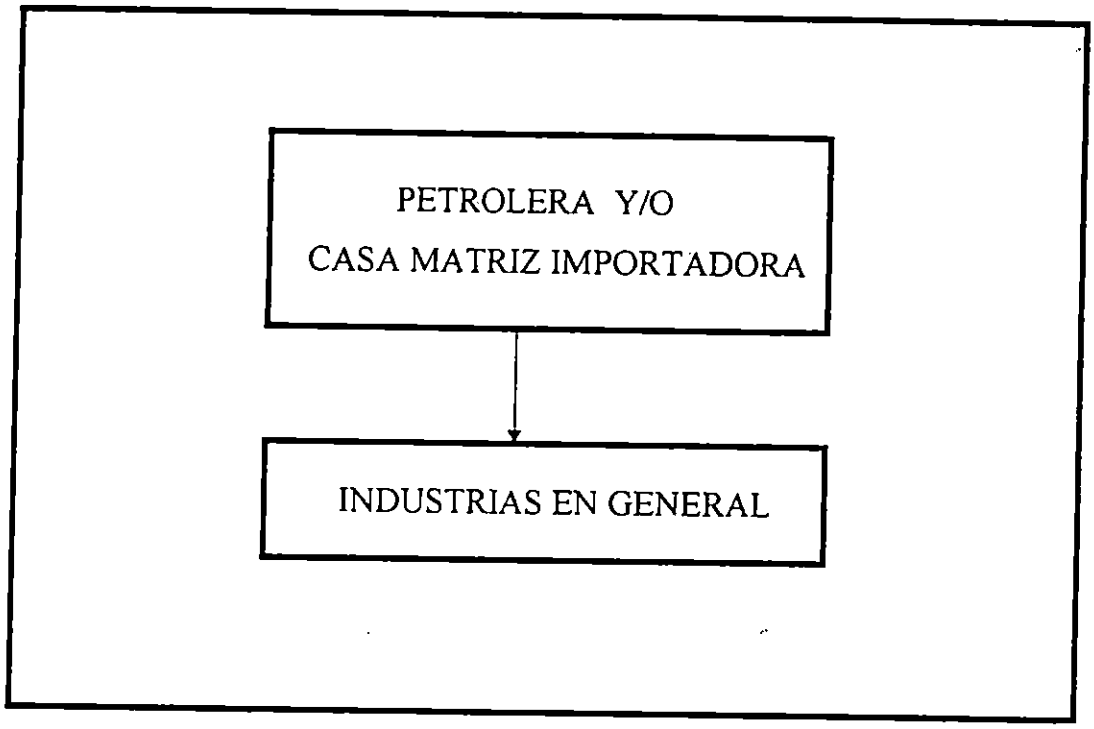


Figura 4.6 Tercer Canal de Comercialización de Aceites Lubricantes en El Salvador (Texaco, 1998).

5.0 ESTUDIO DE CAMPO PARA EL DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA DE CONTAMINACION PROVOCADO POR LOS ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES EN EL AMSS.

Las personas que poseen o manejan vehículos automotores tienen la necesidad de hacer cambios de aceite a dichos vehículos, para lo cual visitan los lugares en donde se realiza este tipo de trabajo, sin embargo, no le toman el debido interés a los aceites residuales que se generan al realizar esta operación. Los aceites lubricantes de automotores, además de ejercer la función de lubricar las partes de las máquinas en movimiento, se contaminan con sustancias tales como plomo, arsénico, aluminio, cadmio, etc. ; al pasar por un motor, de tal manera que el aceite residual resulta ser altamente contaminante al medio ambiente si no es manejado adecuadamente.

Al transitar por el AMSS, algunas veces se observa que los lugares aledaños a gasolineras, puntos de buses y microbuses, talleres mecánicos de automotores y lubricentros, e incluso en dichos lugares, existen cantidades de aceite residual vertidas ya sea en el suelo, cunetas, tragantes, en la calle, etc. (ver anexo V); esto indica que la disposición final que se le da a dichos aceites residuales es inadecuada, ya que éstos pueden ser absorbidos por la tierra haciéndola infertil y contaminar mantos acuíferos, también pueden ser arrastrados por el agua lluvia contaminando así, mayor cantidad de suelos, ríos lagos y el mar (ver sección 2.2).
De tal manera que el objetivo fundamental del estudio de campo es diagnosticar la magnitud del problema de contaminación provocado por los aceites lubricantes residuales en el AMSS.

5.1 PLAN PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE CAMPO

El plan para realizar el diagnóstico del problema de contaminación en el AMSS se compone de las siguientes fases:

a) Fase para la selección del marco muestral.

Para diagnosticar el problema de contaminación generado por los aceites residuales de automotores en el AMSS y partiendo del hecho de que los vehículos automotores realizan sus cambios de aceite en lugares específicos; el estudio de campo está dirigido hacia la población que brinda este servicio, la cual está constituida básicamente por : **GASOLINERAS, PUNTOS DE BUSES Y MICROBUSES, LUBRICENTROS Y TALLERES MECANICOS DE AUTOMOTORES**. Es de hacer notar que los lugares que conforman la población son de naturaleza heterogénea debido al tipo de actividades que desarrollan (no todos realizan cambios de aceite solamente), poseen diferentes infraestructuras, varían en cuanto a la capacidad de atención al usuario, su ubicación geográfica, etc.

b) Fase para la obtención de información.

Para diagnosticar el problema de contaminación, se realizó una encuesta (ver modelo de encuesta en anexo II),en el AMSS; con el objeto de recopilar la información necesaria, que permita por una parte diagnosticar los problemas de contaminación producidos por la inadecuada disposición de los aceites residuales de automotores, las formas de cómo disponen de estos, la determinación de los focos de contaminación y un estimado de la cantidad de aceite residual que se

genera. Debe tenerse en cuenta que para recopilar dicha información, la encuesta se ejecutó sobre una muestra representativa de la población en estudio; esto permitirá inferir sobre el comportamiento de la población.

c) Fase de análisis de la información obtenida.

Después de recopilada, tabulada y graficada la información obtenida, se procedió a interpretar dichos resultados basándose en valores promedios, máximos y mínimos, y así inferir sobre el comportamiento de la población.

5.2 SELECCION DE LA MUESTRA

El marco muestral del estudio, son todos aquellos lugares donde se realizan cambios de aceite en el AMSS.

Para la selección de los lugares a encuestar, se utilizó el Muestreo Aleatorio Probabilístico, el cual se explica con la teoría estadística que se presenta en el anexo III , dicho muestreo probabilístico se define como: proceso de selección de muestras en los cuales los elementos son escogidos por métodos aleatorios, la selección de las unidades para la muestra se realizan por procedimientos al azar y con probabilidades conocidas.

De acuerdo a la revisión bibliográfica de las técnicas de muestreo estadístico y a consultas con **Torres (1998)**, se decidió utilizar el **Muestreo Aleatorio Estratificado,** por que es efectivo si se trata de poblaciones heterogéneas, como en este caso.

5.2.1 PASOS PARA LA SELECCION DE UNA MUESTRA ALEATORIA ESTRATIFICADA

a) Especificar claramente los estratos, para que cada unidad muestral se ubique en el estrato apropiado.
b) Selección del tamaño de muestra para estimar el número de encuestas a realizar en toda la población.
c) Elegir el tamaño de muestra apropiado.

Desarrollando los pasos antes mencionados, se tiene:

a) Especificación de los estratos

Para fines de este estudio la población está representada por todos aquellos lugares en donde se realizan cambios de aceite lubricante de automotores en el AMSS, estos son: **a) Talleres Automotrices, b) Gasolineras, c) Puntos de Buses y Microbuses y c) Lubricentros**; los cuales se han definido como estratos.

b) Selección del Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra de la población se obtiene a partir de la ecuación 5.1 **(Mendenhall, 1983).**

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{L} N_i^2 \sigma_i^2 / W_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^{L} N_i \sigma_i^2} \qquad \text{Ec. 5.1}$$

$$D = B^2/4 \qquad \text{Ec. 5.2}$$

Donde:

η = Tamaño de muestra de toda la población

N = Número de unidades muestrales en la población

$$N = N_1 + N_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots N_L \qquad \text{Ec. 5.3}$$

L = Número de estratos

N_i = Número de unidades muestrales en el estrato i

B = Límite para el error de estimación

σ_i = Desviación estándar de cada estrato

W_i = Fracción del tamaño de muestra total η

$$W_i = N_i/N \qquad \text{Ec. 5.4}$$

Para determinar el tamaño adecuado de la muestra de la población (η), y aplicar el muestreo estadístico estratificado es indispensable conocer el número de unidades muestrales de cada uno de sus estratos.

En lo que respecta a gasolineras y talleres automotrices, la información se obtuvo a través de las diferentes alcaldías que conforman el AMSS. Dicha información se presenta en el cuadro 5.1

Cuadro 5.1 Número de Gasolineras y Talleres Automotrices de cada uno de los Municipios del AMSS.

Municipio	Gasolineras	Talleres Automotrices
Santa Tecla	6	91
San Marcos	2	30
Ayutuxtepeque	1	10
Mejicanos	1	38
San Salvador	87	114
Ciudad Delgado	1	40
Antiguo Cuscatlán	4	18
Cuscatancingo	*	*
Soyapango	8	33
Ilopango	3	15
Apopa	1	25
Nejapa	1	9
San Martín	2	13
Total	**117**	**436**

* : El municipio de Cuscatancingo no se tomó en cuenta por problemas fuera del alcance de los autores.

El número de puntos de buses y microbuses en el AMSS es de 118, información obtenida con la colaboración de la Asociación de Transportistas Públicos (ATP, 1998) y la Asociación de Empresarios de Autobuses Salvadoreños (AEAS, 1998). El número de lubricentros que se encuentran en el AMSS es de aproximadamente de 36, información obtenida a través de la observación directa de los autores.

Con la información antes mencionada se resuelve que:

L = Estratos = 4

N_1 = Talleres Automotrices = 436

N_2 = Gasolineras = 117

N_3 = Lubricentros = 36

N_4 = Puntos de Buses y Microbuses = 118

Sustituyendo en la ecuación 5.3, se obtiene la población N.

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$$

$$N = 436 + 117 + 36 + 118$$

N = 707 (población total)

La fracción del tamaño de muestra (W_i), de cada estrato se obtiene evaluando la ecuación 5.4.

Sustituyendo se tiene:

$$W_i = N_i/N$$

$$W_1 = N_1/N = 436 / 707 = 0.6166$$

$$W_2 = N_2/N = 117 / 707 = 0.1654$$

$W_3 = N_3/N = 36 / 707 = 0.0509$

$W_4 = N_4/N = 118 / 707 = 0.1669$

La desviación estándar (σ), de cada estrato se calcula en base al teorema de **Tchebyshheff (Mendenhall,1983),** el cual establece que para cualquier $k > 1$, al menos $(1 - 1/k)$ de las mediciones en cualquier conjunto deben caer dentro de k desviaciones estándar de su media. En otras palabras, la desviación estándar de un conjunto de mediciones puede ser aproximada como ¼ de la amplitud de ese conjunto de mediciones.

El teorema se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma = a/4 \qquad \text{Ec. 5.5}$$

$$a = Ym - Yi \qquad \text{Ec. 5.6}$$

donde :

a = Amplitud del conjunto de datos a evaluar = Rango

Ym = Máximo valor del conjunto de datos

Yi = Mínimo valor del conjunto de datos

El cálculo de σ para cada uno de los estratos se realiza evaluando la ecuación 5.7

$$\sigma_i = a_i /4 = (Ym_i - Yi_i) / 4 \qquad \text{Ec. 5.7}$$

Los valores **Y** en cada estrato se obtuvieron a través de un sondeo preliminar. Dichos valores representan el volumen en galones por semana de aceite residual de

automotores que se genera en cada uno de los lugares visitados. En este sondeo se recopilaron cinco datos para cada estrato y así poder determinar la amplitud del conjunto de datos (a_i).

Los valores Y (gal/sem), de cada estrato se representan en el cuadro 5.2

Cuadro 5.2 Tabulación de Valores Y (galones por semana) de cada Estrato.

ESTRATOS	VALORES Y (GALONES POR SEMANA)
TALLERES AUTOMOTRICES	1 , 3 , 8 , 10 , 13
PUNTOS DE BUSES Y MICROBUSES	15 , 16 , 16 , 20 , 20
GASOLINERAS	20 , 28 , 30 , 40 , 45
LUBRICENTROS	15 , 19 , 23 , 25 , 30

Aplicando la ecuación 5.7 se tiene para cada estrato los siguientes resultados:

$$\sigma_1 = (Ym_1 - Yi_1)/4 = (13 - 1)/4 = 3$$
$$\sigma_2 = (Ym_2 - Yi_2)/4 = (45 - 20)/4 = 6.25$$
$$\sigma_3 = (Ym_3 - Yi_3)/4 = (30 - 15)/4 = 3.75$$
$$\sigma_4 = (Ym_4 - Yi_4)/4 = (20 - 15)/4 = 1.25$$

Para definir el límite de estimación (B), se asume que el límite para el error de estimación es igual a ½ galón, o sea que se espera que en cada lugar visitado

(encuestado), la generación de aceite residual de automotores tendría que ser por lo menos ½ galón por semana. Es decir $B = 0.5$

Sustituyendo B en la ecuación 5.2 se obtiene que :

$$D = B^2 / 4 = (0.5)^2 / 4 = 0.0625$$

Sustituyendo en la ecuación 5.1, se tiene que :

$$\eta = 162$$

Lo que significa que el tamaño de la muestra es 162; es decir, se ejecutarán 162 encuestas.

c) Cálculo del número de muestras por estrato

El número de muestras por estrato se calcula en forma proporcional en función de la fracción (Wi), de la población que representa cada estrato (Ni) y del tamaño de muestra de toda la población (η). Dichos valores se obtienen evaluando la ecuación 5.8

$$\eta_i = \eta \, Wi \qquad \text{Ec. 5.8}$$

Sustituyendo para cada uno de los estratos se tiene:

$$\eta_1 = \eta \, W_1 = 162 * 0.6166 = 99$$

$$\eta_2 = \eta \, W_2 = 162 * 0.1654 = 27$$

$$\eta_3 = \eta\ W_3 = 162 * 0.0509 = 9$$

$$\eta_4 = \eta\ W_4 = 162 * 0.1669 = 27$$

Lo que significa que el número de muestras por estrato es:

Talleres Automotrices	= 99
Gasolineras	= 27
Lubricentros	= 9
Puntos de Buses y Microbuses	= 27

5.3 RECOLECCION DE DATOS

Después de determinar el número de unidades muestrales, se procedió a realizar las encuestas, esto se hizo en forma aleatoria para cada estrato, definido dentro del AMSS.

Después de haber recolectado todas las encuestas, se procedió a contabilizar y tabular cada uno de los cuestionamientos (preguntas), presentes en ella y así obtener resultados que posteriormente permitan inferir sobre el comportamiento de la población y poder obtener el diagnóstico del problema de contaminación generado por los aceites residuales de automotores en el AMSS.

5.3.1 DATOS DE LA INFORMACION DE LAS ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN EN EL LUGAR ENCUESTADO

En el cuadro 5.3 se presentan los resultados referentes al número de lugares encuestados que prestan servicio de cambio de aceite por tipo de vehículo automotor.

Cuadro 5.3 Número de Lugares que Realizan Cambio de Aceite en los Lugares Encuestados por Tipo de Vehículo.

Tipo de Vehículo	Estrato			
	Talleres (99)	Gasolineras (27)	Lubricentros (9)	Puntos de Buses y M. (27)
Vehículo liviano	90	27	9	0
Taxis	57	24	9	0
Autobuses	30	19	7	14
Vehículo pesado	30	17	7	1
Microbuses	54	19	9	5

En el cuadro 5.4 se representa el número de cambios de aceite por año y por tipo de vehículo que realiza un mismo vehículo.

En el cuadro 5.5 se representa el número de cambios de aceite realizados por semana en los lugares encuestados.

Cuadro 5.4 Número de Cambios de Aceite por Año, por Tipo de Vehículo que Realiza un Mismo Vehículo.

Tipo de vehículo	Talleres(99)						Gasolineras(27)							Lubricentros(9)					Puntos de buses y M.
No. de cambios	3	4	5	6	10	12	3	4	5	6	8	10	12	4	5	6	7	12	12
Vehículo liviano	18	30	24	15		3	6	12	2	5		2		5	2	2			
Taxis	15	12	3	9	6	12	6	5	2		2	5	4	2			2	5	
Autobuses					2	28				1			18					7	14
Vehículo pesado		6			3	2	5			2		2	8			1		6	1
Microbuses		3	3	9	6	33				2		4	13			3		6	5

Cuadro 5.5 Número de Cambios de Aceite Realizados por Semana en los Lugares Encuestados.

Talleres Automotrices (99)	Gasolineras (27)	Lubricentros (9)	Puntos de Buses y M. (27)
28, 2, 3, 1, 2, 14, 2, 4, 2, 20, 7, 20, 54, 28, 17, 37, 53, 10, 49, 25, 2, 5, 2, 1, 4, 12, 6, 2, 0, 48, 6, 16, 20, 2, 21, 20, 6, 13, 37, 35, 3, 12, 15, 20, 33, 18, 25, 7, 1, 5, 9, 6, 12, 14, 23, 17, 4, 2, 5, 10, 21, 32, 2, 18, 0, 6, 2, 12, 24, 15, 1, 0, 5, 7, 9, 10, 6, 25, 2, 3, 9,14, 3, 11, 10, 0, 1, 4, 6, 1, 8, 2, 7, 20, 10, 10, 16, 1, 0	32, 22, 43, 35, 39, 23, 43, 37, 22, 65, 95, 65, 25, 45, 48, 47, 37, 25, 40, 60, 22, 46, 25, 80, 38, 26, 64	9, 23, 77, 58, 45, 27, 33, 25, 75	1, 0, 20, 10, 0, 2, 20, 10, 15, 30, 20, 0, 8, 14, 2, 0, 15, 10, 13, 2, 17, 0, 1, 0, 2, 1, 0
$X_1 = 12.13$	**$X_2 = 42.55$**	**$X_3 = 41.33$**	**$X_4 = 7.88$**

El cuadro 5.6 muestra el volumen aproximado (en galones) de aceite lubricante utilizado por semana en los lugares encuestados. Esta información se ha generado a partir de operaciones sobre las preguntas 3 y 4 de la encuesta (ver anexo II).

Para la obtención de cada dato se estima que todo el volumen a agregar equivale al volumen que se extrae como aceite residual.

Se multiplicó el volumen de aceite lubricante utilizado en un cambio de aceite de un tipo de vehículo por el número de cambios de aceite realizados semanalmente por ese tipo de vehículo, y así con los volúmenes de aceite utilizado por los otros tipos de vehículos y multiplicado por sus respectivos cambios de aceite realizados por semana, dichos productos antes mencionados se sumaron, para así obtener cada uno de los datos representados en el cuadro 5.6. Luego se calculó la media aritmética para cada uno de los estratos.

De acuerdo a los datos recabados en los diferentes lugares encuestados, sobre la disposición final del aceite residual, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 5.7

En el cuadro 5.8 se presentan los porcentajes sobre el conocimiento del uso del aceite residual de automotores.

Cuadro 5.6 Volumen de Aceite Lubricante Utilizado por Semana en los Lugares Encuestados.

Talleres Automotrices (99)	Gasolineras (27)	Lubricentros (9)	Puntos de Buses y M. (27)
3, 60, 16.25, 18.50, 72.50, 1, 2, 7.5, 15, 10, 1, 22, 20, 2, 27.5, 73, 10, 50.50, 37, 20, 32, 85.50, 52.5, 7, 37.5, 4, 6.75, 17, 1, 3, 2, 33.5, 2, 60, 20, 2, 10, 50, 60, 17.5, 15, 1, 27.5, 10, 6, 50, 10, 17.5, 70, 1, 30, 10, 40, 40.5, 75, 10, 2, 31, 30, 18, 72.5, 2, 32, 20, 42, 12, 2, 33, 15, 75, 20, 13, 6.75, 2, 20, 27, 8, 26, 2, 75, 20, 26, 5, 3,20, 75, 2, 20, 56, 7, 7.5, 20, 20.5, 3, 9, 27.5, 7.5, 28, 37	70.25, 80, 115, 146, 142.5, 52.5, 243.75, 96, 67.5, 33.75, 92.5, 23.25, 44, 108, 45, 1, 2, 22.5, 50.5, 110, 25, 75.25, 27.5, 20.75, 33.25, 64.75, 82.5, 98.25	20.25, 61.75, 107.5, 55.5, 80.5, 40.5, 112, 50, 70.25	30, 20, 0, 25.5, 4, 0, 75, 5, 8, 0, 5, 15, 19.5, 50, 10, 0, 100, 75, 0, 40, 22.5, 10, 21, 15, 0, 10, 0
$X_1 = 24.19$	**$X_2 = 77.12$**	**$X_3 = 66.48$**	**$X_4 = 20.75$**

Cuadro 5.7 Disposición Final del Aceite Residual que Presentan los Lugares Encuestados.

ASPECTO		DISPOSICION FINAL DEL ACEITE RESIDUAL				
		TALLERES	GASOLINERAS	LUBRICENTROS	PUNTOS DE B. Y M.	TOTAL
LO VENDEN	Cualquier persona	12	5	0	1	18
	Baterías Record	12	15	6	2	35
	Empresas constructoras	3	2	0	1	6
	Dry Cleaners	6	0	2	0	8
	ESSO	0	5	0	0	5
Subtotal		**33**	**27**	**8**	**4**	**72**
Proporción		**0.33**	**1.0**	**0.89**	**0.15**	
LO REGALAN	Cualquier persona	54	27	8	27	116
	Pileros que hacen lavamanos	3	0	0	0	3
	Devuelto al usuario	3	0	0	0	3
Subtotal		**60**	**27**	**8**	**27**	**122**
Proporción		**0.61**	**1.0**	**0.89**	**1.0**	
LO BOTAN	Calle	16	0	0	7	23
	Tragantes	22	0	0	0	22
	Suelo	16	0	0	4	20
	Quebradas	3	0	0	0	3
	Basurero	3	0	0	0	3
	Tubería de aguas negras	3	0	0	0	3
	Puntos de buses	0	0	0	4	4
Subtotal		**63**	**0**	**0**	**15**	**78**
Proporción		**0.64**	**0.0**	**0.0**	**0.55**	
LO REUTILIZAN		0	0	0	0	0
Subtotal		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Cuadro 5.8 Conocimiento del Uso que se le da al Aceite Residual en los Lugares Encuestados..

ASPECTO	PORCENTAJE
SI SABE	65.5
NO SABE	34.5

5.3.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS LUGARES ENCUESTADOS

Aquellos lugares encuestados que recolectan el aceite residual generado, utilizan una variedad de recipientes para tal fin. En el cuadro 5.9 se presentan los tipos de recipientes comúnmente usados para la recolección del aceite residual que se genera.

Cuadro 5.9 Recipientes Utilizados para la Recolección de Aceite Usado en los Lugares Encuestados.

TIPO DE RECIPIENTES	NUMERO DE RESPUESTAS				
	TALLERES	GASOLINERAS	LUBRICENTROS	PUNTOS DE B. Y M.	**TOTAL**
BARRILES PLASTICOS	6 / 99	0 / 27	0 / 9	4 / 27	**10 / 162**
CUBETAS METALICAS	18 / 99	2 / 27	2 / 9	0 / 27	**22 / 162**
BARRILES METALICOS	24 / 99	12 / 27	7 / 9	22 / 27	**65 / 162**
BOLSAS PLASTICAS	3 / 99	0 / 27	0 / 9	7 / 27	**10 / 162**
CUBETAS PLASTICAS	15 / 99	7 / 27	0 / 9	7 / 27	**29 / 162**
TANQUE CISTERNA	3 / 99	10 / 27	0 / 9	0 / 27	**13 / 162**
TANQUE SUPERFICIAL	0 / 99	2 / 27	0 / 9	0 / 27	**2 / 162**

Los diferentes tipos de superficie que presentan los lugares encuestados se detallan en el cuadro 5.10

Cuadro 5.10 Tipo de Superficie que Presentan los Lugares Encuestados.

TIPO DE SUPERFICIE	NUMERO DE RESPUESTAS				
	TALLERES	GASOLINERAS	LUBRICENTROS	PUNTOS DE B. Y M.	TOTAL
CEMENTADO	21 / 99	25 / 27	9 / 9	9 / 27	64 / 162
CEMENTADO / SUELO	51 / 99	2 / 27	0 / 9	11 / 27	64 / 162
SUELO	27 / 99	0 / 27	0 / 9	0 / 27	27 / 162

Los puntos donde se observan derrames de aceite usado en los lugares encuestados se presentan en el cuadro 5.11

5.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CAMPO

Después de haber tabulado la información recopilada, se presentan a continuación el análisis mediante observaciones hechas sobre cálculos de medias y gran total de datos y sobre gráficas de la información.

5.4.1 ANALISIS DE LA INFORMACION RELATIVA A LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LOS LUGARES ENCUESTADOS

a) Análisis para el cuadro 5.3

a.1) En las figuras 5.1 hasta la 5.4, se representa el número de lugares que realizan cambios de aceite por tipo vehículos automotores en cada uno de los estratos.

Cuadro 5.11 Puntos Donde se Observan Derrames de Aceite Usado en los Diferente Lugares Encuestados.

PUNTOS DE DERRAME	NUMERO DE RESPUESTAS				
	TALLERES	GASOLINERAS	LUBRICENTROS	PUNTOS DE B. Y M.	TOTAL
Area cementada dentro del lugar de trabajo	63 / 99	19 / 27	9 / 9	9 / 27	**100 / 162**
Area cementada fuera del lugar de trabajo	27 / 99	3 / 27	0 / 9	11 / 27	**41 / 162**
Suelo dentro del lugar de trabajo	63 / 99	2 / 27	0 / 9	9 / 27	**74 / 162**
Suelo fuera del lugar de trabajo:					
i) Patio	54 / 99	2 / 27	0 / 9	1 / 27	**57 / 162**
ii) Calle	42 / 99	0 / 27	0 / 9	8 / 27	**50 / 162**
Tragantes dentro del lugar de trabajo	18 / 99	7 / 27	0 / 9	0 / 27	**25 / 162**
Tragantes de la calle	36 / 99	2 / 27	0 / 9	5 / 27	**43 / 162**
Basurero	3 / 99	0 / 27	0 / 9	0 / 27	**3 / 162**
Cunetas	0 / 99	0 / 27	0 / 9	1 / 27	**1 / 162**

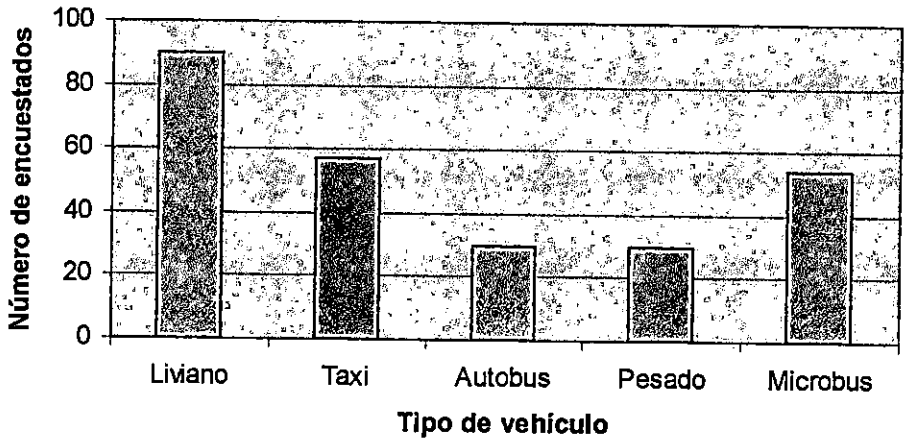


Figura 5.1 Número de talleres automotrices que realizan cambios de aceite a los diferentes tipos de vehículos automotores.

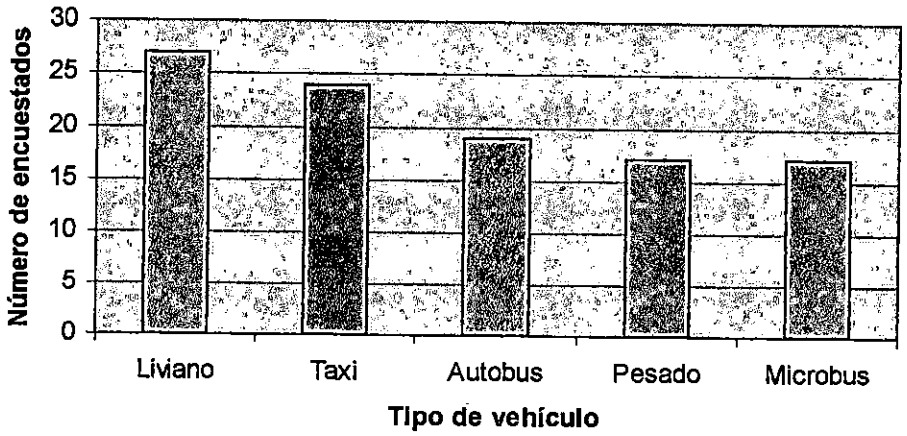


Figura 5.2 Número de gasolineras que realizan cambios de aceite a los diferentes tipos de vehículos automotores.

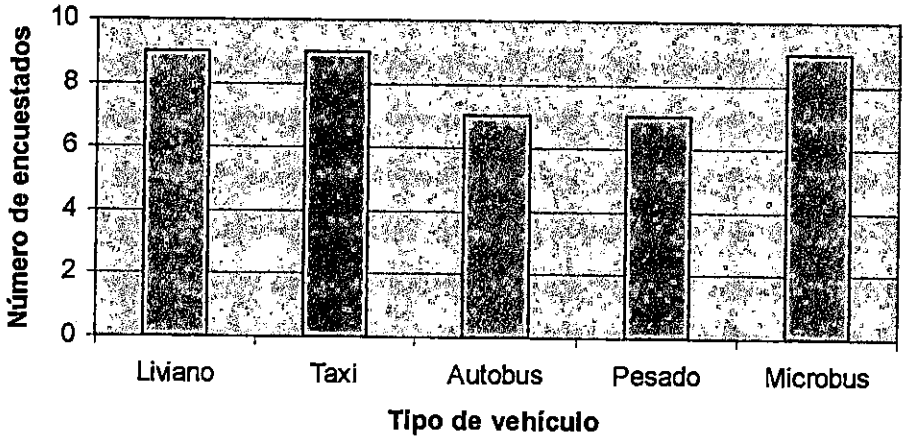


Figura 5.3 Número de lubricentros que realizan cambios de aceite a los diferentes tipos de vehículos automotores.

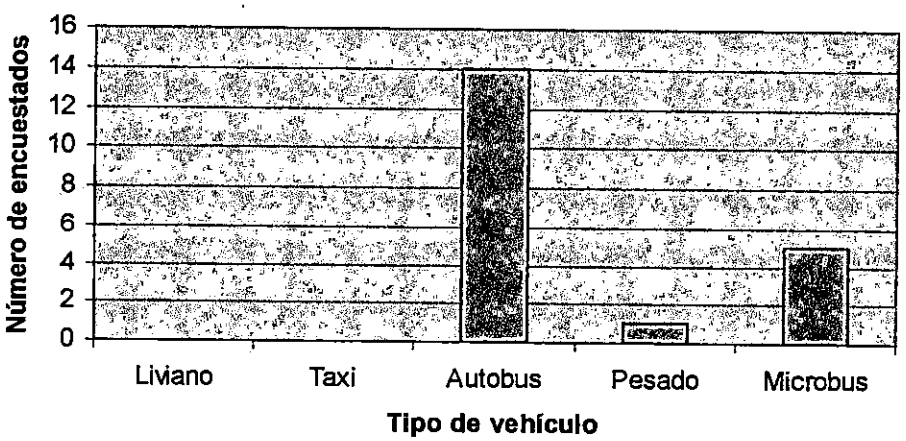


Figura 5.4 Número de puntos de buses y microbuses que realizan cambios de aceite a los diferentes tipos de vehículos automotores.

a.2) Observaciones

De acuerdo a los datos representados en el cuadro 5.3 y a las figuras 5.1 hasta la 5.4 , puede observarse que, en términos generales, a los vehículos livianos se les da servicio de cambio de aceite en mayor proporción en el AMSS; seguido por taxis, autobuses, vehículo pesado y microbuses.

Analizando por estrato, en la figura 5.1 se observa que en los talleres automotrices, se les brinda servicio de cambio de aceite a todo tipo de vehículo, en mayor proporción a vehículos livianos; en las gasolineras (figura 5.2) también se les brinda servicio de cambio de aceite a todo tipo de vehículo, en mayor proporción a vehiculos livianos; en los lubricentros (figura 5.3) también a todos los tipos de vehículo se les da servicio de cambio de aceite, pero la mayor proporción es compartida con los vehículos livianos, taxis y microbuses; en los puntos de buses y microbuses (figura 5.4) la situación es diferente, ya que en este estrato no se efectúan cambios de aceite a vehículos livianos y taxis, solamente a autobuses en mayor proporción, seguido de microbuses y vehículo pesado.

Es de hacer notar que en este último estrato, de los 27 puntos de buses y microbuses encuestados (cuadro 5.3), solamente 20 de ellos realizan cambios de aceite en dichos lugares, mientras que el resto lo hace en los otros tres estratos.

b) Análisis para el cuadro 5.4

b.1) En las figuras 5.5 hasta la 5.8, se representa el número de cambios de aceite por año por tipo de vehículo reportados en cada uno de los estratos.

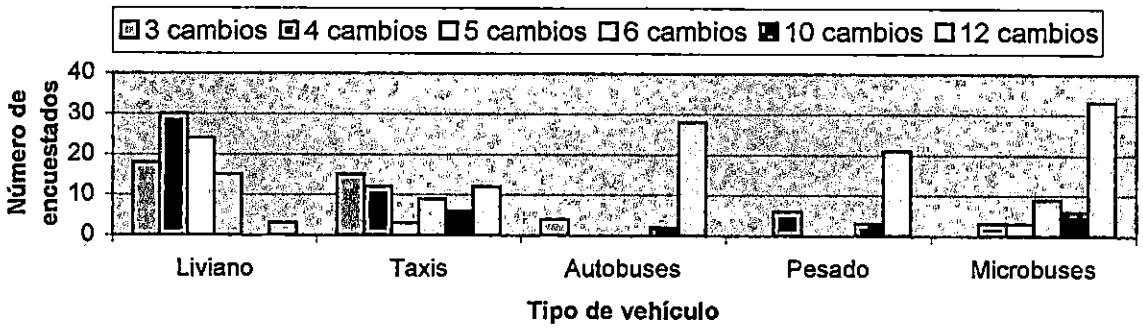


Figura 5.5 Número de cambios de aceite por año y por tipo de vehículo reportados en los talleres automotrices.

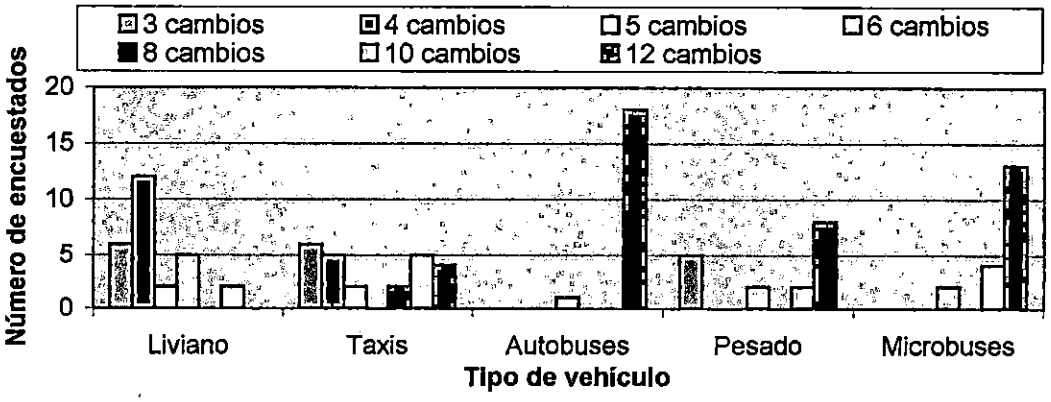


Figura 5.6 Número de cambios de aceite por año y por tipo de vehículo que se reportaron en las gasolineras encuestadas.

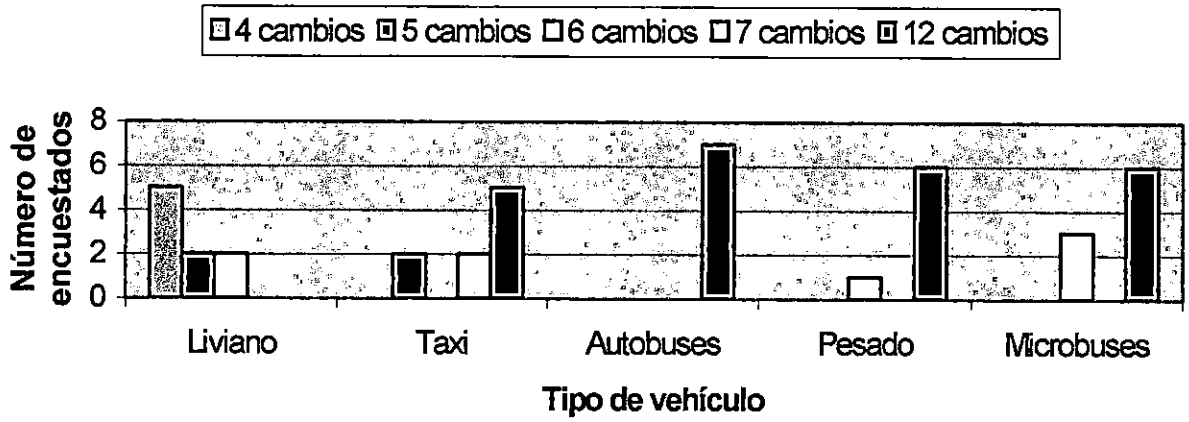


Figura 5.7 Número de cambios de aceite por año y por tipo de vehículo que se reportaron en los lubricentros encuestados.

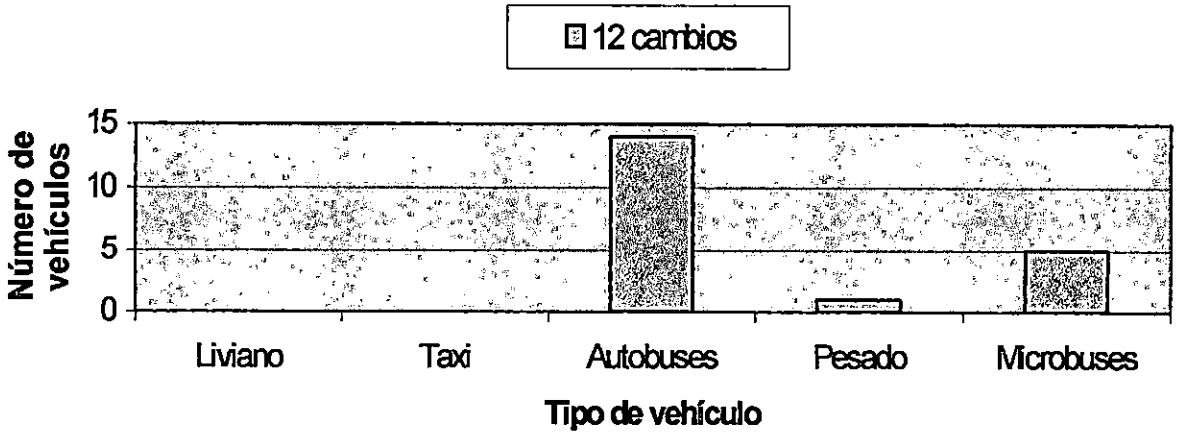


Figura 5.8 Número de cambios de aceite por año y por tipo de vehículo que se reportaron en los puntos de buses y microbuses encuestados.

b.2) Observaciones sobre el análisis de las figuras 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8

De la figura 5.5 se observa que en los talleres automotrices, 30 de los 99 encuestados dicen que los vehículos livianos realizan 4 cambios de aceite por año, mientras que 24 de los 99 encuestados dicen que un vehículo liviano hace 5 cambios de aceite por año y solamente 3 de los encuestados afirma que un vehículo liviano hace 12 cambios de aceite por año. Acerca del número de cambios de aceite por año que realiza un taxi, 15 de los 99 encuestados dicen que se realizan 3 cambios, 13 de los 99 encuestados afirman que se realizan 4 cambios de aceite por año. Mientras que sobre los autobuses, vehículo pesado y microbuses, la mayoría de los encuestados reportan que el número de cambios de aceite por año en cada uno de estos tipos de vehículo es de 12.

De la figura 5.6 se observa que en las gasolineras, 12 de los 27 encuestados confirman que un vehículo liviano realiza 4 cambios de aceite por año. Para un taxi se observa que 6 de los 27 encuestados dicen que se efectúan 3 cambios de aceite por año y 5 de los encuestados afirman que un taxi hace 4 cambios de aceite por año, e igual número de encuestados dicen que se realizan 10 cambios de aceite por año. Para los autobuses, vehículo pesado y microbuses, la mayoría confirma que los cambios de aceite por año efectuados por cada uno de estos tipos de vehículos es de 12.

De la figura 5.7 se observa que en los lubricentros, 5 de los 9 encuestados afirman que un vehículo liviano hace 4 cambios de aceite por año. Sin embargo la mayoría de encuestados opina que tanto los taxis, autobuses, vehículo pesado y microbuses realizan 12 cambios de aceite por año.

De la figura 5.8 se observa que en los puntos de buses y microbuses, tanto los autobuses, vehículo liviano y microbuses realizan 12 cambios de aceite por año.

c) Análisis de cuadro 5.5

c.1) En la figura 5.9 se representa la media aritmética simple correspondiente a cada estrato, la cual expresa el promedio de cambios de aceite realizados por semana en los lugares encuestados.

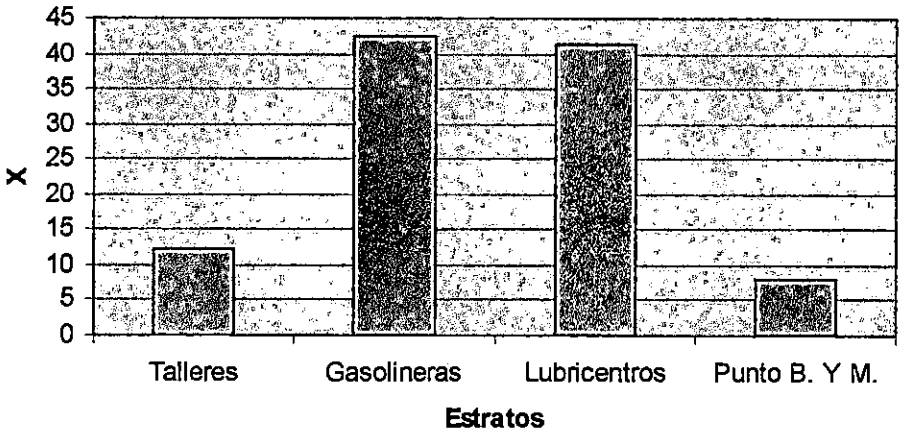


Figura 5.9 Media aritmética simple (X) expresada en cambios de aceite realizados por semana en cada uno de los estratos.

c.2) Para inferir sobre toda la población que realiza cambios de aceite en el AMSS, se procede a calcular la media estratificada (X_{st}) y de la media poblacional (μ), con un intervalo de confianza del 95% ; las cuales se expresan mediante las ecuaciones 5.9 y 5.10 **(Mendenhall, 1990).**

$$X_{st} = \frac{1}{N}(N_1X_1 + N_2X_2 + \ldots\ldots\ldots + N_LX_L) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{L} N_iX_i \qquad \text{Ec. 5.9}$$

$$X_{st} \pm 1.96\sqrt{\frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{L} N_i^2\left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\frac{S_i^2}{n_i}} \qquad \text{Ec. 5.10}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^{L}\left[y_i - \frac{\sum_{i=1}^{L} y_i}{n_i}\right]^2}{n_i - 1} \qquad \text{Ec. 5.11}$$

Donde:

μ = Media poblacional

X_{st} = Media estratificada

N_i = Número de elementos en el estrato i, siendo i = 1, 2,....., L

N = Número total de elementos de la población

$N = N_1 + N_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + N_L$

n_i = Número de elementos en la muestra seleccionada del estrato i, siendo i = 1,2,....., L

X_i = Media de la muestra seleccionada del estrato i

S_i^2 = Variancia de las mediciones de las muestras del estrato i

Cálculo de X_{st} :

Datos:

$N = 707$

$N_1 = 436$	$X_1 = 12.13$
$N_2 = 117$	$X_2 = 42.55$
$N_3 = 36$	$X_3 = 41.33$
$N_4 = 118$	$X_4 = 7.88$

Evaluando en la ecuación 5.9 se tiene que:

$\mathbf{X_{st} = 17.94}$

Lo que representa el promedio de cambios de aceite por semana realizados en cada uno de los lugares del AMSS.

Estimación de la media poblacional (μ) con el 95 % de confiabilidad.

i) Cálculo de la variancia (S_i^2) de las mediciones de la muestra de cada estrato.

Datos:

$X_1 = 12.13$	$n_1 = 99$
$X_2 = 42.55$	$n_2 = 27$
$X_3 = 41.33$	$n_3 = 9$
$X_4 = 7.88$	$n_4 = 27$

Evaluando la ecuación 5.11 se tiene que:

$S_1^2 = 152.27$

$S_2^2 = 350.41$

$S_3^2 = 577.50$

$S_4^2 = 73.33$

ii) Cálculo del intervalo de confianza aproximado del 95% para μ.

Datos:

$N = 707$	$\mathbf{X_{st} = 17.94}$	
$N_1 = 436$	$n_1 = 99$	$S_1^2 = 152.27$
$N_2 = 117$	$n_2 = 27$	$S_2^2 = 350.41$
$N_3 = 36$	$n_3 = 9$	$S_3^2 = 577.50$
$N_4 = 118$	$n_4 = 27$	$S_4^2 = 73.33$

Evaluando la ecuación 5.10 se tiene que:

$X_{st} \pm 1.769$

17.94 ± 1.769

Lo que significa el intervalo de confianza aproximado del 95 % para μ es :

entre **16. 171 y 19.709**

c.3) Observaciones

Observando la figura 5.9, se tiene que el mayor promedio de números de cambios de aceite por semana lo poseen las gasolineras cuya media es de 42.55 , seguido muy de cerca por los lubricentros cuya media es de 41.33 ; la media más baja es reportada por los puntos de buses y microbuses, cuyo valor es de 7.88 cambios de aceite por semana.

Sin embargo, la media estratificada (x_{st}) arroja un valor de 17.94 cambios de aceite por semana realizados en los lugares que brindan este servicio.

Al calcular la estimación de la media poblacional (μ), con un intervalo de confianza aproximado del 95%, basado en la muestra aleatoria estratificada se tiene que dicho intervalo es de 16.171 a 19.709 cambios de aceite por semana. Lo cual indica que el número promedio de cambios de aceite por semana que se realizan en los lugares que brindan este servicio en el AMSS se localizan dentro del intervalo de 16.171 a 19.709 cambios de aceite por semana.

d) Análisis del cuadro 5.6

d.1) En la figura 5.10 se representa la media aritmética simple correspondiente a cada estrato, la cual expresa el promedio del volumen de aceite lubricante utilizado por semana en dichos estratos.

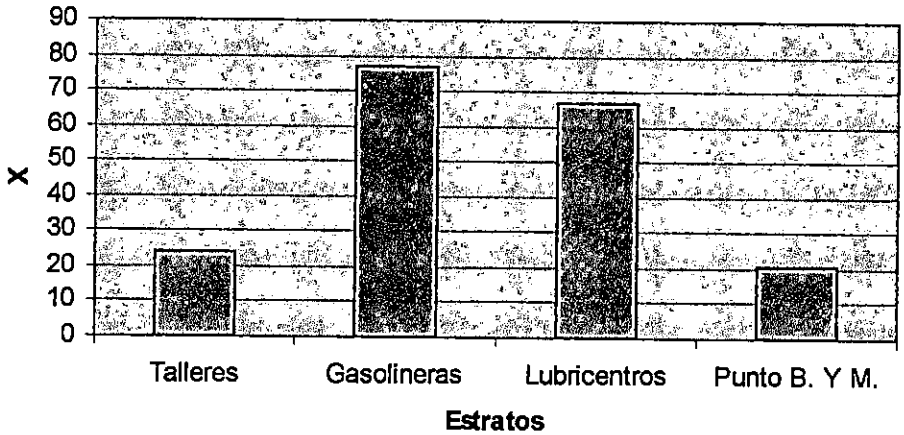


Figura 5.10 Media aritmética simple (X) por estrato, expresada en volumen de aceite lubricante utilizado por semana en los diferentes estratos.

d.2) Para inferir sobre el volumen total utilizado en el AMSS, se procede a calcular la media estratificada (X_{st} , calculada con la ecuación 5.9), y el gran total (τ) , con un intervalo de confianza aproximado de 95% ; las cuales se expresan mediante las ecuaciones 5.12 y 5.13 **(Mendenhall, 1990).**

$$\tau = NX_{st} \qquad \text{Ec. 5.12}$$

$$\tau \pm 1.96\sqrt{\sum_{i=1}^{L} N_i^2\left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\frac{S_i^2}{n_i}} \qquad \text{Ec. 5.13}$$

i) Cálculo de X_{st}

Datos :

$N = 707$

$N_1 = 436$ $\quad$ $X_1 = 24.19$

$N_2 = 117$ $\quad$ $X_2 = 77.12$

$N_3 = 36$ $\quad$ $X_3 = 66.479$

$N_4 = 118$ $\quad$ $X_4 = 20.75$

Evaluando la ecuación 5.9, se tiene que:

$X_{st} = 34.528$

Lo que representa el promedio del volumen de aceite utilizado semanalmente en cualquier lugar del AMSS.

ii) Cálculo del volumen total utilizado por semana (τ)

Datos:

$N = 707.00$

$X_{st} = 34.53$

Evaluando la ecuación 5.12, se tiene que:

$\tau = \mathbf{24{,}412.71}$

Gran total de volumen de aceite lubricante utilizado por semana en el AMSS.

iii) Cálculo de la variancia (S_i^2) de las mediciones de la muestra de cada estrato.

Datos:

$X_1 = 24.19$	$n_1 = 99$
$X_2 = 77.12$	$n_2 = 27$
$X_3 = 66.48$	$n_3 = 9$
$X_4 = 20.75$	$n_4 = 27$

Evaluando la ecuación 5.11 se tiene que:

$S_1^2 = 495.16$

$S_2^2 = 2{,}474.07$

$S_3^2 = 899.02$

$S_4^2 = 687.39$

iv) Cálculo del intervalo de confianza aproximado de 95 % para el volumen total τ

Datos:

$\tau = 24{,}412.71$

$N_1 = 436$	$n_1 = 99$	$S_1^2 = 495.16$
$N_2 = 117$	$n_2 = 27$	$S_2^2 = 2{,}474.07$
$N_3 = 36$	$n_3 = 9$	$S_3^2 = 899.02$
$N_4 = 118$	$n_4 = 27$	$S_4^2 = 687.39$

Evaluando la ecuación 5.13, se tiene que el intervalo de confianza aproximado de 95 % para el volumen total de aceite lubricante utilizado por semana (en galones) τ es: entre **21,592.6 y 27,232.84**

d.3) Observaciones

Analizando la figura 5.10, se tiene que el promedio de volumen de aceite lubricante utilizado por semana más alto corresponde a las gasolineras, dicho valor es $X_2 = 77.12$, seguido muy de cerca por los lubricentros donde la media es $X_3 = 66.48$; la media más baja (20.75) es reportada por los puntos de buses y microbuses.

El cálculo de la media estratificada X_{st} arroja un valor de 34.53 galones de aceite lubricante utilizado por semana en los lugares que prestan servicio de cambio de aceite en el AMSS. Al calcular el gran total poblacional τ , se obtuvo que es de 24,412.71 galones de aceite lubricante utilizado por semana en el AMSS. El intervalo de confianza aproximado de 95 % para el total poblacional τ es de 21,592.6 a 27,232.84 ; lo cual indica que el número total de galones de aceite lubricante utilizado por semana en los lugares que prestan servicio de cambio de aceite en el AMSS se encuentra dentro del intervalo: 21,592.6 a 27,232.84

e) Análisis del cuadro 5.7

e.1) En las figuras 5.11 a la 5.14 se representan las proporciones en que participan los lugares encuestados sobre la disposición final del aceite residual que ellos generan.

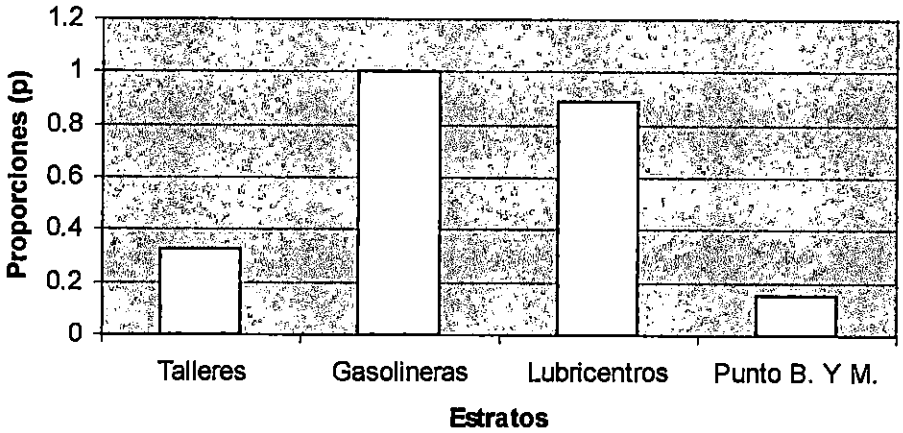


Figura 5.11 Proporción (p) con que los estratos participan en la venta del aceite residual que generan.

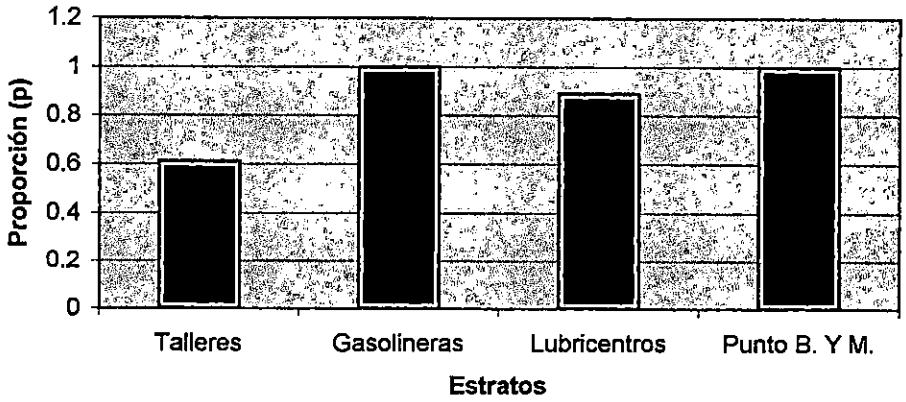
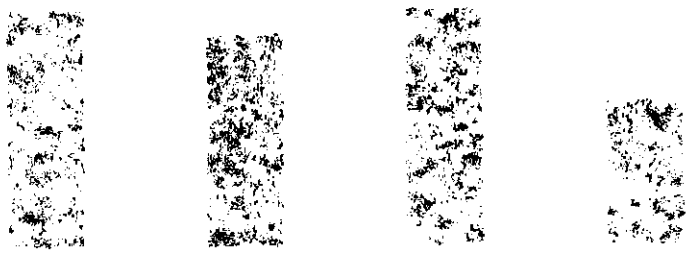


Figura 5.12 Proporción (p) con que los estratos regalan el aceite residual que generan.



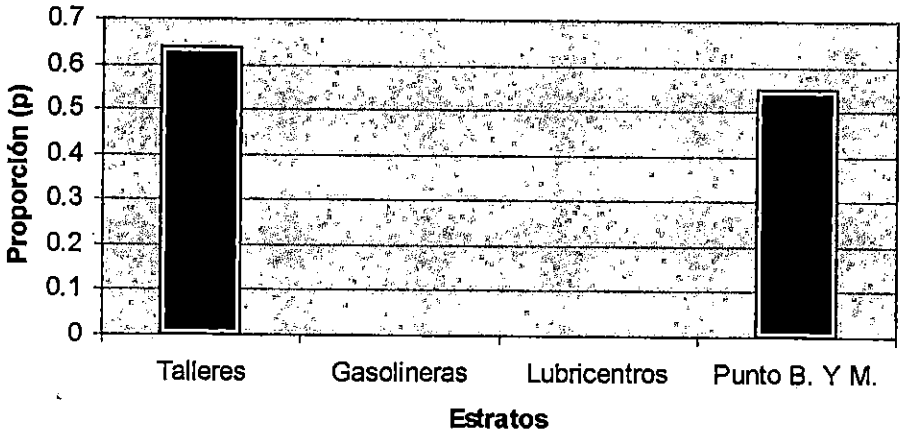


Figura 5.13 Proporción (p) con que los estratos botan el aceite residual que generan.

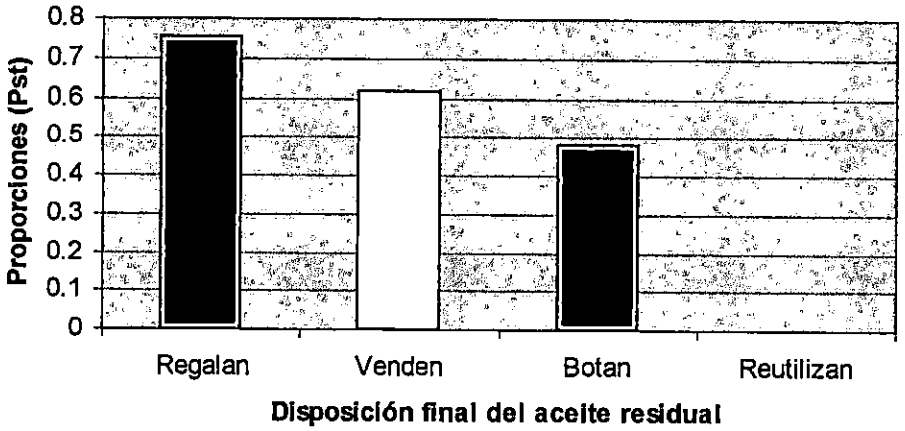


Figura 5.14 Proporciones estratificadas (Pst) sobre la disposición final que se hace del aceite residual en el AMSS.

e.2) Para inferir sobre el comportamiento de la población relativa a la disposición final del aceite residual, se hace necesario obtener las proporciones estratificadas referente a si lo venden, lo regalan, lo botan o lo reutilizan. Esto se logró utilizando las proporciones existentes en el cuadro 5.7, y mediante las ecuaciones 5.14 y 5.15 **(Mendenhall, 1990)**, las cuales se definen a continuación :

$$p_{st} = \frac{1}{N}\left(N_1 p_1 + N_2 p_2 + \ldots\ldots\ldots + N_L p_L\right) \qquad \text{Ec. 5.14}$$

$$p_{st} \pm 1.96\sqrt{\frac{1}{N^2}\sum_{1=1}^{L} N_i^2\left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\frac{p_i q_i}{n_i - 1}} \qquad \text{Ec. 5.15}$$

Donde:

P_{st} = Proporción poblacional

p_i = Proporción muestral del estrato i

q_i = 1 - p_i

i) Calculo de la Proporción poblacional P_{st} para las diferentes disposiciones del aceite residual.

i.1) Datos obtenidos del cuadro 5.7 referentes a los lugares que venden el aceite residual:

$p_1 = 0.33$ $\qquad$ $p_3 = 0.89$

$p_2 = 1.00$ $\qquad$ $p_4 = 0.15$

Luego, evaluando la ecuación 5.14, se tiene que:

$$P_{st} = 0.62$$

Es la proporción de los lugares que venden el aceite residual que generan.

Evaluando en la ecuación 5.15 para obtener el intervalo de confianza aproximado del 95% para una proporción poblacional P_{st}.

$$0.62 \pm 0.055$$

Se estima que la proporción de lugares que venden el aceite residual en el AMSS se localiza en el intervalo de 0.564 a 0.675

i.2) Datos obtenidos del cuadro 5.7 referentes a los lugares que regalan el aceite residual:

$p_1 = 0.61$ $\quad$ $p_3 = 0.89$

$p_2 = 1.00$ $\quad$ $p_4 = 1.00$

Luego, evaluando la ecuación 5.14, se tiene que:

$$P_{st} = 0.75$$

Es la proporción de los lugares que regalan el aceite residual que generan.

Evaluando en la ecuación 5.15 para obtener el intervalo de confianza aproximado del 95% para una proporción poblacional P_{st}, se tiene que:

$$0.70 \pm 0.81$$

Se estima que la proporción de lugares que regalan el aceite residual en el AMSS se localiza en el intervalo de 0.70 a 0.81

i.3) Datos obtenidos del cuadro 5.7 referentes a los lugares que botan el aceite residual:

$p_1 = 0.64$ $\quad$ $p_3 = 0.00$

$p_2 = 0.00$ $\quad$ $p_4 = 0.55$

Luego, evaluando la ecuación 5.14, se tiene que:

$$P_{st} = 0.49$$

Es la proporción de los lugares que botan el aceite residual que generan.

Evaluando en la ecuación 5.15 para obtener el intervalo de confianza aproximado del 95% para una proporción poblacional P_{st}, se tiene que:

$$0.49 \pm 0.058$$

Se estima que la proporción de lugares que botan el aceite residual en el AMSS se localiza en el intervalo de 0.43 a 0.55

e.3) Observaciones

De la figura 5.11 se puede observar que, son las gasolineras y los lubricentros los que en mayor proporción participan en la venta de los aceites residuales, mientras que en los puntos de buses y microbuses la proporción de venta es mínima.
En la figura 5.12 se observa que las gasolineras y los puntos de buses y microbuses participan regalando en mayor proporción el aceite residual generado, y en menor proporción se encuentran los talleres automotrices.

De la figura 5.13 se observa que, son los talleres automotrices los que participan en mayor proporción (0.64) en verter o lanzar los aceites residuales que genera, le siguen los puntos de buses y microbuses, mientras que las gasolineras y lubricentros no presentan este comportamiento.

La figura 5.14 muestra que la proporción poblacional más alta (0.75) se refiere a que los lugares que hacen cambios de aceite y lo regalan; sin embargo, los que venden el aceite residual presentan una proporción de 0.62 y los que botan el aceite residual al medio ambiente, participan con la proporción más baja (0.49).

f) Análisis del cuadro 5.8

En cuanto al conocimiento que tienen las personas encuestadas sobre el uso que se le da al aceite residual de automotores, se pudo constatar que, de acuerdo al cuadro 2.8 el 65.5% sabe de algún uso que se le puede dar, mientras que el resto no sabe.

5.4.2 ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS LUGARES ENCUESTADOS

a) Análisis del cuadro 5.9

a.1) En la figura 5.15 se representan los diferentes tipos de recipientes utilizados en los lugares encuestados para la recolección de los aceites residuales generados.

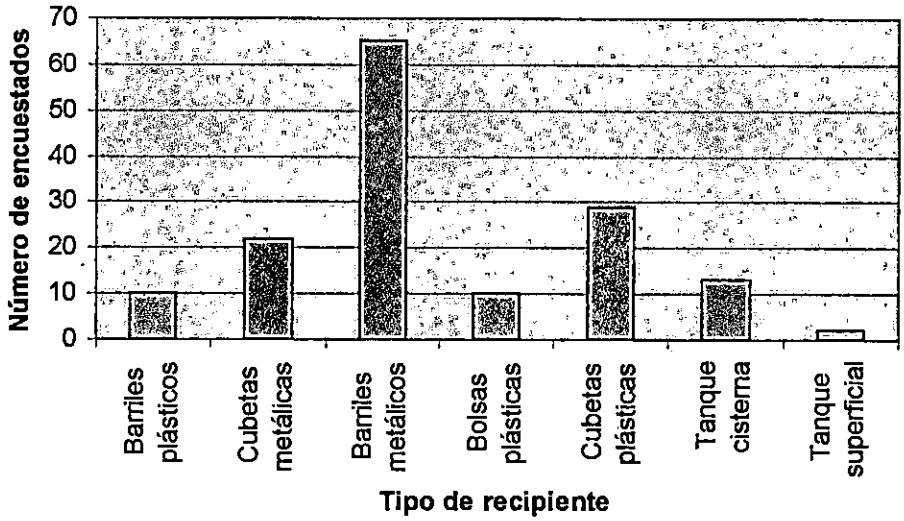


Figura 5.15 Número de encuestados que utilizan los diferentes tipos de recipientes en la recolección del aceite residual.

a.2) Observaciones

A partir del cuadro 5.9 puede determinarse que los recipientes más utilizados para la recolección del aceite usado son los barriles metálicos, debido a su resistencia y fácil manejo; seguidamente se tienen las cubetas plásticas por su bajo costo. Mientras que los tanques superficiales son los menos utilizados, esto se debe al espacio que ocupan y su costo; sin embargo dichos tanques representan una de las mejores alternativas en la recolección del aceite usado.

b) Análisis del cuadro 5.10

b.1) A partir de los totales existentes en el cuadro 5.10, se construye la figura 5.16, en donde se representan los tipos de superficies existentes en los lugares encuestados.

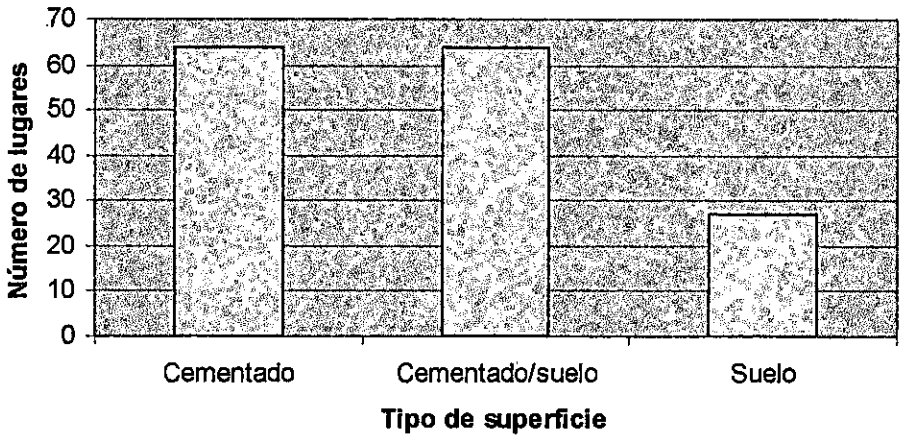


Figura 5.16 Tipos de superficie que presentan los lugares encuestados.

b.2) Observaciones

De acuerdo al cuadro 5.10 se observa que en términos generales, las superficies cementada y cementada/suelo son las que se encuentran en mayor proporción; y los lugares cuya superficie son suelos se encuentran en menor proporción.

c) Análisis del cuadro 5.11

c.1) En la figura 5.17 se presenta los diferentes puntos de derrame de aceite usado observados en los lugares encuestados.

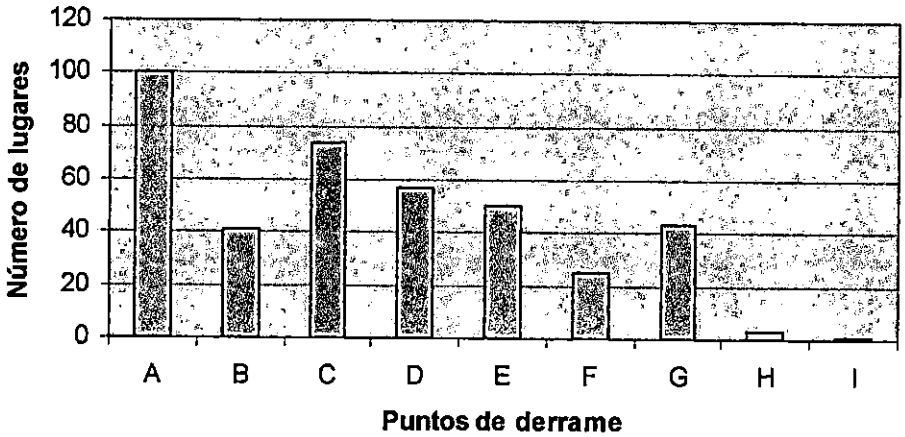


Figura 5.17 Puntos de derrame de aceite usado en los lugares encuestados.

Donde:

A : Area cementada dentro del lugar de trabajo

B : Area cementada fuera del lugar de trabajo

C : Suelo dentro del lugar de trabajo

D : Suelo fuera del lugar de trabajo (patio)

E : Suelo fuera del lugar de trabajo (calle)

F : Tragantes dentro del lugar de trabajo

G : Tragantes de la calle

H : Basurero

I : Cunetas

c.2) Observaciones

Al observar el cuadro 5.10 , podemos notar que el punto donde existe mayor derrame de aceite residual en los lugares encuestados es el área cementada dentro

del lugar de trabajo (100/162), seguido de los suelos dentro del lugar de trabajo (74/162) ; y en menor proporción se encuentran las cunetas de la calle (1/162).
Es de hacer notar que los talleres automotrices presentan más puntos de derrame, seguido de los puntos de buses y microbuses; mientras que los lubricentros y gasolineras presentan menor número de derrames de aceite residual (ver anexo V).

6.0 DIAGNOSTICO DE LA CONTAMINACION PROVOCADA POR ACEITES LUBRICANTES RESIDUALES DE AUTOMOTORES EN EL AMSS

En función del volumen total de aceite lubricante utilizado por semana obtenido en el análisis del cuadro 5.4 y de la figura 5.2 cuyo valor es $\tau = 24{,}412.73$ galones de aceite lubricante utilizado por semana, con un intervalo $\pm$ 2,820.13 al 95% de confiabilidad; se calcula en primer lugar el volumen de aceite lubricante utilizado por año, para ello se multiplica el valor de τ por el factor 52 (número de semanas que comprende un año), resultando que el volumen utilizado por año es aproximadamente de 1,269,461.69 galones. Luego, comparando este valor con el obtenido en función de las ventas totales de lubricantes en el AMSS, cuyo valor es de 1, 386,000 galones por año (sección 4.1), se tiene una diferencia de 116,539 galones, indicando una variación del 8.4% entre los dos valores obtenidos. Lo cual confirma la confiabilidad de los datos reportados.

Teniendo en cuenta que no todo el volumen que se utiliza en un cambio debe recolectarse al realizar el siguiente cambio, debido principalmente a combustión en el motor, residuos dejados en los componentes del motor, filtros de aceite y derramamiento accidental; algunos estudios han determinado que la generación de aceite residual de motor es aproximadamente 60% de las compras anuales **(Kreith, 1994)**. Esto determina que el aceite residual generado anualmente en el AMSS es aproximadamente de **761,673.96 galones de aceite residual.**

a) Considerando aspectos tales como: la cantidad de aceite residual generado por año (**761,636.43 galones**) en el AMSS es significativa. Siendo la disposición final de botarlo relativamente alto (49% en un intervalo de confianza al 95% de 0.43 a

0.55), ya sea en la calle, suelos, quebradas, basureros, tuberías de aguas negras y cunetas. La composición química del aceite residual posee constituyentes tóxicos (ver análisis químico de una muestra heterogénea tomada de algunos de los diferentes lugares encuestados en el cuadro 2.3), lo cual permite afirmar que se está causando contaminación sobre suelos, ríos, lagos, aguas superficiales y subterráneas del AMSS y sus alrededores.

b) De observaciones directas efectuadas en este estudio se tiene que en el AMSS existen lugares que prestan servicio de cambio de aceite, los cuales botan en sus instalaciones y/o alrededores el aceite residual que generan, dañando severamente con esta práctica al medio ambiente y convirtiéndose por ello en verdaderos focos de contaminación, este comportamiento es observado básicamente en talleres automotrices y puntos de buses y microbuses (ver cuadro 5.7 y anexo V).

c) Otras de las disposiciones finales que pueden incidir en la contaminación del medio ambiente, es la que se refiere a la práctica de regalar parte del aceite residual generado (cuya proporción es del 75%, en un intervalo de confianza al 95% de 0.7 a 0.81) , siendo las gasolineras y los puntos de buses y microbuses los que realizan este tipo de disposición en mayor proporción (1.0), ya que podría resultar que al utilizarlo/emplearlo, se generen residuos de aceite o en el peor de los casos residuos más peligrosos y que la disposición de estos sea inadecuada.

d) Otra de las disposiciones observadas en los lugares encuestados, es la que se refiere a vender el aceite residual, cuya proporción del 62% es considerada relativamente alta, y se presume que es para uso como combustible.

6.1 USOS ACTUALES DE ACEITES RESIDUALES DE AUTOMOTORES EN EL SALVADOR

Los usos de los aceites residuales que se mencionarán , fueron proporcionados a través de entrevistas con personas encuestadas y no encuestadas.
El uso del aceite residual de automotores en El Salvador se ha venido dando desde hace mucho tiempo atrás, casi en su totalidad de manera artesanal. Actualmente, muchos de estos usos se continúan dando de manera inadecuada ya que no se conocen los efectos ambientales y humanos que se producen o causan cuando estos aceites son utilizados, aunque al final siempre cumplan con el fin al cual se han destinado.

Algunas industrias lo utilizan directamente sin que sufra alguna transformación química, otros lo usan para transformarlo en energía calorífica donde al final siempre se obtiene emanación de gases que contaminan al medio ambiente.

Del literal (a) al (k) se listan los usos que actualmente se dan a los aceites residuales de automotores en El Salvador.

a) <u>Como Medicina:</u>

Las personas que padecen de artritis utilizan el aceite residual de automotores para aliviar los dolores de hueso, principalmente en sus extremidades. El aceite se frota en la zona afectada con la mano o con un trapo, luego se deja por un par de horas o se envuelve con un trapo para tenerlo durante la noche. Lo positivo de esta práctica es que hace posible aliviar el dolor de huesos, pero lo negativo radica en que el aceite residual conteniendo metales pesados (principalmente el plomo), pueden

penetrar a través de los poros de la piel y producir efectos secundarios y dañinos para la salud.

b) Insecticida:

Para la erradicación de insectos, principalmente los zancudos. Se dice que con solo tirar el aceite quemado ya sea en el monte, terrenos pantanosos o en el agua estancada los zancudos ya no se reproducen. El principio de tirar el aceite quemado en los lugares antes mencionados, es de que se forma una capa superficial, la cual impide que la larva del zancudo se desarrolle.

La función del aceite quemado de erradicar la proliferación de insectos es efectiva, pero el efecto de contaminación al medio ambiente es bastante fuerte, ya que éste al ser arrastrado por las aguas lluvias es conducido hacia ríos, lagos, mares y mantos acuíferos.

También el aceite quemado es utilizado como veneno para eliminar colonias de zompopos que se forman sobre la tierra. Solamente basta con derramar o aplicar cierta cantidad de aceite quemado en los nidos o cuevas donde se encuentran. Dicha práctica tampoco es buena, ya que contamina los suelos donde se aplican.

c) Como Herbicida:

Para quemar la hierba y el zacate es utilizado el aceite quemado. Este se aplica en forma de rocío o vertiéndolo de cualquier forma sobre la hierba o el zacate a eliminar. Dicha práctica evita que se realice completamente la fotosíntesis y en

términos de una o dos semanas la vegetación empieza a marchitarse y luego se seca.

d) Para Marcar Canchas Deportivas:

En algunos lugares donde se practican deporte, principalmente fútbol; es utilizado el aceite quemado para marcar las canchas. Esto se da específicamente en todos aquellos suelos que no poseen grama o cualquier tipo de monte y en donde la tierra es de color blanco.

De acuerdo a información proporcionada por algunas personas entrevistadas en el estudio de campo de la sección 5.0, en las canchas de fútbol de la Zacamil (municipio de Mejicanos) y en el colegio Don Bosco (municipio de Soyapango), ambos utilizan el aceite quemado para tal fin. Dicho aceite expuesto al aire libre, puede ser arrastrado posteriormente por las lluvias.

e) En Fosas Sépticas:

En los servicios sanitarios de fosa, se utiliza el aceite quemado para erradicar las cucarachas y evitar el mal olor que emana de estos sitios. Simplemente se vierte cierta cantidad de aceite quemado dentro de la fosa y se presume que las cucarachas tienden a desaparecer.

f) Protección de Madera:

En nuestro medio a esta práctica se le conoce como "El curado de la madera". La madera se frota o se le aplica una capa de aceite quemado, ya sea con brochas,

esponja o trapos; se le deja que adsorba el aceite por unos días y luego estará lista para ser utilizada.

La función que realiza el aceite quemado sobre la madera es evitar que la "polilla" o el "comejen" no la destruyan, prolongando así la vida útil de la madera. Puede decirse que esta es una de las prácticas con el aceite quemado que no contaminan el medio ambiente, ya que no hay un contacto directo con algún medio que pueda arrastrar el aceite.

Pero si la madera es quemada, los gases de combustión podrían contener cierta cantidad de metales pesados y otros contaminantes que posteriormente pueden ser absorbidos por las personas y animales.

g) <u>Lubricar:</u>

A pesar de que el aceite usado de automotores ya cumplió con el fin de lubricar maquinarias, la poca viscosidad con la que al final queda, es suficiente como para lubricar algunas piezas metálicas que no requieren de un buen aceite. Por ejemplo en la fabricación de camas metálicas, se utiliza dicho aceite para eliminar algún ruido desagradable, siendo mínima la cantidad requerida. También es utilizado en fábricas que poseen máquinas troqueladoras para lubricar piezas en movimiento.

h) <u>Fabricación de lavaderos y pilas de concreto:</u>

El aceite se utiliza en los moldes metálicos, los que al ser llenados con el concreto y luego de cierto tiempo ser separados ambos, es posible que ciertas partes de la

pieza elaborada se queden adheridas a los moldes. Esto se evita aplicando previamente una capa de aceite quemado en las partes internas de los moldes.
Los residuos de aceite quemado que quedan en los moldes son removidos y tirados al suelo después de cierto tiempo de uso.

i) <u>En la construcción:</u>

En la industria de la construcción se utiliza con mucha frecuencia el aceite quemado, para elaborar los llenos moldeados de concreto en columnas de edificios, y en el moldeado de las cunetas de la calle. El aceite se aplica en los moldes evitando así la adherencia del concreto a estos, permitiendo un buen fraguado.

También el aceite quemado es utilizado en la fabricación de ladrillos tipo saltex (o de bloque), los cuales son formados en moldes. Estos usos también producen residuos de aceite quemado cuando los moldes son limpiados.

j) <u>Para prevenir formaciones de polvo:</u>

Algunas personas en sus hogares y principalmente en los talleres automotrices, emplean el aceite quemado con el fin de evitar que el polvo se levante del suelo. Basta con verter el aceite y regarlo en el lugar indicado, y no se formaran capas de polvo.

k) <u>Como combustible:</u>

Normalmente el aceite quemado en El Salvador es utilizado como combustible en calderas, mezclándolo con Búnker en una proporción baja que oscila entre 5 y 10 % volumen de aceite quemado.

De acuerdo al estudio de campo realizado en el AMSS, las empresas que compran en grandes cantidades el aceite quemado son CESSA, MAYA, BATERIAS RECORD, FUNDIDORAS Y DRY CLEARNERS.

7.0 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS DE RECUPERACION DE ACEITES RESIDUALES DE AUTOMOTORES EN EL SALVADOR

Después de haber analizado la sección 3.0, sobre las alternativas de recuperación y usos de los aceites residuales de automotores, y tomando en cuenta las normas declaradas por la U.S. EPA (cuadros 2.1 y 3.1), donde existen límites que permiten clasificar el aceite usado como residuo peligroso o fuera de especificaciones, para poder emplearlo o no como combustible, y teniendo en cuenta el análisis efectuado a muestras de aceite usado que se recolectaron en algunos lugares que realizan cambios de aceite en el AMSS (cuadro 2.3), y comparándolos con los valores del cuadro 3.1 se observa que el aceite residual generado en el AMSS, por lo menos a lo que respecta a las concentraciones de plomo y cromo podría utilizarse como combustible.

Además, se realizó un análisis del poder calorífico a muestras provenientes del mismo aceite residual recolectado para efectuar el análisis químico (ver anexo IV), en el que se determinó que el poder calorífico oscila entre 10,537 a 10,569 Kcal/kg . Mientras que el poder calorífico de otros combustibles como diesel es de 10,500 Kcal/kg , Búnker es de 10, 200 Kcal/kg , petróleo crudo es de 10,400 Kcal/kg .

Se puede observar que el poder calorífico del aceite usado que se analizó en muestras provenientes del AMSS, es comparable al de los otros combustibles de uso común antes mencionados.

Por las características que presenta el aceite residual que se genera en el AMSS,

tales como: aceptable poder calorífico, volúmen generado y baja concentración de constituyentes contaminantes, se sugiere que el uso más adecuado o disposición final idónea para el aceite residual de automotores, es quemarlo como combustible. Debe tomarse en cuenta que, al quemar el aceite residual de automotores, la concentración de los componentes en las emisiones gaseosas provenientes de la combustión no produzcan contaminación atmosférica en un nivel significativo; para ello se listan en el cuadro 7.1 los valores límites de emisión de diferentes contaminantes según **(Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 1986).**

Este estudio no incluye pruebas de combustión del aceite para evaluar las sustancias que se generarían al quemar el aceite.

Cuadro 7.1 Valores Límites de Emisión para Determinadas Sustancias Emitidas en la Combustión de Aceite Usado (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 1986).

Contaminante	Valor límite (mg/Nm^3)		
Cd		0.5	
Ni		1.0	
Cr	1.5	ó	5.0
Cu	1.5	ó	5.0
V	1.5	ó	5.0
Pb	5.0	ó	5.0
Cl		100	
F		5	
SO_2		-	
Polvo total		-	

Nota: En los elementos que presentan dos valores, los estados miembros de la comunidad Europea decidirán que valor límite utilizar en sus respectivos países.

En cuanto a proponer el aceite usado para refinarlo, es una de las alternativas ideales, ya que con ello se reducirían sensiblemente los efectos de contaminación que se están causando actualmente en El Salvador, por la inadecuada disposición de éstos. Sin embargo, esta alternativa de refinación de aceite usado no fue factible en el país, ya que en el pasado (1976), existía una refinería de aceite usado, esta se fué a la quiebra debido principalmente a la poca aceptación de los usuarios, ya que el aceite re-refinado crea en el consumidor una mala percepción de baja calidad con respecto al aceite lubricante virgen y frecuentemente debe venderse a un precio menor que el del aceite virgen **(Suvillaga, 1998)**.

8.0 OBSERVACIONES

1. Los lugares donde se centró el estudio de campo en el AMSS, son todos aquellos donde se realizan cambios de aceite de automotores, tales como: talleres automotrices, lubricentros, gasolinera y puntos de buses y microbuses. Con el fin de obtener una muestra representativa de la población en estudio, la escogitación de los lugares a encuestar se hizo en forma aleatoria y con el cuidado de abarcar todos los municipios que conforman el AMSS.

2. Para determinar la población total en estudio, fue necesario auxiliarse de las diferentes alcaldías de los municipios que conforman el AMSS y de las asociaciones de transporte colectivo terrestre. La colaboración de las alcaldías consistió en proporcionar listados tanto de talleres automotrices y de gasolineras registradas en cada municipio, las asociaciones de transporte terrestre proporcionaron el número de puntos de buses y microbuses existentes en el AMSS.

3. La población en estudio, se dividió en cuatro estratos debido a la heterogeneidad que presentan los lugares que prestan el servicio de cambio de aceite, siendo estos: gasolineras, puntos de buses y microbuses, talleres automotrices y lubricentros.

4. La herramienta que se empleó para realizar el estudio de campo fue una encuesta (ver anexo II), la cual permitió recopilar la información necesaria y así poder diagnosticar los problemas de contaminación generados por el aceite residual de automotores en el AMSS, así como también la disposición final que se le da a dichos aceites. Además, se recolectaron datos sobre la

comercialización de aceites lubricantes y por entrevistas fuera del diseño de la encuesta con personas conocedoras del uso de aceites residuales.

5. La identificación de los focos de contaminación (talleres automotrices y puntos de buses y microbuses), se basó tomando en cuenta, si los lugares encuestados botan o manejan inadecuadamente el aceite residual de automotores que generan.

6. El resultado final de la cantidad de aceite residual de automotores generado anualmente en el AMSS, se obtuvo considerando por una parte, que el año consta de 52 semanas y que en un cambio de aceite se obtiene aproximadamente el 60% del volumen de aceite virgen utilizado en cada cambio, además para determinar la estimación del volumen de aceite lubricante utilizado, se calculó la media estratificada (X_{st}) y el gran total (τ), con un intervalo de confianza al 95%.

9.0 CONCLUSIONES

1. El estudio reveló que en los lugares encuestados, algunos de estos disponen adecuadamente de los aceites residuales que generan, utilizando una variedad de recipientes para su recolección, tales como: barriles metálicos, cubetas plásticas, barriles plásticos, cubetas metálicas y en menor medida tanques cisterna y tanques superficiales; observando además áreas limpias tanto dentro como fuera de los lugares de trabajo. Si bien es cierto que algunos de ellos presentaron puntos de derrame, estos se encontraron en las áreas de recolección, siendo derrames clasificados como leves, los cuales no inciden considerablemente en la contaminación del medio ambiente. Este comportamiento se observó básicamente en un 100% de los lubricentros y en la mayoría de las gasolineras.

2. Ninguna de las gasolineras ni de los lubricentros encuestados botan o reutilizan el aceite residual que generan, sino que lo venden o lo regalan. Por las características antes mencionadas, tanto las gasolineras como los lubricentros no se consideran focos de contaminación directa.

3. El 100% de los talleres automotrices y aproximadamente un 60% de los puntos de buses y microbuses, presentaron un mal manejo e inadecuada disposición del aceite residual que generan, lo que conlleva a la contaminación del medio ambiente, básicamente de la tierra y del agua superficial o subterránea, convirtiéndose estos lugares en verdaderos focos de contaminación. Estos se clasifican como tales debido principalmente a que vierten los aceites residuales en sus alrededores tales como: tragantes, suelo, quebradas, basureros, en la calle, tuberías de aguas negras y cunetas. También las áreas dentro y fuera de

estos lugares observan derrames evidentes y considerables de aceite usado. Es de hacer notar que estos lugares no botan todo el aceite que generan, puesto que también lo venden y lo regalan, convirtiéndose también en fuentes no directas de contaminación.

4. En El Salvador no se conoce ningún tipo de legislación que regule el manejo, almacenaje y disposición final del aceite residual, lo que no sucede en otros países tal como Estados Unidos (ver sección 2.0), tampoco hay refinerías que permitan reciclar y luego reutilizar el aceite usado.

5. En El Salvador, una de las formas en que se utiliza el aceite usado en cantidades significativas es como combustible, entre las industrias que utilizan esta práctica se tienen: Cemento de El Salvador S.A. de C.V. , Baterías Récord de El Salvador S.A. de C.V. Se considera que la quema del aceite usado en las áreas rurales es la alternativa más conveniente a realizar, ya que, puede absorber grandes volúmenes del aceite residual generado en El Salvador, lo cual ayudaría en parte a la problemática energética existente, si se toma en cuenta el poder calorífico que posee (ver sección 7.0).

6. Debido a que no se cuenta con abundante información sobre límites permisibles de sustancias peligrosas presentes en el aceite residual, solamente los existentes en el cuadro 3.1, y teniendo en cuenta que el análisis de metales tóxicos realizado en el aceite residual no fue completo (ver cuadro 2.3), no se puede afirmar con certeza si el aceite residual de automotores generado en el AMSS puede ser empleado directamente como combustible o si es necesario darle un tratamiento previo para poder utilizarlo.

7. La mayoría de los usos reportados por las personas encuestadas en El Salvador sobre el aceite residual de automotores, están contempladas como prohibiciones en cuanto al manejo y disposición final definidas por la U.S. EPA. Es decir, los usos tales como verter aceite residual en fosas sépticas, como herbicida, como insecticida, etc; representan claras violaciones a los lineamientos dictados por dicha institución.

8. El 30% de la demanda total de aceite lubricante en el mercado salvadoreño equivalente a 990,000 galones por año, es destinado a los rubros de la industria marina e industria en general, el cual al ser dispuesto inadecuadamente puede causar también problemas de contaminación en el medio ambiente.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. Que el estado a través del Ministerio del Medio Ambiente, debe hacer campañas nacionales para promover una disposición final adecuada del aceite residual, mostrando la importancia que tiene el medio ambiente para la vida del hombre y haciendo énfasis en el valor que posee el aceite residual; esto a través de folletos, posters, calcamonías, editoriales en periódicos, radio y televisión.

2. Legislación ambiental

   a) Imponer regulaciones en los lugares que prestan el servicio de cambio de aceite, basándose en los reglamentos propuestos por U.S. EPA, ya que no se tienen los propios en El Salvador.

   b) Monitoriar el cumplimiento de las regulaciones impuestas, con la participación de agentes delegados de tránsito y agentes del medio ambiente.

   c) Multar las personas que no cumplan con las regulaciones dispuestas por el Ministerio del Medio Ambiente.

3. Incentivar a la industria para que ésta utilice en la medida de lo posible el aceite residual de automotores. Por ejemplo, usándolo como combustible.

4. Analizar la factibilidad de reciclar el aceite residual de automotores, re-refinándolo o regenerándolo.

5. Las asociaciones de transporte colectivo, deben tomar parte activa en dar propuestas y/o alternativas que permitan un mejor manejo y disposición final del aceite residual, y cumplir y hacer cumplir a sus agremiados con tales propuestas.

6. Los automovilistas deben también colaborar con la recolección y disposición adecuada del aceite residual.

7. Construir centros de recuperación o de acopio, de los aceites residuales de automotores.

8. Realizar estudios sobre los gases de combustión generados en la quema de aceite residual al ser utilizado como combustible, encaminados a determinar si cumplen o no con las normativas existentes para las emanaciones de gases hacia el medio ambiente.

11.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Albarracin A. , P. (1993). "Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz." Segunda Edición. Editorial Grijalbo.. Bogotá. Colombia.

2. Alcaldías Municipales. (1998). "Registro de Talleres Automotrices y Gasolineras en el Area Metropolitana de San Salvador". Información Recopilada en las Diferentes Alcaldías del Area Metropolitana de San Salvador.

3. Arana M. (1998). Entrevista Personal. (1998) "Comercialización de Aceites Lubricantes". Jefe División Lubricantes. TEXACO CARIBE. El Salvador.

4. AEAS, (1998). Asociación de Empresarios de Autobuses Salvadoreños. "Registro de Puntos de Buses y Microbuses en el Area Metropolitana de San Salvador".

5. ATP, (1998). Asociación de Transportistas Públicos. "Registro de Puntos de Buses y Microbuses en el Area Metropolitana de San Salvador".

6. Berrios, G. y Castro, M. (1997). "Evaluación del Potencial Energético de Residuos Agrícolas Vegetales en El Salvador. Parte I, Residuos de Caña de Azúcar (Saccharum Officinarum) y Maíz (Zea Mays)". Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniería Química. Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador.

7. Campos S. , E. (1999). Entrevista Personal. " Interpretación de Análisis de Muestras de Aceites Lubricantes Residuales de Automotores y Aceites Virgenes. Jefe de Laboratorio Químico. Departamento de Lubricantes. TEXACO. Acajutla, Sonsonate. El Salvador.

8. CESSA. (1999). "Determinación del Poder Calorífico en Muestras de Aceite Residual de Automotores Recolectadas en el Area Metropolitana de San Salvador". Cantón El Ronco, Metapán, Santa Ana.

9. Guevara S., N.P. (1998). Entrevista Personal. "Reciclaje de Aceites de Aceites Lubricantes". Jefe de Control de Calidad . . CEMENTO MAYA. Metapán. Santa Ana.

10. Harte, J. et al. (1995). "Guía de la Sustancias Contaminantes. El Libro de los Tóxicos de la A hasta la Z". Editorial Grijalbo. España.

11. Kreith, Frank. (1994). "Handbook of Solid Waste Management", Editorial Mc Graw- Hill. Mexico.

12. Mendenhall, W. ; Sheaffer, S. (1983). "Elementos de Muestreo". Editorial Grupo Iberoamérica. Mexico.

13. Mendenhall, W. (1990). "Estadística para Administradores". Editorial Grupo Iberoamérica. Mexico.

14. Mobil Oil Corporation, (1985). "Synthetic Lubricants". New York

15. Motor Oil Disposal Opinion Brandl (1997). Consulta Internet. http://gilligan. esu7.k12.ne.us/~1web/NEBWEB/opinion/mo toroilbrandl.html

16. Oil Eating Bacteria Brings Value to Recycling Process (1997). Consulta Internet. http://prn-branch.com/bacteria.html

17. Patiño, J. (1998). Entrevista Personal. "Comercialización de Aceites Lubricantes en El Salvador". Gerente de Ventas. SHELL COMPANY. El Salvador.

18. Perry, R. ; et al (1995). "Manual del Ingeniero Químico". Sexta Edición, Editorial Mc Graw-Hill. Mexico.

19. Pineda, A. (1998). Entrevista Personal. "Clasificación de los Diferentes Tipos de Aditivos de los Aceites Lubricantes para Automotores". Especialista en Aceites Lubricantes. SHELL COMPANY. El Salvador.

20. Rico Peña; D. C (1999). "Apuntes de Clase de la Asignatura Química Industrial, Ciclo I/99". Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.

21. Recycling Waste Lubricanting Oils (1997). Consulta Internet .

22. SHELL (1993). Boletín Informativo del Centro de Investigación Houston, Texas. USA.

23. Stegemann, B. (1984). "Maintenance Training Program". Parte 2 , Lubrication.

24. Suvillaga, M. E. (1998). Consulta Personal. "Refinación de Aceite Usado en El Salvador".

25. TEXACO, (1998). "Análisis Químicos de Muestras de Aceite Residual de Automotores Recolectadas en El Area Metropolitana de San Salvador". Departamento de Lubricantes. Acajutla, Sonsonate. El Salvador.

26. Tchobanoglous, G. et al (1994). "Gestión Integral de Residuos Sólidos". Editorial Mc Graw-Hill. Mexico.

27. TNRCC, (1996). "Waste Management. Pollution Cleanup". Consulta Internet. http://www.tnrcc.state.tx.us/admin/topdoc/gi/069a.html

28. Torres, T. (1998). Consulta Personal. "Muestreo Aleatorio Estratificado". Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.

29. U. S. EPA, (1998). "National Oil Recyclers Association". Consulta Internet.

30. U. S. EPA, (1996). "Solid Waste and Emenrgency Responce. MANAGING USED OIL". Consulta Internet.

31. U. S. EPA, (1998). "Ventura County Used Oil and Household Hazardous". Consulta Internet. CA 93009.805/645-2889.swmd raing.org

32. U. S. EPA, (1998). "Ventura County Solid Waste Management Department". Consulta Internet. CA 93009.805/645-2889.swmd raing.org

33. Tahal Consulting Engineers. (1997). "Plan Maestro de Transporte Vehicular en el Area Metropolitana de San Salvador" . Viceministerio de Transporte.

34. Vaquerano, I. (1999). Consulta Personal. "Normalización y Regulación de Desechos en El Salvador". Jefe del Departamento de Normalización y Metrología. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

35. Wesskopf, G. ; C. Jenkins (1983). "Proyecto para la Recuperación de Aceite Lubricante Contaminado". Trabajo de Graduación para Optar al Título de Ingeniero Mecánico. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. El Salvador.

ANEXOS

ANEXO I

CARACTERISTICAS QUIMICAS Y FISICAS Y EFECTOS NOCIVOS A LA SALUD QUE PRESENTAN LOS DIFERENTES CONSTITUYENTES DEL ACEITE RESIDUAL DE AUTOMOTORES

1.1 ETILENGLICOL

El etilenglicol es conocido como anticongelante para cualquier automovilista, aunque también es utilizado en muchos productos más, como poliester, cosméticos, pinturas, tintas, pegamentos, tintes para madera, productos de tabaco y líquido de frenos para automóviles. También se emplea para producir multitud de compuestos químicos y es un popular solvente industrial, lo que hace del etilenglicol uno de los veinte productos químicos de más volumen de producción.

a) Información Técnica

Formula química : $C_2H_6O_2$
Peso molecular : 62
Cantidad evaporada desde automóviles en Estados Unidos : 50,000 ton/año
Dosis letal para adultos : de 90 a 120 mililitros
Nivel máximo de concentración en el aire : 50 ppm. **(Harte, 1995)**.

b) Propiedades físicas y químicas

El etilenglicol es un líquido transparente, incoloro, de consistencia espesa y de sabor dulce. Puede absorber una cantidad de agua que equivale a dos veces su peso. Se evapora lentamente a temperatura ambiente, pero se volatiliza con rapidez a las temperaturas típicas de los motores de automóviles.

c) Efectos en la salud

El etilenglicol es un veneno peligroso. Aunque a temperatura ambiente no se evapora con la suficiente rapidez como para representar un riesgo para la salud,

quienes están expuesto a él crónicamente han reportado dolores de cabeza e irritación de la garganta al inhalar sus vapores. Sin embargo, pueden inhalarse cantidades peligrosas de etilenglicol si este compuesto se calienta. Aunque el etilenglicol líquido no produce irritaciones importantes al derramarse sobre la piel, es extremadamente tóxico si se ingiere. Las dosis letales varían desde media tasa para adultos, a unas cuantas cucharadas en el caso de niños y animales domésticos.

d) Efectos ambientales

Los animales son atraídos por el sabor dulce del etilenglicol, por lo que deben limpiarse inmediatamente si se derrama en las calles o el campo. Sus vapores contribuyen a la contaminación urbana de ozono.

1.2 PLOMO

El plomo es un metal industrial común, que está ya muy extendido en el aire, agua, suelos y alimentos. Provoca alteraciones graves a la salud aún cuando esté a muy bajos niveles en el cuerpo, incluyendo daños cerebrales irreversibles y daños a los sistemas que forman la sangre **(Harte, 1995)**.

El envenenamiento con plomo es una enfermedad que sufrimos cuando la cantidad de plomo se acumula en el cuerpo más rápido de lo que se puede eliminar.
El riesgo más grande no es tocar el plomo. El peligro es aspirarlo o ingerirlo.

a) Información Técnica

Símbolo químico : Pb

Número atómico : 46

Peso atómico :106

Límite de plomo en el aire : 1.5 $\mu g/m^3$

Limite permisible en el agua potable : 15 a 20 $\mu g/L$

Niveles de plomo en el suelo : < 500 ppm.

Contenido de plomo permitido en pinturas : 0.06% en peso (600 ppm) por peso de una partícula seca.

Contenido de plomo permitido en la gasolina : 0.38 g/L **(Harte, 1995)**.

b) Aspiración de plomo

El plomo entra al cuerpo al aspirar el aire que contiene plomo. El mayor riesgo para el adulto es la aspiración de polvo con plomo en el trabajo. Los cigarrillos también contienen plomo.

c) Ingestión de plomo

Ingerir plomo es más peligroso para los niños que para los adultos, porque el estomago de los niños absorbe una cantidad mucho mayor de plomo. Los niños que juegan con tierra o pintura que contenga polvo de plomo pueden ingerirlo al comer tales cosas, o si se llevan las manos a la boca o comen o beben sin lavarse las manos o la cara.

También, algunos platos contienen plomo que contaminan las comidas y bebidas.

El plomo es un veneno fuerte. Los niños están en más peligro de envenenarse con plomo por que juegan en áreas que pueden estar contaminadas con plomo (tierra,

pisos); tienden a llevarse los dedos u objetos sucios a la boca, y su cuerpo y cerebro todavía se están desarrollando.
Demasiado plomo en el cuerpo puede afectar el cerebro y el sistema nervioso, la sangre, los riñones, y los sistemas digestivos y productivos.

1.3 NIQUEL

El níquel es un metal plateado que existe naturalmente y que se utiliza en una gran variedad de productos industriales.
El efecto más importante del níquel sobre la población general es una reacción cutánea llamada dermatitis. El polvo de níquel de las refinerías puede causar cáncer pulmonar en la sal o en la garganta.

a) Información Técnica

Símbolo químico : Ni
Número atómico : 28
Peso atómico : 58.7
Límite de níquel en el aire : 10 - 60 ng/m^3
Limite permisible en el agua potable : < 10 μg/L
Niveles de níquel en el suelo : 5 - 500 μg/g **(Harte, 1995)**.

b) Propiedades físicas y químicas

El elemento níquel existe en minerales de la corteza terrestre. Se extrae y funde para producir níquel metálico y otros compuestos. El níquel metálico es un sólido

duro y plateado con un alto punto de fusión, no se disuelve con facilidad en agua o solvente orgánicos y no es inflamable.

c) Efectos ambientales

En general, el níquel presenta pocos problemas ambientales. Las concentraciones en el agua están por debajo de los niveles tóxicos para la vida acuática. La vida vegetal en las cercanías de fundidoras y refinerías de níquel frecuentemente queda dañada o destruida, pero el níquel es sólo una de muchas sustancias emitidas por estas industrias y aún no se sabe con certeza cual es el impacto que produce el níquel por sí solo.

1.4 CROMO

El cromo es un metal muy utilizado en la fabricación de acero cromado e inoxidable. Tiene la propiedad particular de ser necesario para la salud humana en una de sus formas en tanto que, al mismo tiempo, es uno de los principales agentes causantes de cáncer en otra de sus presentaciones. Suele ocupar el segundo lugar después del benceno, como un importante contaminante tóxico del aire.

a) Información Técnica

Símbolo químico : Cr
Número atómico : 24
Peso atómico : 52
Límite de cromo en el aire : 5.2 - 160 ng/m^3

Limite permisible en el agua potable : 50 μg/L

Niveles de cromo en el suelo : 5 - 500 μg/g **(Harte, 1995).**

b) Propiedades físicas y químicas

El cromo se encuentra en la naturaleza en tres formas estables: como cromo metálico, cromo (III) y cromo (VI). El cromo metálico es el elemento 24 de la tabla periódica de los elementos; abunda en el mineral llamado cromita, del cual se obtiene por un proceso de refinación. El cromo metálico es muy resistente a las agresiones químicas (corrosión y oxidación), lo que explica su utilidad en la producción de acero inoxidable y cromado.

El cromo (III) o cromo trivalente es la forma que encontramos con mayor abundancia en el ambiente, es la más estable de las tres y resulta necesario para la salud del hombre pues, en combinación con la insulina, ayuda a conservar los niveles adecuados de glucosa en la sangre.

El cromo (VI) o hexavalente es la forma comercial más importante debido a sus propiedades químicas, aunque puede tener efectos adversos inmediatos en la salud, además de provocar cáncer pulmonar.

c) Efectos en la salud

Al parecer el cromo metálico es biológicamente inerte y no provoca efectos dañinos; el cromo (III) es necesario para la salud y toda exposición normal se considera inofensiva. Los compuestos de cromo (VI) son la causa de la mayor parte de los efectos negativos conocidos del cromo. El cromo (VI) puede ocasionar daño hepático y renal, hemorragias internas, dermatitis, daños respiratorios y cáncer pulmonar, aunque en la actualidad son muy pocos los casos de

envenenamiento grave con cromo, gracias a las mejoras en las medidas de higiene y seguridad industrial.

d) Efectos ambientales

El cromo que se encuentra en la naturaleza ha sido relacionado con la infertilidad del suelo de ciertos lugares, debido a sus altas concentraciones. Sin embargo, el cromo en forma de cromatos tiene gran toxicidad para las plantas y es necesario evitar el uso de sales de cromo en cualquier lugar donde se cultiven plantas.

1.5 ALUMINIO

El aluminio es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre (después del oxígeno y el silicio). No se encuentra en forma pura, sino que se refina de los minerales de bauxita y criolita. Al purificarlo, el aluminio es un metal blanco plateado cuya resistencia, ligereza en peso y resistencia a la corrosión lo hacen adecuado para una amplia variedad de aplicaciones. El aluminio no se disuelve con facilidad en agua neutra, pero conforme se vuelve ácida o alcalina, se disuelve con mayor facilidad y en consecuencia se moviliza más en el ambiente. El aluminio se combina con la materia orgánica para formar terrones o flóculos y a veces se utiliza en el tratamiento del agua como un floculante para eliminar los materiales orgánicos que causarían problemas de olor o sabor.

a) Información Técnica

Símbolo químico : Al

Número atómico : 13

Peso atómico : 27

Límite de aluminio en el aire : 100 – 5,000 ng/m^3

b) Efectos en la salud

Los trabajadores expuestos al polvo de aluminio, en las industrias de fabricación de aluminio y en la producción de fuegos artificiales, explosivos y abrasivos de alúmina, pueden tener una enfermedad pulmonar llamada fibrosis pulmonar. Esta corresponde a un engrosamiento y formación de cicatrices en el tejido pulmonar alrededor de partículas inhaladas que pueden favorecer una enfermedad respiratoria semejante al enfisema pulmonar.

Los riñones son esenciales para eliminar todo el aluminio que se absorba a través del aparato digestivo.

1.6 ARSENICO

a) Propiedades Físicas y Químicas

El arsénico es una sustancia metaliforme que se recupera del polvo de la fundición del cobre y procesado a un polvo blanco. La toxicidad del arsénico depende de su forma, ya que el arsénico inorgánico es mucho más tóxico que el orgánico. La mayorparte de la exposición humana ocurre mediante los alimentos y predominantemente en la forma orgánica, que es menos peligrosa. El arsénico y el selenio son toxinas antagónicas: la exposición a una reduce los efectos adversos de la otra.

b) Información Técnica

Símbolo químico: As

Número atómico: 33

Peso atómico: 75

Máximo nivel permitido en el agua: 50 μg/L (50 ppb)

Límite de la OSHA en el aire del lugar de trabajo: 0.5 mg/m^3

c) Efectos en la Salud

Los dos efectos más peligrosos de la exposición al arsénico para la población general son el cáncer pulmonar por inhalación y el cáncer de piel por ingestión. También es significativa la intoxicación como resultado de contaminación accidental de productos comestibles y otros trastornos por exposición crónica de bajo nivel. El cáncer pulmonar por respirar arsénico es una enfermedad ocupacional para los trabajadores de la industria fundidora y de la industria de fabricación de pesticidas arsenicales.

Otros trastornos que resultan de la exposición crónica al arsénico son; en orden decreciente de importancia lesiones no cancerosas de la piel , efectos sobre nervios periféricos y cambios cardiovasculares. Los trastornos d la piel incluyen pigmentación aumentada, lesiones tipo verrugas en palmas y plantas y líneas transversas blanquecinas cruzando las uñas.

La intoxicación aguda por arsénico se caracteriza por daño gastrointestinal grave que produce vómito y diarrea y colapso vascular general que termina en choque, coma e incluso muerte.

d) Efectos Ambientales

El arsénico es un tóxico para las plantas en concentraciones elevadas. Los huertos que tienen una larga historia de uso de pesticidas arsenicales pierden lentamente su fertilidad con forme el arsénico se acumula en el suelo. A la larga, es posible que los árboles se vuelvan completamente inproductivos. También se ha observado daño a la cebada y la alfalfa.

1.7 CADMIO

a) Propiedades Físicas y Químicas

El cadmio es un metal suave de color plateado que conserva su brillo al entrar en contacto con el ambiente. No es un metal fuerte, aunque sí resistente a la corrosión.

El cadmio tiende a adherirse a las cenizas, el polvo, partículas de tierra y sedimentos; tiene especial afinidad con las cenizas de combustibles sólidos que escapan de chimeneas y por la arcilla. Por consiguiente, el cadmio que contamina el aire como consecuencia de la combustión tiende a estar adherido a las cenizas emitidas, las cuales pueden permanecer en la atmósfera durante una semana o más.

b) Información Técnica

Símbolo químico: Cd
Número atómico: 48
Peso atómico: 112.4

Concentraciones comunes de cadmio:

Fuente	Areas rurales	Areas urbanas/industriales
Suelos para la agricultura	1.0 μg/g	-
Aire rural	0.003 – 0.62 ng/m^3	5.0 ng/m^3
Sedimentos	1.0 μg/g	0.6 - 4.1 μg/g
Aguas costeras	0.01 μg/L	0.15 μg/L
Agua dulce	0.1 - 1.2 μg/L	1.0 - 36 μg/L
Frutas y vegetales	0.01 - 0.15 mg/kg	0.3 - 0.5 mg/kg

c) Efectos en la Salud

En humanos, el cadmio inhalado ha sido relacionado con en el desarrollo de cáncer pulmonar. La U.S. EPA clasifica a este metal como un posible carcinógeno.

Aunque el cáncer pulmonar provocado por cadmio suele ocurrir casi siempre, cuando hay un contacto con concentraciones elevadas de vapores de cadmio, existe la sospecha de que este metal pueda ocasionar cáncer pulmonar en individuos que habitan en regiones aledañas a fundiciones e incineradores. El contacto crónico con niveles bajos de cadmio también puede causar enfermedades pulmonares degenerativas como enfisema y bronquitis crónica.

El contacto frecuente con cadmio también se ha relacionado con gran diversidad de enfermedades como alteraciones cardíacas, anemias, fragilidad ósea, depresión de la respuesta inmunitaria y enfermedades renales y hepáticas.

d) Efectos Ambientales

El cadmio se acumula en el organismo en todos los niveles; no se metaboliza y se transmite sin alteraciones, en la cadena alimentaria, aunque diversos estudios han demostrado que tiene limitada capacidad de bioconcentración. Además, hay pocas especies que presentan alteraciones en la salud como consecuencia del contacto con cadmio excepto en regiones donde este elemento se encuentra en concentraciones muy elevadas.

ANEXO II

MODELO DE ENCUESTA PASADA EN LOS ESTRATOS SELECCIONADOS: GASOLINERAS, TALLERES AUTOMOTRICES, LUBRICENTROS Y PUNTOS DE BUSES Y MICROBUSES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ENCUESTA

Investigación de campo para la realización de trabajo de graduación "Diagnóstico del Problema de Contaminación y de Alternativas de Recuperación y Uso de Aceites Residuales de Automotores en el Area Metropolitana de San salvador".

No. de encuesta:_____

DATOS GENERALES

Fecha:_____
Lugar :_____
Municipio:_____

Identificación del lugar encuestado:

a) Taller automotríz ☐ b) Gasolinera ☐

c) Terminal de autobuses ☐ d) Terminal de microbuses ☐

e) Otros ☐ , especifique:_____

I INFORMACION DE LAS ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN EN EL LUGAR VISITADO.

1- A qué tipo de vehículos automotores le brinda servicios de cambio de aceite ?

a) Liviano ☐ b) Pesado ☐

c) Taxi ☐ d) Microbuses ☐

e) Autobuses ☐ f) Todos los anteriores ☐

2- Cuantos cambios de aceite por año estima que se realizan en los tipos de vehículos ?

	1	2	3	4	5
a) Vehiculo liviano	☐	☐	☐	☐	☐
b) Taxi	☐	☐	☐	☐	☐
c) Microbuses	☐	☐	☐	☐	☐
d) Autobuses	☐	☐	☐	☐	☐
e) Vehículo Pesado	☐	☐	☐	☐	☐

3- Cual es el volúmen aproximado en galones de aceite lubricante que se utiliza en los diferentes vehículos automotores ?

a) Liviano:_____ b) Pesado:_____

c) Taxi:_____ d) Microbuses:_____

e) Autobuses:_____

4- Cuantos cambios de aceite realiza semanalmente por tipo de vehículo automotor?

a) Liviano:_____ b) Pesado:_____

c) Taxi:_____ d) Microbuses:_____

e) Autobuses:_____

5- Que hacen con el aceite quemado ?

a) Lo venden ☐ , a quien:_____

b) Lo regalan [ ] , a quien:_____

c) Lo botan [ ] , a donde:_____

d) Lo reutilizan [ ] , en qué:_____

6- Que hacen con los filtros de aceite usados ?

_____

_____

7- Tiene conoci miento de que hacen las personas con el aceite quemado que se llevan ?

_____

_____

8- Sabe usted algún uso que se le dá al aceite quemado ?

_____

_____

II CARACTERISTICAS DEL LUGAR VISITADO

1- Tipo de reci pientes en que recolectan el aceite quemado ?

a) Barriles plásticos [ ] b) Cubetas metálicas [ ]

c) Barriles metálicos [ ] d) Bolsas plásticas [ ]

e) Cubetas plásticas [ ] f) Otros [ ]

especifique:_____

2- Area aproximada (m^2) donde se realizan las actividades de mantenimiento mecánico :_____

3-

Tipo de superficie	% de área contaminada de aceite quemado	
	Cementado	Suelo
Cementado Totalmente		
Cementado y Suelo		
Solamente Suelo		

4- Puntos donde se observan derrames de aceite quemado ?

a) Area cementada dentro del lugar de trabajo

b) Area cementada fuera del lugar de trabajo

c) Suelo dentro del lugar de trabajo

d) Suelo fuera del lugar de trabajo:

i) Patio

ii) En la calle

e) Tragantes dentro del lugar de trabajo

f) Tragantes de la calle

g) Otros

especifique :_____

ANEXO III

TEORIA ESTADISTICA APLICADA A LA INVESTIGACION REALIZADA

3.0 Diseño Estadístico de Muestreo

Definiciones

Los diseños muestrales en estadística se definen como los distintos procedimientos que existen para extraer muestras de población con el objeto de conocer sus características promedio. Es interesante saber como a través del análisis de solo una parte representativa de la población se puede inferir lo que esta ocurriendo en toda la población. Antes de seleccionar el diseño muestra más adecuado se definirán algunos conceptos básicos de muestreo

3.1 Conceptos Básicos de Muestreo.

Población : es un agregado de unidades individuales, compuesto de personas o cosas, que se hayan en una temática determinada. Las unidades individuales se llaman unidades elementales. Definir una población es limitar el alcance de las unidades elementales de acuerdo al interés que se tiene respecto a alguna característica de la población. Tanto la definición de una población como la característica a ser observada de sus unidades elementales dependen de la naturaleza del problema. Por ejemplo, si el problema es "camisas para personas adultas de EL SALVADOR" se trata de determinar la cantidad adecuada de producción de camisas de acuerdo con las diversas medidas. La población es todas las personas adultas de EL SALVADOR . La característica de interés son las medidas del cuello de las personas adultas.

Veamos otro ejemplo. La cuota diferenciada para alumnos de la Universidad de El Salvador. El problema a decidir es la asignación de las cuotas a los estudiantes. La población son los ingresos de todos los alumnos (o sus padres) de la Universidad de El Salvador, la característica de interés es el monto de los ingresos de dichos estudiantes.

Las poblaciones pueden ser finitas o infinitas. Una población infinita es la que contiene un número infinitamente grande de unidades elementales; por ejemplo las piezas producidas en un proceso productivo; todos los posibles resultados al lanzar una moneda continua e infinitamente.

Una población es finita, cuando tiene un número finito de unidades elementales. Por ejemplo los estudiantes de una determinada universidad; el número de escuelas que existen en una determinada ciudad, etc.

Muestra: es una parte de la población, por ejemplo cuando se desea hacer un estudio relativo al rendimiento académico de alumnos de cierta universidad, y se toma solo un grupo de estudiantes de esa universidad. Todos los estudiantes de ella son la población y el grupo escogido constituye la muestra. Es importante hacer notar que para hacer una investigación mediante el análisis de una parte de la población, o sea mediante una muestra, esta tiene, necesariamente, que ser representativa. La representatividad de la muestra, implica que cada unidad de la población, tiene que tener iguales probabilidades de ser seleccionadas. En estas condiciones se dice que la muestra es aleatoria. El obtener una muestra

pueden ser grupos de elementos ubicados en conglomerados naturales convenientemente, identificables y concretos, como por ejemplo los departamentos de un edificio, grupos de escuela, etc. En estos casos, el inventario consiste en una lista de conglomerados.

Unidades de muestreo: son aquellos elementos o grupos de elementos que forman la base de una selección de muestras. Pueden o no ser idénticas al listado de las unidades. Cuando se dispone de una lista completa de elementos de la población, en general, es más conveniente extraer una muestra directa de la lista, en cuyo caso el muestreo sería lo mismo que el listado de unidades.

Estructura de muestreo: esta constituida por los materiales y procedimientos utilizados para contabilizar la población cuando no se dispone de una lista completa de los elementos. La estructura del muestreo consistirá en generar, mapas, croquis, listas fotografías aéreas e instrucciones sobre la forma, como estos elementos deben utilizarse. Se trata básicamente del procedimiento operacional y de los materiales usados para instrumentalizar la población al diseñar la muestra.

Generalmente hay dos criterios para evaluar un diseño de muestreo: Fiabilidad y Efectividad. Es de esperar que en el muestreo haya errores. Un error de muestreo es la diferencia entre estadístico y parámetro, y se mide por su fiabilidad, o por la precisión del muestreo, la cual esta relacionada con la varianza de la estadística muestra. Cuanto mayor sea la varianza, menos fiabilidad en el resultado de la muestra. El criterio de efectividad esta asociado al costo del muestreo. Un diseño de muestreo se considera efectivo, si se obtiene el mismo grado de fiabilidad al menor costo posible.

3.2 Diseño de Muestreos Aleatorios

Los diseños de muestreo se dividen en dos grandes grupos: Muestreos aleatorios y Muestreos no aleatorios. El muestreo aleatorio se denomina también como muestreo probabilistico, ya que se puede emplear las leyes de la probabilidad. El termino muestreo aleatorio se utiliza para el proceso empleado para seleccionar la muestra; por consiguiente, la aleatoriedad es una propiedad del procedimiento muestra que puede entrar en un proceso de muestreo de distintas formas, y, por lo tanto, las muestras aleatorias pueden ser de varios tipos.

El muestreo no aleatorio es un proceso de selección muestral sin intervención de la aleatoriedad; es decir, una muestra no aleatoria se selecciona de acuerdo al juicio experto del investigador.

3.3 Muestreos Aleatorios

3.3.1 Muestreo Aleatorio Simple

El muestreo aleatorio simple es un procedimiento de selección de una muestra por el cual todo y cada uno de los elementos de la población tienen igual probabilidad de ser incluidos en la muestra; entonces, si toda unidad disponible para observación (llamada unidad de muestreo) tienen la misma probabilidad de ser escogida, se sigue que, "toda muestra aleatoria de igual tamaño, tomada de una población dada ha de tener la misma probabilidad de ser tomada".

¿ Cómo escoger una muestra aleatoria simple?. Uno de los métodos más sencillos consiste en numerar todos los elementos de la población, escribir los números en tarjetas o fichas o bolsas, poner luego en una caja o bolsa estos objetos numerados y mezclarlos completamente. Se determina entonces, el tamaño **n** de la muestra y se sacan los objetos al azar, uno por uno, hasta tener el numero deseado de partidas para anotar.

Otro método mas técnico y confiable consiste en usar tablas de números aleatorios. En la mayor parte de libros de estadística aparece este tipo de tablas; sin embargo uno mismo puede elaborar sus tablas.

3. 3.2 Muestreo Sistemático

Según el procedimiento sistemático, se obtiene una muestra tomando cada k-ésima unidad de la población, tras enumerar las unidades elementales de la población o haberlas ordenado de alguna manera. La k representa un numero entre, que es aproximadamente la "razón de muestreo" entre el tamaño de la población N y el tamaño de la muestra **n** ; es decir, $k = N/n$. Si la población consta de 3600 unidades de muestreo, y se desea tomar una muestra de tamaño $n = 400$ unidades, entonces la razón de muestreo $k = 3600/400 = 9$, y la muestra se obtiene tomando una unidad de cada 9 de la población. Para lograr la aleatoriedad, el procedimiento debe de empezar al azar.

3.3.3 Muestreo Aleatorio Estratificado.

El proceso consiste en dividir la población en grupos llamados estratos. Dentro de cada estrato están los elementos situados de manera más homogénea con respecto

a las características en estudio. Para cada estrato se toma una submuestra mediante el procedimiento aleatorio simple, y la muestra global se obtiene combinando las submuestras de todos los estratos.

La escogitación de los elementos de cada estrato puede ser proporcional o no.

El muestreo por estrato puede ser más efectivo si se trata de poblaciones heterogéneas. Al hacer la estratificación, las clases se establecen de modo que las unidades de muestreo tienden a ser uniformes dentro de cada clase, y las clases tienden a ser diferentes entre sí.

Si la desviación típica de la característica observada de cada estrato es menor que de toda la población, como es lo usual, debido a la mayor uniformidad dentro del estrato, resultara que la finalidad aumenta para un tamaño de muestra dado o bien la efectividad para un grado de fiabilidad.

El aumento de la fiabilidad y la efectividad se puede incrementar clasificando todavía mas los estratos en subestratos, si ello fuese posible. Por ejemplo, al hacer una encuesta sobre una elección se puede tomar como estrato los partidos políticos. Como las preferencias electorales están influidas a menudo por factores como el sexo, la edad, la profesión, la religión, etc., se podrían subdividir los estratos tomando estos factores. Este procedimiento de doble clasificación se llama estratificación cruzada. El muestreo por estrato es, por consiguiente, una combinación de submuestra de los estratos.

3.3.4 Muestreo por Conglomerados

Muestreo por conglomerado es lo contrario a muestreo por estratos. Consiste en seleccionar, primero, al azar grupos, llamados conglomerados de elementos individuales de la población, y en tomar luego todos los elementos o una submuestra de ellos dentro de cada conglomerado, para constituir así la muestra

global. Para lograr los mejores resultados en el plan de muestreo por conglomerados, las diferencias entre ellos se hacen tan pequeñas como sea posible; en tanto que las diferencias entre los elementos individuales dentro de cada conglomerado se hacen tan grande como sea posible. Lo ideal seria que cada conglomerado fuera una miniatura de toda la población y así un solo conglomerado seria una muestra satisfactoria. Con frecuencia los conglomerados se llaman unidades de muestreo primario. Si todos los elementos o unidades elementales de los conglomerados seleccionados se incluyen en la muestra, el muestreo se llama muestreo de una etapa. Si se saca una submuestra aleatoria d elementos de cada conglomerado seleccionado, se tiene lo que se llama muestreo en dos etapas. Si intervienen mas de dos etapas en la obtención de la muestra total, se dice que es un muestreo de etapas múltiples o multietápico. Por ejemplo en una encuesta sobre actitudes de los estudiantes de la Universidad de El Salvador, se toman como conglomerados las distintas facultades (que constituyen unidades de muestreo primaria). Esta es la primera etapa. La segunda etapa podría ser la selección de departamentos dentro de la facultad. Por ultimo, en la tercera etapa, se toman estudiantes de todos los departamentos seleccionados para constituir la muestra global. Desde luego, los métodos de muestreo se emplean en cada etapa. La ventaja principal del muestreo por conglomerados es la gran reducción de costos para un grado dado de fiabilidad.

3.4 Muestreo No Aleatorio

3.4.1 Muestreo Dirigido

Este tipo de muestreo también recibe el nombre de muestreo adaptado y consiste en seleccionar las unidades elementales de la población según el juicio de los

encuestadores quienes creen que las unidades seleccionadas gozan de despreciabilidad. En el muestreo dirigido la probabilidad de que una unidad elemental sea elegida, es desconocida; en consecuencia, no se puede construir intervalos de confianza; sino que solo se pueden hacer estimaciones puntuales. Tampoco se pueden aplicar los principios de la teoría del muestreo. Sin embargo en muchas situaciones, resulta más ventajoso echar mano del muestreo dirigido que de cualquier otro tipo de muestreo aleatorio. La selección aleatoria simple puede perder los elementos más importantes, mientras que el muestreo dirigido con seguridad las incluirá en la muestra. Un estudio de bebidas en el país seria dudoso si no toma en cuenta "la constancia y la embotelladora tropical".

El muestreo dirigido bien manejado puede ser de utilidad practica para resolver problemas comerciales cotidianos y para tomar decisiones de política publica.
Cuando queremos estudiar algunas particularidades desconocidas de una población, algunas de cuyas características conocemos, podemos estratificar esa población de acuerdo con esas propiedades conocidas y seleccionar las unidades muéstrales de cada estrato, basándonos en el juicio personal. Es aconsejable usar el muestreo dirigido para realizar estudios pilotos o de sondeo.

3.4.2 Muestreo Deliberado

Consiste en tomar un segmento o fracción de la población para su cómoda accesibilidad. Por ejemplo, una muestra obtenida de las listas fácilmente disponible, como las guías de teléfonos, constituye una muestra deliberada. Por la comodidad o facilidad en tomar la muestra se sacrifica cierto grado de

representatividad de las características poblacionales; sin embargo, este tipo de muestreo puede ser de alguna utilidad para estudios políticos o de sondeos.

ANEXO IV

ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS A MUESTRAS DE ACEITE RESIDUAL DE AUTOMOTORES RECOLECTADAS EN EL AMSS

4.1 ANALISIS QUIMICO DE ACEITE LUBRICANTE Y RESIDUAL DE AUTOMOTORES (TEXACO, 1998)

Cuadro 4A. Composición del Aceite Residual de Automotores

ID = ¦SHELL USADO ¦B-1 ¦ 11/19/1998 10:50:09
Burns = 1 CS = 0887/97 Mode = PPM Counter = 2275

Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag
48.0	2.4	96.6	38.0	1.0	10.6	2.2	0.3

Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn
17.4	26.4	50.9	497	873	93.0	948	978

Mo	Ti	V	~~H~~
4.9	0.9	<0.0	~~9772~~

ID = ¦SHELL USADO ¦B-2 ¦ 11/19/1998 10:53:48
Burns = 1 CS = 0887/97 Mode = PPM Counter = 2276

Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag
46.7	2.3	92.5	36.4	0.3	10.1	2.2	0.3

Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn
16.7	25.4	48.5	481	833	92.8	921	947

Mo	Ti	V	~~H~~
4.8	0.5	<0.0	~~9773~~

ID = ¦SHELL USADO ¦B-3 ¦ 11/19/1998 10:56:07
Burns = 1 CS = 0887/97 Mode = PPM Counter = 2277

Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag
44.2	2.3	92.4	37.4	1.2	10.0	2.0	0.2

Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn
16.0	25.0	51.0	480	815	91.7	907	966

Mo	Ti	V	~~H~~
4.7	0.8	<0.0	~~9927~~

Cuadro 4B. Composición del Aceite Lubricante Virgen

ID = ¦ACEITE MONOGRADO ¦SAE40 ¦ 11/19/1998 10:59:04
Burns = 1 CS = 0887/97 Mode = PPM Counter = 2278

Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag
<0.0	0.1	0.7	0.3	<0.0	0.3	1.5	0.2

Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn
3.7	0.8	2.9	11.6	2092	95.1	1134	1139

Mo	Ti	V	W
0.2	<0.0	<0.0	<0875

ID = ¦ACEITE MULTISRADO ¦15W-40 ¦ 11/19/1998 11:00:39
Burns = 1 CS = 0887/97 Mode = PPM Counter = 2279

Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag
<0.0	<0.0	<0.0	<0.0	<0.0	1.5	1.2	0.2

Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn
3.8	0.7	2.9	12.6	2174	92.5	1204	1270

Mo	Ti	V	W
<0.0	<0.0	<0.0	0787

Resolución del método
(Espectrometría de ~~Absorción~~ Emisión
Atómica por Arco Eléctrico)
AES ± 10 ppm

Glicol por IR negativo.

4.2 ANALISIS DE PODER CALORIFICO DEL ACEITE RESIDUAL

FROM : GERENCIA DE PLANTA/CESSA PHONE NO. : 5038863781 Feb. 05 1999 03:17PM P1

CEMENTO DE EL SALVADOR S.A. DE C.V
PLANTA CESSA

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
REPORTE DE LABORATORIO

ATENCION :
Ing. Ing Delmy del Carmen Rico Peña
Escuela de Ingeniería Quimica.

ANALISIS : Poder calorífico y contenido de azúfre.
MUESTRA : Aceite quemado

Determinación 1

Poder calorifico	10569	kcal /kg
% de azúfre	0.75	%

Determinación 2

Poder calorifico	10537	kcal/ kg
% de azúfre	0.73	%

Ing. Guillermo Osorio
Spte de Control de Calidad

ANEXO V

DISPOSICION FINAL DEL ACEITE RESIDUAL DE AUTOMOTORES OBSERVADA EN ALGUNOS LUGARES QUE PRESTAN SERVICIOS DE CAMBIO DE ACEITE EN EL AREA METRO POLITANA DE SAN SALVADOR

Figura V.1 Disposición final del aceite residual en talleres automotrices. La recolección se realiza en barriles metálicos, sin embargo, se observan derrames de aceite usado en los alrededores.

Figura V.2 Derrame de aceite usado observado dentro del área de trabajo, en uno de los talleres automotrices del AMSS.

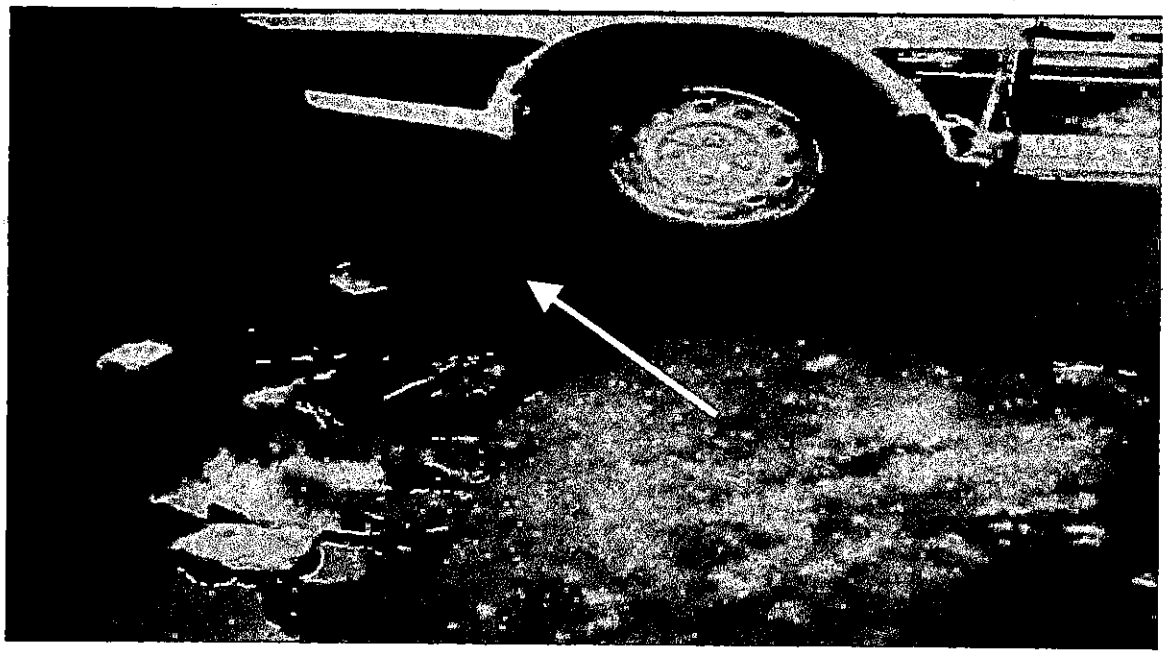


Figura V.3 Derrame de aceite usado, observado en la calle, frente a un taller automotriz del AMSS.

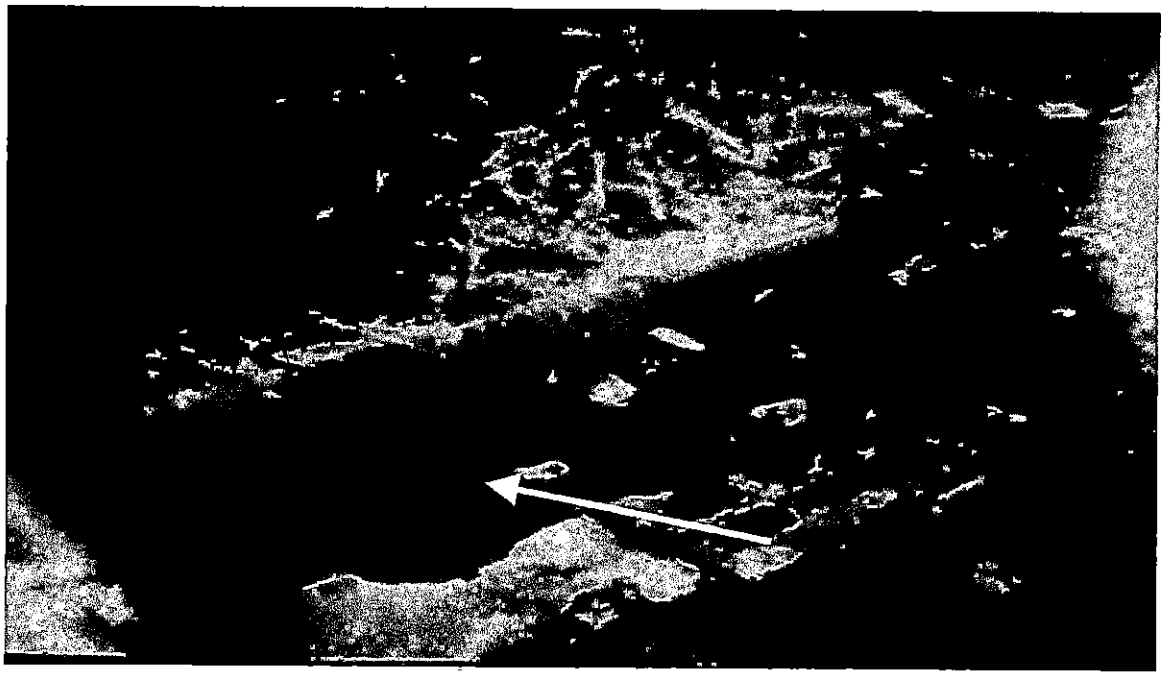


Figura V.4 Derrame de aceite usado, observado en una cuneta, cercano a un punto de buses (Ruta No. 26), San Marcos, San Salvador.

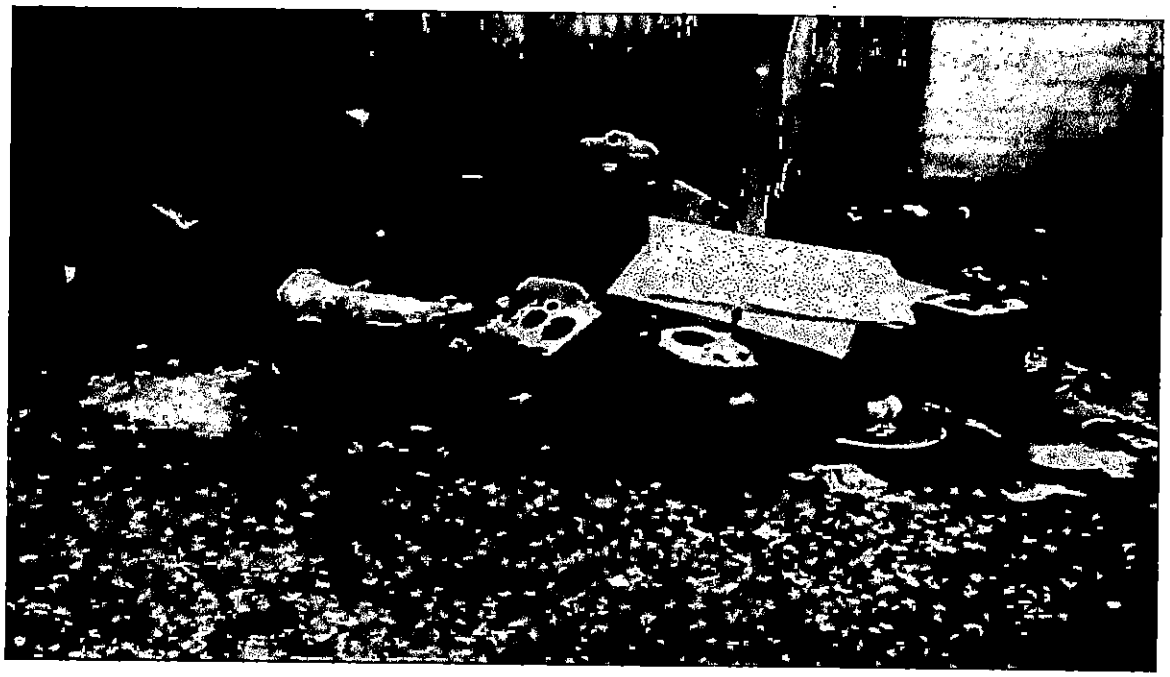


Figura V.5 Estado crítico de contaminación observado en piezas descartadas e impregnadas de aceite usado, en el área fuera del lugar de trabajo en un taller automotriz del AMSS.

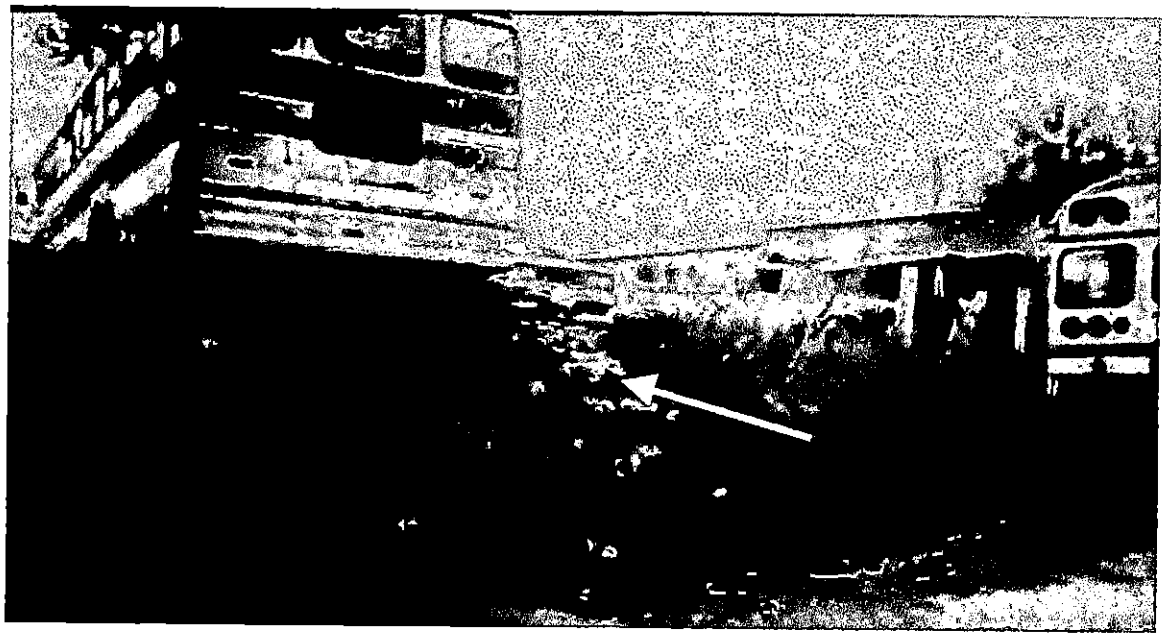
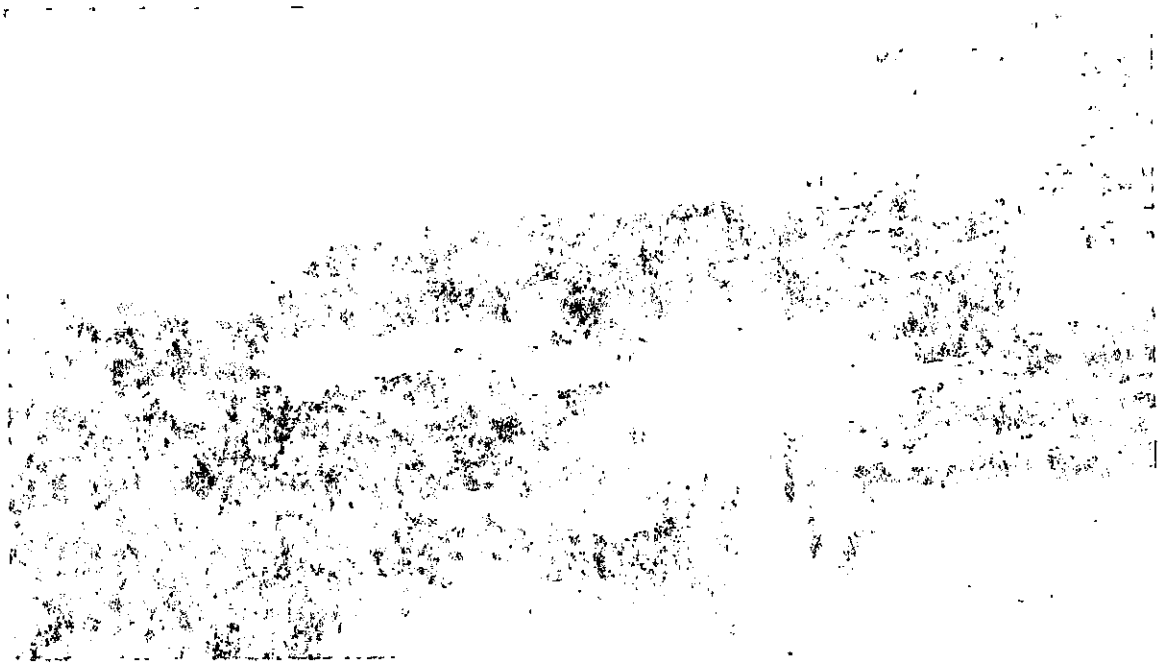


Figura V.6 Evidente derrame de aceite usado, observado en el predio utilizado como punto de buses de la ruta No. 30, San Salvador.



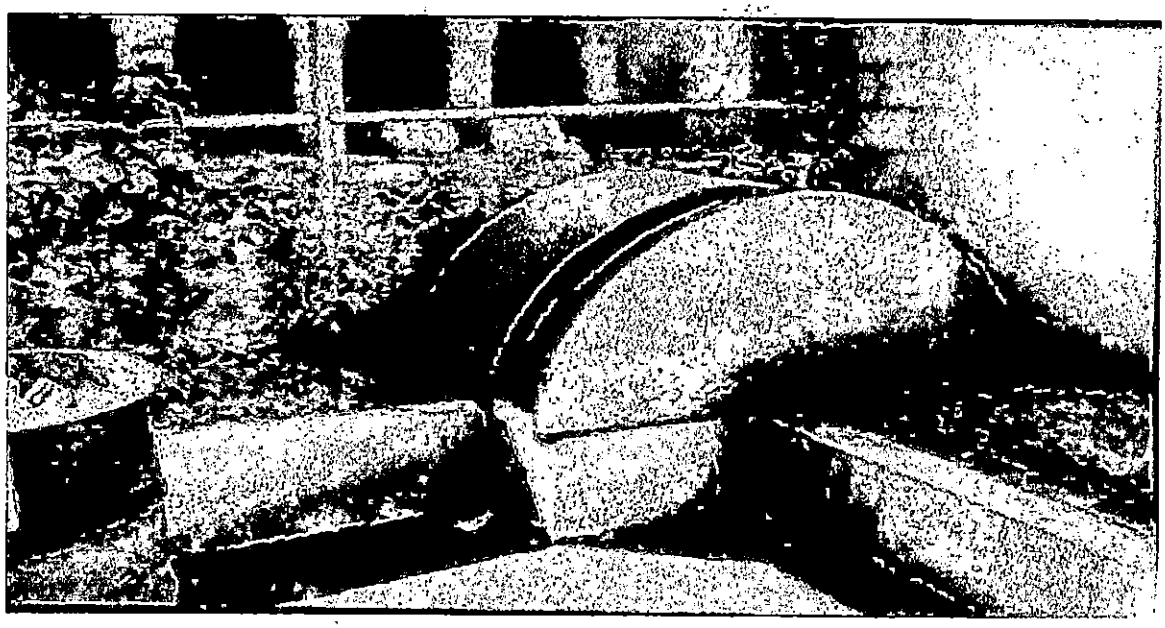


Figura V.7 Tanque Superficial Utilizado para la Recolección de Aceite Usado. Práctica Observada en Algunas Gasolineras del AMSS.

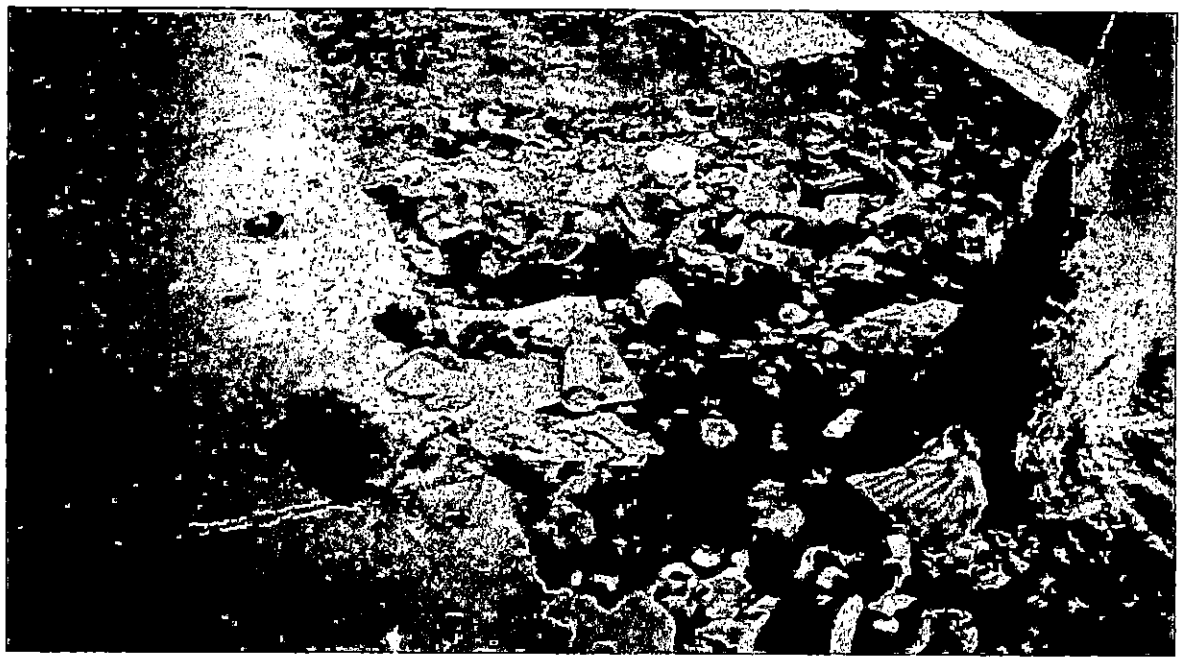


Figura V.8 Disposición Final Inadecuada de Filtros de Aceite Usado, y Envases Conteniendo Residuos de Aceite Lubricante Virgen, Observado en una de las Calles del AMSS.