DISPOSICION DE ACEITE LUBRICANTE USADO

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

DISPOSICION DE ACEITE LUBRICANTE USADO

CARLOS ROBERTO TOTT ROMAN

Trabajo de investigación presentado para optar
al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

1995

Vo. Bo.:

(f) _____
Ingeniero Oscar Gil
Asesor

Tribunal:

(f) _____
Ingeniera Lilian Paiz

(f) _____
Ingeniero Oscar Gil

(f) _____
Ingeniero Marco Antonio Custodio

Fecha de aprobación: 14 de julio de 1994

A Dios,
a mis padres
Carlos Tott y
Carmen de Tott.
A mi hermana
Carmen Tott,
A mi novia
Julieta Avilés.
A mis parientes
y a mis amigos.

RESUMEN

El presente trabajo consistió en determinar:

- El destino del aceite lubricante usado por la industria transportista en el país y la rentabilidad de una planta de reproceso de aceite en Guatemala.

Para alcanzar los objetivos mencionados se siguió la siguiente secuencia:

1. Estudio de los aceites lubricantes, características, funcionamiento y composición.
2. Estudio de los procesos de regeneración de aceites lubricantes.
3. Estudio del mercado necesario para conocer la disponibilidad de la materia prima, los consumidores potenciales y su actitud hacia el aceite lubricante reprocesado, las condiciones que afectan la comercializacion de lubricantes automotrices en las situación actual de Guatemala y el mercado en general. También nos da información para un balance de masa del aceite lubricante en el país.

Por medio de una encuesta efectuada a transportistas se determinó que:

- El 30% se pierde durante el uso y durante el proceso de extracción por servicio a los vehículos.

- Del aceite restante un 48% lo vierten en el ambiente.
- Un 48% lo venden para uso posterior.
- Alrededor de 4% lo usan ellos mismos para diferentes aplicaciones.

4. Costeo de la producción, para evaluar economicamente diferentes posibilidades tecnológicas, determinar la rentabilidad que generará y diseñar la planta.

5. Evaluación de posibilidades tecnológicas por medio de la cual se determinó entre la tecnología disponible el método de producción más adecuado para el pais.

6. Diseño de la planta. Con ayuda de los datos encontrados en los puntos anteriores se procedió a efectuar un diseño preliminar de la planta para el producto en cuestión.

7. Discusión de resultados para luego realizar las conclusiones correspondientes.

Para alcanzar el segundo objetivo se buscó en la literatura opciónes tecnólógicas para reprocesar el aceite usado. Estas se analizaron calificando cada característica relevante para determinar la más adecuada para el medio. La opción escogida es la que incluye un proceso de destilación especial llamada Destilación Ciclónica. Esta encapsula los contaminantes en el producto de cola, el cual se puede comercializar como asfalto. Además de producir una mínima cantidad de contaminantes, resulta la más

rentable. Esto se determinó comparando la tasa de retorno con la tasa de interés bancaria actual, obteniéndose una diferencia positiva.

CONTENIDO

		Página
	RESUMEN	IX
I.	INTRODUCCION	1
II.	ANTECEDENTES	9
	A. Lubricantes	9
	B. Aceites lubricantes	9
	C. Clasificación de bases de aceites lubricantes	10
	D. Aceites lubricantes automotrices	11
	E. Aditivos	13
	F. Clasificación comercial de los aceites lubricantes	16
	G. Aceites lubricantes usados	17
	H. Alternativas para la disposición del aceite usado	20
	I. Fundamentos del birrefino	24
	J. Regeneración por procesos físicos	26
	K. Regeneración por proceso químicos	27
	L. Métodos de regeneración	28
III.	JUSTIFICACIONES	35
IV.	OBJETIVOS	37
V.	HIPOTESIS	39
VI.	ESTUDIO DE MERCADO	41

		Página
	A. Objetivos	41
	B. Encuesta	41
	C. Mercado	45
	D. Producto	48
	E. Distribución	49
	F. Precio	50
	G. Promoción	50
	H. Principales consumidores	50
	I. Reglamentos gubernamientales respecto de aceites lubricantes	51
	J. Marcas y patentes que protegen al producto	51
	K. Impuestos a los aceites lubricantes	51
	L. Competencia	51
VII.	RENTABILIDAD	55
	A. Requerimientos de capital	55
	B. Comparación de la rentabilidad de las opciones	66
VIII.	SELECCION DE ALTERNATIVA	73
	A. Evaluación de posibilidades tecnológicas	73
	B. Diseño	74
IX.	RESULTADOS	83

Página

I.	Resultados de encuesta	110
J.	Importaciones de lubricantes y productos complementarios	115
K.	Precios de aceites lubricantes al consumidor	116
L.	Normas del Ministerio de Energía y Minas para aceites lubricantes usados	117
M.	Determinación de la localización óptima por medio del método del centro de gravedad	118
N.	Distribución física de la planta de reproceso y llenado	121
O.	Diagrama de flujo para el proceso escogido	124
P.	Matriz de Leopold y evaluación ecológica	126
Q.	Esquema de la fabricación, uso, eliminación y recuperacion de aceites lubricantes.	130

I. INTRODUCCION

Los aceites lubricantes más usados en vehículos automotores se componen de destilados de petróleo, llamados aceites bases y de compuestos químicos llamados aditivos, que le transfieren características que complementan su acción lubricante.

El aceite lubricante durante su uso es sometido a condiciones extremas de operación que propician la descomposición del mismo, dando como resultado, entre otros, un aumento en la viscosidad, que son perjudiciales para el funcionamiento del motor. Por esta razón es necesario cambiarlo cada cierto tiempo.

Desde cualquier punto de vista, todo agente contaminante que se desecha al ambiente es indeseable. Y en el caso del lubricante usado, esto se acentúa dada la gran cantidad que se se extrae de los vehículos automotores, especialmente los dedicados al transporte pesado.

En algunos lugares, donde no hay asfalto, se tira a la tierra para evitar que se levanten nubes de polvo, pero continúa siendo un contaminante, ya que cuando llueve en los lugares donde se ha desechado este aceite, el agua lo arrastra debido a su insolubilidad y a su

baja densidad. Este arrastre de aceite es llevado a través de alcantarillas que desembocan en ríos y estos a su vez a lagos, lagunas u océanos. Aquí, el aceite cubre grandes superficies de agua disminuyendo la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que es vital para el desarrollo de la vida marina. A la vez, la presencia de este aceite en fuentes de agua la hace inutilizable para fines humanos.

Además el aceite base, como subproducto del petróleo, es un recurso natural no-renovable y al verterse en el ambiente se pierde para siempre.

He aquí la importancia de una planta para reprocesar el aceite lubricante usado. Por medio de esta se podría evitar la contaminación del ambiente y recuperar, al mismo tiempo, un material valioso y útil.

Para que el aceite se pueda reutilizar es necesario eliminar las impurezas y, en el caso de los lubricantes para tranporte pesado, añadirle aditivos para que cumpla con los estándares mínimos para su uso (ver Anexo C).

II. ANTECEDENTES

A. Lubricantes

Lubricación se define como la interposición de una sustancia entre superficies en contacto de piezas en movimento relativo. Los lubricantes, adhiriéndose a la superficie, forman una capa delgada que reduce el rozamiento que limita la pérdida de energía mecánica y el desgaste de las piezas para facilitar el movimiento entre estas. También actúan como medios refrigerantes que absorben el calor generado por la fricción (11).

B. Aceites lubricantes. Entre los lubricantes fluidos o líquidos se encuentran, los aceites, que pueden ser: De tipo animal, vegetal, mineral o sintético. Los mas usados, a nivel industrial, son los sintéticos y los minerales. Los aceites minerales son obtenidos por el fraccionamiento de petróleo a presiones reducidas. Los hidrocarburos que forman los aceites minerales son de tres tipos generales:

- Compuestos parafínicos de cadena recta y ramificada.
- Compuestos policíclicos alifáticos con anillos de cinco y seis miembros.
- Hidrocarburos aromáticos.

Dependiendo de la proporción en la que se encuentra cada tipo de estos, así son las características del aceite. Si se necesita que el lubricante trabaje a temperaturas bajas, la concentración de parafinas de cadena larga puede reducirse. Las cadenas ramificadas son deseables para una buena estabilidad y relación viscosidad temperatura.

Los aceites derivados del petróleo contienen hidrocarburos con anillos aromáticos que determinan las cualidades que distinguen la estructura molecular. El contenido de azufre, nitrógeno y oxígeno de las fracciones están asociados a los anillos aromáticos y por consiguiente, en algunos de los métodos de refinación, se reducirá el contenido de aromáticos produciéndose, entonces, una pobre estabilidad a la oxidación. En el anexo A se puede ver la influencia de la composición del aceite base en las propiedades del lubricante (17).

C. Clasificación de bases de aceites lubricantes

1. Bases de lubricantes livianos: Corresponden a aceites que son destilados al vacío (de 10 a 12 mm Hg), tienen temperaturas de destilación de 268°C a 402°C y comprende los hidrocarburos de 15 a 27 carbonos (17).

2. Bases de lubricantes medianos. Se destilan al

vacío (a 10 mm Hg o menos), con temperaturas de ebullición normales de 285°C a 441°C y comprende hidrocarburos de 16 a 31 carbonos (17).

3. Bases de lubricantes pesados. Con temperaturas normales de ebullición de 300°C a 484°C comprenden compuestos de 17 a 35 carbonos. Son las fracciones más pesadas de la destilación al vacío (17).

4. Propiedades de las bases de lubricantes. Las propiedades de las bases, como las de los lubricantes en sí, se controlan según el sistema de normas ASTM (Sociedad Americana de Análisis y Materiales). Las principales características revisadas por fabricantes de lubricantes en las bases son:

- Viscosidad a diferentes temperaturas.
- Punto de fluidez, o sea la temperatura mínima en la cual fluye el lubricante.
- Punto de combustión, que es la temperatura mínima en la cual el lubricante entra en combustión.
- Gravedad específica.

En el anexo B se detallan los valores que deben poseer estas características en una base para su uso en lubricantes automotrices.

D. Aceites lubricantes automotrices

Los aceites automotrices comprenden los aceites para motores, sistemas de transmisión y aceites hidráulicos. Se componen de diferentes fracciones de petróleo y se les agregan diferentes aditivos para que se adapten mejor para la función que se les asigne. Los aceites lubricantes para motores, los que son el objeto de este trabajo, tienen la siguientes funciones y características.

1. Funciones de los aceites lubricantes para motores.

   a. Transmitir la potencia con pérdidas mínimas.
   b. Reducir el desgaste y la fricción de las partes internas del motor.
   c. Remover el calor de las partes más calientes del motor.
   d. Sellar los cilindros para prevenir el escape de gases de combustión.
   e. Proteger al motor de corrosión, oxidación, desgaste y la formación de escarchas.

2. Caracteristicas de aceites lubricantes para motores. Proveer de lubricación a las partes internas de un motor de combustión interna requiere de aceites lubricantes capaces de soportar condiciones extremas de temperatura, presión y esfuerzos

cortantes. Cada motor necesita, según sus características, un aceite con determinadas especificaciones. Entre las características más importantes mencionaremos aquí las siguientes (para mayores detalles ver anexo C).

a. Viscosidad. Es la característica más importante de un lubricante. Si la viscosidad es muy baja, a bajas temperaturas entran en contacto piezas metálicas, desgastándose entre sí y aumentando la fricción. Si la viscosidad es muy alta aumenta la resistencia al flujo, no se reduce el calor y pierde fuerza el motor. Razón por la cual se obtiene menor rendimiento de kilómetros por galón de combustible y se dificulta el encendido. (13)

b. Indice de viscosidad. Este mide el cambio de viscosidad según la variación de temperatura. Un valor alto significa que la viscosidad cambia poco al variar la temperatura. Esto es lo más favorable para el funcionamiento del motor, ya que permite condiciones óptimas de lubricación a diferentes temperaturas. (17)

c. Resistencia a la oxidación. El aceite tiende a degradarse, dadas las altas temperaturas, por el contacto con oxígeno, con las superficies metálicas y los productos derivados de la

combustión. Esto conlleva un aumento de viscosidad, corrosión y a la formación de contaminantes que resultan en depósitos de lacas y barnices. (17)

d. Detergencia y dispersancia. El uso de detergentes en los lubricantes evita la formación de escarchas en el motor, manteniéndolos en suspensión. Los dispersantes evitan su aglomeración. (17)

E. Aditivos

Los aditivos son compuestos que se le añaden a los lubricantes para mejorar las características necesarias para la función que se les haya asignado. Un aceite comercial contiene de 2 a 20% de aditivos. Estos aditivos le confieren al lubricante propiedades que no sería posible obtener con una mezcla de fracciones de petróleo. Seguidamente se mencionan los aditivos más comunes, su naturaleza y el papel que desempeñan en la lubricación durante el funcionamiento del motor. (17)

1. Detergentes-dispersantes. La función de este tipo de aditivos es evitar que se ensucie el motor. Esto se logra mediante los detergentes, los cuales previenen la formación de depósitos a altas temperaturas y los dispersantes evitan la aglomeración de los contaminantes, facilitando su remoción. Entre los compuestos usados como detergentes se encuentran

sulfonatos, fosfatos, tiofosfatos, fenatos y como dispersantes naftalenos, solfonatos y sales organicas.

2. Aditivos mejoradores de la viscosidad. Estos compuestos hacen mínimos los cambios de viscosidad al variar la temperatura. Estos aditivos son la base de los aceites multigrado y funcionan por medio de polímeros que se solubilizan a altas temperaturas, actuando como espesantes, de esta manera logran mantener su viscosidad a diferentes temperaturas. Polímeros usados con este fín son: polimetacrilatos, poliolefinas, estirenobutadienos, etc. (13)

3. Antioxidantes. Estos retardan la oxidación en presencia de altas temperaturas, de metales y agitación del aceite, que existen en un motor en marcha lo que favorece la oxidación. Algunos de estos aditivos son: sulfuros, disulfuros, fosfitos, sulfóxidos, aminas fenoles, selenuros y ditiofosfato de zinc (13).

4. Aditivos antiherrumbre. Forman películas que se adhieren a las superficies del motor e impiden el contacto con el agua. Ejemplos de estos son: el ácido alquenil-succínico y derivados y el ácido alquil-tioacético. (13)

5. Inhibidores de corrosión y desgaste. Protegen los metales no ferrosos de los acidos resultantes de la oxidación del lubricante y la

combustión. Los compuestos usados para este fín son: ditiosulfato de zinc, ditiocarbamato metálico, N,N'disaliciliden 1,2 diamino propano. (13)

6. Antiespumantes. Son silicones disueltos en cantidades mínimas de kerosina. Estos disminuyen la tendencia a producir espuma y reducen la estabilidad de la misma. (6)

7. Depresores de congelación. Provocan la ruptura de las redes cristalinas de las parafinas rompiéndolas en cristales más pequeños. De esta manera se disminuye el punto de congelación. (16) (13)

8. Agentes que rompen las emulsiones. Propician el rompimiento de la superficie de las gotas de agua presentes en el aceite y facilitan su posterior precipitación. Ejemplo de estos es el dinonil-naftalenosulfonato de plomo. (6)

9. Depresores del punto de escurrimiento. Retardan la formación de cristales en el aceite a temperaturas extremadamente bajas, aumentando la viscosidad. Permiten que se lleve a cabo la lubricación a temperaturas bajas extremas. Para este fin se usan determinados polímeros. (6) (13)

F. Clasificación comercial de los aceites lubricantes

Debido a que cada motor requiere determinadas

condiciones de lubricación, comercialmente se utiliza un código para enumerar las características del lubricante. La viscosidad se especifica por medio del número SAE. Este número arbitrario, designado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), se relaciona con las recomendaciones de los fabricantes para cada uso en particular.

Una "W" de winter (invierno) significa una viscosidad máxima a bajas temperatura. Los aceites multigrado son los que presentan esta característica (ver anexo D). (9)

Para clasificar los lubricantes según su contenido de aditivos el API (Instituto Americano de Petróleo) creó un código, diferenciando las características deseables para servicio pesado y para automóviles (ver anexo E). (9)

G. Aceites lubricantes usados

Los aceites más apropiados para ser regenerados son básicamente los usados en vehículos automotores. Otros tipos de aceite, o bien son irrecuperables (como los de engrase de maquinaria, armas y aceites de protección) o pueden regenerarse por procesos más simples (como los aceites de transfomador y los usados en el trabajo con metales).

1. Composición. La composición de los aceites usados es muy variable, pues además de las distintas marcas comerciales, existen muchos tipos para condiciones de uso y vehículos diferentes. En términos generales el aceite usado contiene de un 60 a 70 por 100 como promedio de hidrocarburos que permanecen inalterados de la base inicial. El resto lo forman:

a. Volátiles (agua, gasolina y diesel.)

b. Solubles (resto de aditivos y asfaltenos.)

c. Insolubles (residuos carbonosos y metales.)

El análisis realizado por Cotton et al (1977) con muestras de treinta tipos de aceite usado de 20 estados de Estados Unidos, muestra que los límites de variación de sus composiciones no son tan amplios como pudiera esperarse (Anexo F).

Cualquiera que sea el método de regeneración que se emplee, el objetivo es eliminar todo lo que no sea base lubricante o compuestos potencialmente utilizables como tales, tras el tratamiento adecuado. Básicamente, los compuestos volátiles e insolubles pueden ser extraidos; los solubles pueden ser eliminados en parte o transformados. Un compuesto importante de mencionar es el azufre, que "forma compuestos heterocíclicos solubles en la base lubricante". (6)

2. Deterioro del aceite lubricante. El deterioro

del aceite lubricante en un motor de combustion interna se debe a las siguientes razones (18):

a. Agotamiento de los aditivos. Durante el funcionamiento del motor estos compuestos sufren cambios químicos que les priva de sus funciones.

b. Introducción de contaminantes. A través del contacto del combustible, aire sucio y la superficie metalica del motor, el aceite atrapa sustancias que inhiben sus propiedades. (2)

3. Contaminación en los aceites lubricantes usados.

Los aceites deben de ser cambiados, en parte, debido al deterioro que presentan al contaminarse con el combustible, los residuos de la combustión y partículas ambientales y metálicas. Estos contaminantes reducen las capacidades lubricantes del aceite y favorecen su descomposición. (14) (18)

a. Combustible. Durante la combustión puede quedar combustible sin reaccionar, de modo que éste se disuelve en el aceite lubricante. Cuando esto ocurre, la viscosidad baja al principio y luego aumenta, porque el combustible contribuye a acelerar las reacciones de oxidación del aceite, por participar el mismo en la oxidación. (14)

b. Agua. Cuando el motor está frío, el agua,

producto de la combustión se condensa y forma parte de los lodos que se forman en el cárter (pieza que asegura el engrase del mecanismo de dirección) y su presencia forma ácidos que corroen las superficies del motor, produciendo herrumbre. (14)

c. Carbón. El carbón como producto de la combustión, forma hollín, que constituye una buena parte de los lodos de baja temperatura del carter. (14)

d. Partículas metálicas. Provenientes del desgaste de las piezas del motor, pueden acelerar el proceso de degradación y oxidación del aceite, formando parte de los barros del carter. (14)

e. Polvo atmosférico. Se cuela a través del filtro de aire y forma la mayor parte de los lodos del carter. (14)

f. Azufre y plomo. El contenido de azufre en un lubricante comercial nuevo es de alrededor de un 0.1 por ciento. Esta concentracion aumenta durante su uso, pues se contamina al estar en contacto con combustibles y gases de combustión, que lo contienen. Asimismo, el uso de antidetonantes a base de plomo tetraetilo ocasiona contenidos apreciable de plomo en el aceite usado. Este forma sales que a su vez forman lodos, lo cual aumenta la viscosidad. (6) (16)

H. Alternativas para la disposición del aceite usado

El aceite lubricante, después de cierto tiempo de uso, se hace inservible y es necesario retirarlo del motor. Se convierte en un estorbo y es impresindible deshacerse de él. Se buscó en la literatura y por medio de encuestas los métodos para la disposición del lubricante usado; y las ventajas y desventajas que conlleva cada uno de ellos. Para evaluarlas se tomó en cuenta en primer lugar, el impacto ambiental que representan. Debido a la inmensa cantidad de aceites lubricantes que se desechan y su difícil degradación en la naturaleza, crean un problema ecológico de dimensiones alarmantes. El método usado para disponer de él, tampoco debe contribuir a la contaminación del ambiente. La rentabilidad del proceso también tiene gran importancia al evaluar las diferentes tecnologías. Para empezar, el aceite usado contiene materia orgánica no renovable y su destrucción resulta en un daño irreparable. (1)

Básicamente existen cuatro alternativas para disponer del aceite lubricante usado:

- Vertido
- Incineración
- Combustión
- Birrefino

1. Vertido. El vertido consiste en la disposición del contaminante en rellenos sanitarios. Esta alternativa es dañina para el medio ambiente, pues el lubricante usado contiene gran número de compuestos de difícil degradación por medios naturales, como lo son hidrocarburos, compuestos sulfurados, plomo y otros metales pesados y restos de aditivos de diversa naturaleza. En general, está en desuso disponer del lubricante usado por este método. (1)

2. Incineración. Al igual que el vertido, la incineración tiene un impacto ambiental significativo, aun si es realizada en instalaciones adecuadas. Además significa una destrucción de compuestos de carbono no renovables. (1)

3. Combustión. La combustión controlada permite aprovechar una alta proporción de aceite como sustituto de combustibles a un precio bajo. Si bien, ante el bajo precio de estos, puede ser una alternativa poco competitiva. Se debe tener presente también que significa, como en la incineración, la destrucción de compuestos no renovables y la producción de grandes cantidades de gases tales como óxidos de nitrógeno y de azufre. (1)

4. Birrefino. El aceite lubricante usado puede ser considerado como una fuente de productos que

pueden ser utilizados en la preparación de lubricantes nuevamente aptos para su empleo normal. Mientras un crudo petrolífero sólo contiene de un 3 a 10% de fracciones utilizables como base para lubricante, el aceite usado tiene aun entre un 6 y un 75% de hidrocarburos utilizables como aceite base. Por otra parte, puede contener cantidades significativas de metales pesados valiosos, tales como vanadio y titanio, que también pueden ser recuperados. Un proceso de birrefino, permite reciclar compuestos de origen petrolífero y mediante los tratamientos adecuados, obtener lubricantes aptos para su comercialización con ventajas económicas apreciables, además de alejar de la naturaleza sustancias nocivas y de difícil degradación. (1)

5. Otros usos del aceite lubricante usado

Existen otros usos para el aceite usado, entre ellos están:

a. Preservante para madera. Sobre todo en climas húmedos se cubre la madera que estará a la intemperie o enterrada, con aceite usado. Este la protege y evita que se pudra /1/.

b. Supresor de polvo. Se esparce en superficies para evitar que se levante polvo

/1/ De comentarios a encuesta.

/1/.

c. Recubrimiento de moldes. En industrias huleras y plásticas se usa en ciertas ocasiones como recubrimiento en moldes para facilitar la separación de la pieza /2/.

Aunque se obtiene algún beneficio de estos usos, no se pueden escoger como una opción para disponer del aceite usado en cantidades grandes, pues estos no representan una cantidad significativa de aceite. Además, como supresor de polvo, tarde o temprano llega a los ríos, a través de la lluvia y los contamina.

I. Funtamentos del birrefino

El birrefino (también denominado regeneración, birefino y en la literatura inglesa, re-refining), es un método de tratamiento de aceites lubricantes usados, que permite obtener productos de características muy parecidas a las de los aceites lubricantes procedentes de fracciones del petróleo y refino de crudos de petróleo. En el anexo Q se muestra la situación del birrefino dentro del contexto de la fabricación, uso, eliminación y recuperación de aceites lubricantes. Como puede observarse y tomando como inicio el crudo del

---

/1/ De comentarios a encuesta.
/2/ De entrevista a Guillermo Mezquita, dueño de planta reprocesadora.

petróleo, el aceite lubricante comercial procede en gran parte de la mezcla de fracciones refinadas de petróleo, bases lubricantes, con determinados aditivos. Otra manera de obtener las bases es mediante la mezcla de bases de birrefino con bases procedentes de petróleo. Incluso es posible obtener lubricantes aptos para el uso normal en vehículos a partir de bases birrefinadas y se comercializan en otros países como aceite reciclado, regenerado o birrefinado. (1)

En el proceso se eliminan prácticamente todos los residuos de aditivos que quedan en el aceite. Además de recuperar la base del lubricantes, el birrefino debe conseguir mejoras en las cualidades físicas y químicas de ésta, que serían difíciles o imposibles de lograr por medio de la adición de aditivos. Estas cualidades son:

- Punto de inflamación.
- Contenido de agua y sólidos.
- Viscosidad.
- Densidad.
- Contenido de azufre y de plomo.
- Color.
- Número de neutralización.

Se deben alcanzar requerimientos mínimos de aditivos para hacer más ecónomico el proceso.

Los aceites lubricantes usados sufren pérdidas a lo

largo de su uso en motores, por lo cual una fracción es imposible de recuperar. (1)

Los procesos utilizados en la regeneración de aceite pueden ser:

- Físicos, cuando se aprovecha alguna propiedad física para separar el contaminante del producto, como la centrifugación, y
- Químicos, cuando por medio de una reacción química se obtiene el producto. Ejemplo de esto es el tratamiento con ácido sulfúrico. Este ataca los hidrocarburos insaturados que producen ésteres, alcoholes, polímeros y productos oxidados. Al usar una propiedad física se separan los contaminantes del producto principal, en este caso la base de lubricante. Por medio de procesos químicos se mejora la calidad de la base.

J. Regeneración por procesos físicos

1. Sedimentación. Consiste en dejar en reposo el aceite. En este método se aprovecha la diferencia de densidades del aceite con los contaminantes para separarlos.

Se agregan a veces coagulantes y se calienta con vapor para que sea posible la sedimentación. El vapor disminuye la viscosidad del aceite y las partículas

pueden trasladarse con más facilidad al fondo. (14)

2. Filtración. Los filtros son aparatos que retienen sólidos y se pueden clasificar de acuerdo al principio de la operación:

a. Filtros de línea. Consisten en filtrar el aceite a una presión entre 60 y 80 mm Hg y una temperatura de 75° a 80°C.

b. Filtros prensa. Consiste en pasar el aceite a través de papel filtro.

c. Filtros activos. Se hace pasar el aceite a través de un lecho filtrante de arcillas adsorbentes. Se lleva a cabo por presión o por gravedad y a temperatura de hasta 120°C. Este método no es recomendado cuando hay contaminantes polares presentes, pues su tamaño de partícula es muy pequeño.

d. Filtración por contacto. El aceite se mezcla con adsorbentes y se calienta, para separarlos después que el adsorbente haya separado las impurezas.

e. Filtración magnética. Por medio de magnetismo se separan las partículas ferrosas. (14)

3. Centrifugación. La centrifugación, como la sedimentación, aprovecha la diferencia de densidades para separar los contaminantes. Mientras que

en la sedimentación se usa la gravedad; en la centrifugación, la fuerza centrífuga. Esta es rentable con grandes volúmenes de aceite. (14)

4. Desgasificación. Consiste en una cámara de alto vacío con un empaque de anillos de metal o piezas de cerámica. Se obtiene aceite con una humedad alrededor de una parte por millón. (14)

5. Deshidratación térmica. El aceite se pasa a través de un columna de destilación de dos etapas que operan independientemente. En la primera etapa se calienta el aceite a 200°C a presión normal. El agua es retirada en la parte superior de la columna junto con las fracciones livianas y luego condensada. El aceite restante pasa a la segunda etapa donde se separa de las fracciones más pesadas. (14)

6. Extracción por solvente. Es el proceso más usado y se puede aplicar hasta para aceite lubricante de origen parafínico. Los solventes más usados son el ácido cresílico, fenol y furfural. Este método aprovecha que los contaminantes son mas solubles en un solvente determinado que en el aceite, de modo que al ponerse el aceite contaminado en contacto con este, los contaminantes se transfieren hacia el solvente. (14)

7. Destilación. La destilación ofrece un mejor

acabado. Usualmente se usa destilación al vacío para vaporizar los aceites con un punto de ebullición muy alto. Se usan presiones de 10 mm Hg o menos. Este método se recomienda para reducir el residuo de asfalto. (14)

K. Regeneración por procesos químicos

1. Acidificación. El ácido sulfúrico concentrado se usa en la producción de aceites minerales, aceites medicinales y aceites aislantes. Ataca a los hidrocarburos insaturados produciendo ésteres inorgánicos, alcoholes polímeros y productos oxidados. A temperaturas de 30 a 40°C reacciona muy poco con compuestos parafínicos y nafticos. Se reduce la tendencia a formar emulsiones y residuos de carbono. El método requiere un tiempo de decantación de 24 horas. (14)

2. Neutralización. Consiste en agregar hidróxido de sodio o de potasio con el propósito de neutralizar el ácido presente. Este tratamiento se lleva a cabo en un tanque con agitación. (14)

3. Hidroacabamiento. La hidrogenación se usa para saturar los hidrocarburos con enlaces múltiples. Con esto se obtiene una mejor resistencia a la oxidación, una reducción del carbono y se mejora el

color. Este tratamiento se realiza en un reactor bajo las siguientes condiciones: temperatura de 280 a 340°C, presión de 3×10^6 a 5×10^6 N/m^2 y con 100 a 200 m^3 de hidrógeno puro por m^3 de aceite a 15°C y 1×10^5 N/m^2. Se usa un catalizador que contiene MoO_3, NiO y óxido de sodio. (6) (14)

L. Métodos de regeneración de aceites automotrices

A continuación se describen brevemente los métodos de regeneración de aceites lubricantes y se mencionan características de estos que ayudarán a determinar el más adecuado.

1. Método Relub o ácido-arcilla. Este método consiste de las siguientes etapas:

a) Decantación,

b) Filtración,

c) Deshidratación,

d) Acidulación,

e) Tratamiento con arcilla y

f) Filtración.

a. Decantación. El aceite a procesar se almacena en un tanque por treinta días para separar el agua libre presente. Se mantiene a 50°C por medio de un serpentín.

b. Filtración. Con ayuda de una bomba de

alimentación se manda al filtro de gruesos y luego al de finos, donde se eliminan las partículas sólidas.

c. Deshidratación. El aceite llega a un precalentador donde alcanza unos 150°C y llega a una torre despuntadora, donde se elimina la fracción más ligera que consiste de agua, gasolina y diesel. En este paso se usa vapor de agotamiento. Luego se enfría a unos 40°C.

d. Acidulación. En un reactor se alimenta el aceite con ácido sulfúrico concentrado (92-98% peso) en una proporción de 6 a 10% en volumen. Se deja reaccionar con agitación por 30 minutos. Aquí se producen dos fases: la más densa la forman lodos ácidos y la ligera es aceite con lodos en suspensión. Las fases se separan después de 24 horas de reposo a 40 - 50°C. Los lodos se neutralizan con cal en una mezcladora y luego se dispone de ellos desechándolos en un relleno sanitario.

e. Tratamiento con arcilla. El aceite se trata entonces con arcilla, para lo cual se calienta entre 80 y 90°C, se adiciona arcilla en una proporción de 5 a 12% en volumen y se agita a una temperatura de 110 a 120°C durante dos horas.

f. Filtración. Finalmente la mezcla arcilla-

aceite se filtra en caliente. La arcilla gastada se lleva al área de lodos y el aceite refinado al tanque de aceite filtrado. (13) (14)

g. Cualidades del proceso. El proceso de acidificación, en el cual se basa este método, representa un proceso que modifica los componentes de los aceites minerales. El lubricante tratado de esta manera se considera aceite base de alta calidad. (1)

Produce grandes cantidades de lodos ácidos y torta de filtro (alrededor de 20% del aceite inicial de los primeros y 5.5% del aceite de desecho). (10)

2. Método Lorex o extracción por solvente. Este método consta de las siguientes etapas:

a) Decantación

b) Filtración

c) Despunte

d) Extracción con solvente

e) Acidulación

f) Tratamiento con arcilla

g) Filtración

La diferencia con el método Relub es que, previo a la acidulación, se realiza una extracción por solvente. El efluente de la torre despuntadora se envía al enfriador donde obtiene una temperatura de 93°C que se

requiere para la extracción.

d. Extracción por solvente. En la torre de extracción se pone en contacto el aceite con propano líquido, que se usa como solvente, a 50 °C y 4.1 x 10^6 Pa en una relación aceite-solvente de 8:1 en volumen. De la parte superior de la torre se obtiene una mezcla de aceite-solvente, a la cual se le reduce la presión y se calienta para pasarlo a un tanque de destilación instantánea, donde se separa el solvente por la parte superior y el aceite por la inferior. El aceite se depresiona y al llegar al agotador de aceite se recupera el solvente remanente. En la parte superior se obtiene una mezcla de solvente-agua que se envía al enfriador de solvente y, por el fondo, el aceite clarificado se transporta luego al reactor, para su tratamiento con ácido.

El producto de fondo de la torre de extracción, que sale a una temperatura entre 50 y 60 °C, pasa al horno de fondos del extractor para llegar al tanque de destilación instantánea de residuo, donde se separa el solvente por la parte superior y el residuo por la inferior. El solvente se manda al enfriador de solvente y el residuo se depresiona para mandarlo al agotador de residuo. Aquí se lleva a cabo la separación del solvente residual, mediante agotamiento

con vapor a baja presión. Otra vez la fracción de parte superior se manda al enfriador de solventes y la de la parte inferior se lleva al área de lodos. (13) (14)

h. Cualidades del proceso. Al igual que el proceso Relub, este método incluye un proceso de acidificación que mejora las cualidades químicas de la base lubricante. Por consiguiente, se obtienen por medio de este método aceites bases de buena calidad que cumplen con los requisitos de la industria de lubricantes. (1)

Se generan lodos ácidos, aunque en menor cantidad que en el proceso Relub, pues la mayor parte de impurezas causantes de los lodos se disuelven en el propano. También produce como desecho tortas de filtro. (1)

3. Método destilación-arcilla

Las etapas de este método son las siguientes:

a) Decantación,

b) Deshidratación,

c) Neutralización,

d) Destilación,

e) Tratamiento con arcillas y

f) Filtración.

Después que el aceite es decantado y filtrado, es calentado en un horno a 150°C e introducido

a una torre de destilación. Aquí se remueve el agua y los hidrocarburos ligeros y por el fondo el residuo. A este residuo se le mezcla un 0.2% de hidróxido de calcio, de sodio o potasio y nafta, para romper la emulsión aceite-agua y hacer precipitar los sólidos, que luego se remueven por centrifugación.

El aceite centrifugado se envía a una torre de destilación al vacío, 80 mmHg, en donde el aceite es calentado a 360°C. El corte intermedio es tratado con arcillas, filtrado y sometido a un proceso de hidroacabamiento. (14)

4. Método de destilación ciclónica. Este método consta de las siguientes etapas:

a) Deshidratación.

b) Fraccionamiento.

c) Destilación ciclónica.

d) Filtración con tierra de diatomeas y tierras activadas.

a. Deshidratación. El aceite usado entra primero a un tanque con fondo en forma de cono donde el agua libre se separa. El aceite es calentado y llevado a una unidad de destilación atmosférica y el agua emulsificada es separada. El combustible se condensa y se separa del agua.

b. Fraccionamiento. El aceite deshidratado se

calienta y se destila a 100 mm Hg. En este paso se separa una fracción con un rango de ebullición mayor que 327 °C (620 °F), después de un proceso de filtración con tierra de diatomeas. Este se puede vender como aceite de mezcla de 100 Ssu a 38°C (100 °F). (Ssu significa Segundos Savbolt Universales, una medida industrial de viscosidad.)

c. Destilación ciclónica. El aceite restante se transfiere a una torre de destilación ciclónica al vacío. De ésta, forma parte una columna con diseño especial que opera cuando inyecta el aceite a alta velocidad y genera una alta fuerza centrífuga que hace mínima la formación de hollín.

Al operar a 20 mm Hg, se vaporiza la fracción con rango de ebullición de 510 a 616 °C (950 a 1200 °F), la cual después de un proceso de filtración se clasifica como aceite de mezcla 220-Ssu a 100 °C.

Los productos de cola consisten de aditivos y contaminantes, los que se pueden vender sin tratamiento adicional a la industria de asfalto. (3)

e. Cualidades del proceso. En el residuo asfáltico se encapsulan los metales presentes y los restos de adititivos. Los gases de salida no representan un peligro, pues son básicamente los gases que genera una caldera (principalmente CO_2 Y

H_2O) y el agua de desecho necesita un tratamiento mínimo. La torta de los filtros se puede desechar en un relleno sanitario común. (3)

El producto final contiene menos de 5 ppm de metales. Estos, al igual que los aditivos y demás contaminantes, se encuentran en los productos de fondo de la torre de destilación ciclónica, encapsulados en el asfalto. En este método no se incluye alguna operación unitaria que mejore la calidad de las bases existentes, pues sólo separa a los contaminates. (3)

Dado que el método incluye sólo operaciones por medio de procesos físicos, se puede llevar a cabo prácticamente con cualquier aceite usado, lo que cambia es la relación entre los productos finales.

h. Productos comercializables

Por medio de la destilación ciclónica se recuperan los productos comercializables. Estos son lo siguientes:

1) Aceite base 100 Ssu @ 100 C.

2) Aceite base 220 Ssu @ 100 C.

3) Combustible #2 grado industrial (diesel), que se puede usar como combustible en la planta.

4) El residuo de fondo de la torre de destilación ciclónica se puede

comercializar en la industria del asfalto. (3)

5. Método destilación-hidrogenación. Es el proceso más avanzado en lo que a regeneración de lubricantes respecta. Consiste de tres etapas:

a) Destilación fraccionada

b) Clarificación

c) Hidrogenación

a. Destilación fraccionada. Por medio de la destilación se eliminan los volátiles y las fracciones más pesadas. La porcion útil se encuentra entre los 300-500 °C, dependiendo de la presión usada y del tipo de aceite. Esta representa entre un 70 y 90 por ciento del aceite usado original. (1)

b. Clarificación. La fracción destilada se somete a una clarificación consistente en una extracción con una mezcla de solventes orgánicos. Los componentes de la mezcla son: isopropanol, metil-etil-cetona y n-butanol en proporciones de 1:1:2. Se usa un relación solvente/aceite de 3:1. Esta operación se realiza con agitación por 24 horas a temperatura ambiente. Por último, se separa el aceite del disolvente por medio de decantación. El propósito de esta operación es eliminar sólidos y partículas insolubles qua también pueden separarse por medio de sedimentación.

c. Hidrogenación. La hidrogenación se lleva a cabo a temperatura elevada y con catalizadores de hidrogenación. Durante este tratamiento se llevan a cabo las siguientes reacciones:

- Hidrogenación de olefinas.
- Hidrogenación de aromáticos o nafténicos.
- Hidrodesciclación de aromáticos.
- Hidroisomerización de n-parafina a iso-parafinas.
- Hidrodesulfuración en hidrodesaminación.

Las mejores condiciones de operación se logran "con catalizadores a base de de cobalto, molibdeno y níquel soportados en silice-alumina a temperaturas entre 300 y 400 °C y presiones de 4×10^6 a 18×10^6 N/m^2". (1)

d. Cualidades del proceso. El método produce bases de lubricante de alta calidad y de buenas caracterísicas viscosimétricas, lo que disminuye los requerimientos de aditivos modificadores de la viscosidad. (1)

Este método puede procesar aceites de variadas características y se puede adaptar a múltiples capacidades. (1).

Este proceso no genera lodos ácidos ni emite gases con compuestos sulfurados, ya que el azufre presente en la materia prima se transforma en

H_2S, el cual es fácil de capturar por absorción con hidróxido de sodio. (1)

Este método requiere de una fuente continua de hidrógeno. Además su aplicación a aceite lubricante reprocesado se encuentra en fase experimental.

III. JUSTIFICACIONES

El proceso de recuperación y purificación del aceite lubricante, desechado por el transporte colectivo, surge ante la necesidad de evitar la contaminacion del ambiente. Este es un material de desecho que se puede obtener a bajo costo y que contiene un alto porcentaje de material aprovechable. Además, resultaría beneficioso para el ambiente, hacer mínimo el desecho de un peligroso contaminante.

El presente proyecto también traería beneficios económicos para el país. Reduciría la necesidad de divisas para la importación de lubricantes, al usar como materia prima principal un material que se encuentra localmente. Por último, representa fuentes de trabajo para treinta guatemaltecos.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivos generales

1. Diseño de una planta para procesar el aceite lubricante desechado por la industria del transporte en Guatemala.
2. Contribuir a reducir la contaminación de aguas y suelos.

B. Objetivos específicos

1. Reducir la necesidad de divisas para la importación de lubricantes.
2. Aprovechar una materia prima de bajo precio.

V. HIPOTESIS

Actualmente la mayor parte del aceite lubricante usado por la industria del transporte se descarta al ambiente en su mayor parte, constituyendo un contaminante del ambiente. Reprocesar el aceite lubricante usado por el servicio de transporte colectivo es una operación económicamente atractiva y que contribuye a la no contaminación.

VI. ESTUDIO DE MERCADO

A. Objetivos

El estudio de mercado de este trabajo tiene como objetivo principal conocer la siguiente información:

- La disponibilidad de aceite lubricante usado.
- La aceptación en el mercado guatemalteco de un lubricante que contenga aceite reprocesado.
- El destino del aceite lubricante usado.

B. Encuesta

Para alcanzar los objetivos se redactó y se corrió una encuesta (anexo G) a una porción de la muestra del universo escogido. La encuesta se adjuntó a una carta (anexo H) que explica el objetivo de la misma, se entregó a los encuestados en el domicilio de su negocio y se indicó que se recogería la encuesta contestada en cuatro días.

1. Universo. El universo escogido para la encuesta son las personas a quienes se les comprará el aceite lubricante usado, o sea nuestra materia prima y son a su vez el grupo objetivo principal para comercializar el lubricante reprocesado.

Como universo se escogió a los transportistas

guatemaltecos. Se definen como los dueños de dos o más vehículos de transporte de pasajeros y mercancías, que son camiones, camionetas, cabezales y cisternas. Estos son usuarios fuertes de aceites lubricantes que usan en sus vehículos, representan alrededor de 60,000 vehículos y el 55% del mercado de lubricantes en Guatemala /3/. Utilizan cantidades relativamente grandes de aceite lubricante, lo cual les permite acumular en sus talleres cantidades relevantes de lubricante usado. El tamaño del universo se estima en 20,000 transportistas /4/.

2. Muestra. La muestra se escogió dentro de los siguientes parámetros:

- Propietarios de vehículos para transporte de pasajeros y de mercancías pertenecientes a las siguientes cooperativas:

/3/ Información obtenida por entrevista personal con Nick Smyth, Gerente de Mercadeo de Texaco.

/4/ Información obtenida por entrevista personal con Miguel Angel Luna, Director Coordinadora Nacional de Transporte

Tabla 6.1

Muestra escogida para encuesta

Cooperativa	No. de asociados
Asociación de Transportistas Internacionales	61
Gremial de Remolcadores de Guatemala	74
Gremial de Transportistas Especializados en Combustible	142
Gremial de Transportistas de Cemento	150
Gremial de Transporte Extraurbano de Pasajeros	370
EGA	50
La Fe	77
Total	929

Se fijaron estos límites a la investigación por las siguientes razones:

- Se encuentran dentro del universo previamiente definido.
- Fácil localización de los usuarios por medio de las instituciones a las que pertenecen.
- Representan la mayor cantidad de vehículos dedicados al transporte.

Además se utilizó la siguiente premisa:

- El comportamiento hacia el aceite lubricante usado de la muestra escogida, es decir los transportistas asociados a cooperativas, es similar o equivalente al de los transportistas que no se asocian a éstas.

3. Tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra se determinó según la fórmula de Pulido San Román (16)

$$N = \frac{4\ N_p\ P(1 - P)}{(N_p - 1)K^2 + 4P(1 - P)}$$

donde:

Np.....Tamaño de la población. Según la Coordinadora Nacional de Gremiales de Tranportistas se estima en 20,000.

P.....Porcentaje estimado de la variable buscada. En este caso las variables de interés son:

a) Cantidad de transportistas que vierten el aceite lubricante al ambiente.

b) Disposición a usar aceite lubricante en sus vehículos.

Partiendo de una encuesta piloto se determinaron los valores de P_a y P_b en 0.5 y 0.1, respectivamente.

k.....Porcentaje de error. Este se fijó en un 10%.

N.....Tamaño de muestra.

Y el tamaño de muestra encontrado fue de:

$N_a = 100$

$N_b = 36$

Para propósitos de la encuesta se tomó el mayor valor N = 100.

4.3 Interpretación. Los resultados de la encuesta se evaluaron según el número de encuestados y según su importancia, expresada en el volumen de aceite que consumen y que deshechan durante el transcurso de un mes. A partir de estos se trasladaron los porcentajes mencionados hacia el universo, obteniendo los valores deseados de disponibilidad de materia prima y aceptación del producto.

Los resultados de esta encuesta (ver anexo I) dieron la base para el dimensionamiento de la planta y proveyeron de información sobre el destino del aceite lubricante usado en Guatemala.

C. Mercado

A partir de lo investigado se procedió a describir el mercado guatemalteco del aceite lubricante y se infirió sobre las expectativas para éste, en el futuro.

1. Mercado actual. El tamaño del mercado de lubricantes en Guatemala para 1993 esta

representado de la siguiente manera:

Tabla 2

Segmentación de mercado de lubricantes en Guatemala /3/

Segmento	Consumo
Automóviles	2,970,000 galones
Transporte	3,630,000 galones
Total	6,600,000 galones

El segmento del transporte se investigó para determinar su disposición a probar el producto ofrecido. Por medio del estudio de mercado se determinó el porcentaje de transportistas dispuestos a probarlo y a consumirlo y resultó ser proporcional a la cantidad de encuestados y al consumo individual. Los procentajes obtenidos se tradujeron al consumo nacional de la industria del transporte y se determinó el mercado potencial del producto:

/3/ Información obtenida a través de entrevista personal con Nick Smyth, Gerente de mercadeo de Texaco.

Se ofrecerá el producto en las cubetas de cinco galones, por ser las más buscadas por los dueños de vehículos de servicio pesado /5/.

4. Calidad. Se mantendrá un estricto control de calidad en la materia prima (aceite usado) y en el producto final por medio de un laboratorio bien equipado (ver Requerimientos de Capital, Laboratorio) para garantizar que las especificaciones de éste estén dentro de estándares competitivos en la categoría (ver anexo C).

5. Garantías que se le ofrecerán a los consumidores.

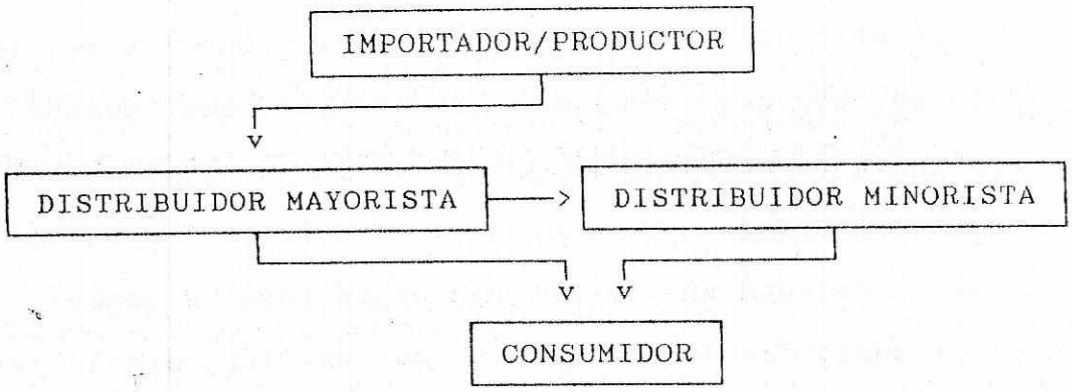
a) Estricto control de calidad.

b) Un sello de garantía.

E. Distribución

La distribución del aceite lubricante en Guatemala se lleva a cabo según el siguiente formato /5/:

/5/ Información obtenida a través de entrevista personal con Abel Alvarez, distribuidor mayorista de lubricantes.



F. Precio

El precio del aceite lubricante es una de las variables que más influyen en su compra. En el anexo K se detallan los precios al consumidor de los principales aceites lubricantes disponibles en el mercado. El margen que los distribuidores ganan es relativamente pequeño, depende de la presentación y que se encuentre entre un 5 y un 12% /5/.

El precio para mayorista se fijará abajo de los aceites de la categoría, o sea lubricantes con clasificación SAE CD/SF. Esto lo hará un producto más atractivo.

G. Promoción

Para que el producto tenga éxito, se debe efecturar una campaña publicitaria que informe a los

---

/5/ Información obtenida a través de entrevista personal con Abel Alvarez, distribuidor mayorista de lubricantes.

posibles consumidores del producto y sus ventajas al ambiente como producto reprocesado, y lo distinga de la competencia, haciéndolo atractivo.

H. Principales consumidores

El producto será dirigido principalmente a transportistas, a quienes hemos definido previamente. También resulta factible entrar al mercado de propietarios de automóviles particulares en un futuro cercano.

I. Reglamentos gubernamentales respecto de aceites lubricantes e hidrocarburos

El Ministerio de Energía y Minas ha establecido normas que regulan la composición del aceite lubricante usado (ver anexo L para mayores detalles).

J. Marcas y patentes que protegen al producto

Una marca diferenciará al producto de los de la competencia. Para obtener esta protección se necesita:

a) Llenar y presentar formulario de marcas ante la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).

b) Adjuntar etiquetas.

K. Impuestos que gravan a los aceites lubricantes

Según partida # 271.00.41 el arancel que grava la importación de aceites lubricantes es de 10%.

L. Competencia

La competencia a la cual se enfrenta el proyecto se puede dividir en dos partes:

- La competencia en la venta de lubricantes.
- La competencia por la compra de lubricantes usados.

1. Competencia en la venta de lubricantes. Este tipo de competencia la constituyen las compañías multinacionales conocidas con los nombres de Texaco, Shell y Esso. Estas ofrecen productos de alta calidad y varios niveles de clasificación API (ver anexo E). Además son los competidores más importantes pues poseen la mayor parte del mercado.

Otras marcas menos conocidas en el medio (por ejemplo Olimpic y Alliance) también ofrecen productos de diferentes niveles de contenido de aditivos. Estas marcas poseen una menor porción del mercado. Casi todas ofrecen al público, aceites de varios tipos de clasificación API, incluyendo de clasificacion "NA", que significa sin aditivos. Sin embargo, la competencia directa de nuestro producto, en particular, serán los aceites de mayor grado de protección al motor, ya que se ofrecerá un producto de esta categoría.

2. Competencia en la adquisición de lubricante usado.

El lubricante usado es pretendido actualmente por dos plantas reprocesadoras en Guatemala, a las cuales se les unirá una tercera en un futuro cercano. Ninguna de las actuales produce lubricantes de la calidad que requiere el Ministerio de Energía y Minas para aceites lubricantes reprocesados. De este modo existe la posibilidad de ofrecer un mejor precio a los oferentes de la materia prima para el presente proceso. (8)

No se compite sólo con los demás reprocesadores de lubricante por la materia prima, sino con los usos alternativos que recibe el aceite usado (Ver Antecedentes, Alternativas para la disposición del aceite usado). También el verter el lubricante usado en desagües y terrenos disminuye la cantidad disponible.

Es de suponer que al poner en funcionamiento la planta y demandar una cantidad de aceite lubricante usado, se incrementará sensiblemente su precio.

VII. RENTABILIDAD

Para evaluar las posibilidades tecnológicas, que consiste en determinar la rentabilidad y diseñarla, se preparó el siguente informe de los costos para las tres opciones:

A. Requerimientos de capital

El costo total de un proyecto consiste en capital fijo más el capital de trabajo. A continuación se detallará el primero.

		Quetzales
1.	Capital fijo	
	a. Terreno: 30 x 75 m² en las inmediaciones de la capital /6/	337,500.00
	b. Obra civil:	
	1) 400 m² de construcción para planta y bodega /6/	340,000.00
	2) 40 m² de construcción para oficinas /6/	44,000.00
	c. Equipo:	
	1) Planta reprocesadora:	
	a) Dest. ciclónica (3)	5,280,100.00
	b) Relub (10)	5,040,900.00
	c) Lorex (10) (14)	5,910,900.00

/6/ Información obtenida a través de entrevista personal con Ing. Erick Bocanegra, experto en bienes raíces.

2) Tanques de almacenamiento y accesorios /7/:

a)	20,000 gal	8,000.00
b)	5 de 10,000 gal	24,500.00
c)	3 de 5,000 gal	8,400.00

3) Planta envasadora /7/:

a)	Tanque de mezcla de 10,000 galones y accesorios	43,210.00
b)	Tanque de premezcla de 1,000 galones y accesorios	15,950.00
c)	Tanques de adición	7,250.00
d)	Compresor	83,520.00
e)	Unidad de bombeo	51,040.00
f)	Contadores de aceites	120,060.00
g)	Caldera de 500 HP	189,080.00
h)	Mezcladoras de aceite	153,700.00
i)	Llenadora de envases	38,860.00
j)	Motorreductor	11,020.00
k)	Transportadora de toneles	17,400.00
l)	Polipasto	14,500.00
Total		745,590.00

/7/ Información obtenida por medio de entrevista personal con Ing. Carlos Grajeda, responsable del montaje de planta de producción de lubricantes Texaco en Guatemala.

4) Laboratorio /7/:

a)	Kit de viscosidad	3,700.00
b)	Titulador Karl Fischer	5,500.00
c)	Viscosímetro	3,700.00
d)	Balanza analítica	2,500.00
e)	Baño para Pour Point	6,200.00
f)	Baño para prueba de capacidad de formar emulsiones	5,200.00
g)	Baño para prueba de espuma	4,800.00
h)	Campana extractora	14,600.00
i)	Destilador	2,100.00
j)	Balanza	2,000.00
k)	Mobiliario	5,900.00
l)	Aire acondicionado	3,700.00
Total		59,900.00

5) Transporte:

3 camiones /8/ 330,600.00

6) Equipo para oficinas

a) Mobiliario para oficinas /9/ 17,632.00

b) 2 computadoras personales /10/ 9,280.00

/8/ Según cotización Ivesa.
/9/ Según cotización D. M. Nacional.
/10/ Según cotización BM Computación

c) Equipo menor de oficina /11/

	2,320.00
Total	29,232.00
Total de capital fijo menos planta reprocesadora:	Q 1,927,722.00
Total incluyendo planta reprocesadora:	
Destilación ciclónica	Q 7,207,822.00
Relub	Q 7,294,330.53
Lorex	Q 8,164,330.00

2. Capital de trabajo

Asumiendo una produccion de 500,000 galones por año, se calculará el capital de trabajo.

a) Materiales directos. En las siguientes tablas se encuentra el detalle de los consumos de materiales directos por unidad de produccion, o sea un galón de aceite reprocesado, calculados por tipo de planta reprocesadora.

/11/ Según cotización de empresa La Lectura.

Tabla 7.1

Consumo de materiales directos por unidad de producción

Planta de Destilación Ciclónica

Materiales directos	Unidad	Precio Q/unidad	Consumo/Gal Unidades	Quetzales
Aceite usado /12/	gal	0.727	0.875	0.64
Barros adsorbentes /13/	kilo	1.625	0.147	0.24
Aditivos /7/	gal	8.575	0.200	1.72
Envases de 5 gal /14/	unidad	15.000	0.067	1.00
Total				3.59

/12/ Información obtenida por entrevista personal con Guillermo Mezquita, dueño de una planta reprocesadora de aceite usado.

/13/ Según cotización Proquideca.

/7/ Información obtenida por entrevista personal con Ing. Carlos Grajeda, responsable del montaje de planta de producción de lubricantes Texaco en Guatemala.

/14/ Según cotización de empresa Metaloplástica.

Tabla 7.2

Consumo de materiales directos por unidad de producción

Planta con proceso Relub

Materiales directos	Unidad	Precio Q/unidad	Consumo/Gal Unidades	Quetzales
Aceite usado/12/	gal	0.727	0.875	0.64
Acido sulfúrico /13/	kilo	1.010	0.393	0.40
Barros adsorbentes/13/	kilo	1.625	0.147	0.24
Aditivos/7/	gal	8.575	0.150	1.72
Envases de 5 gal/14/	unidad	15.000	0.067	1.00
Total				3.59

/12/ Información obtenida por entrevista personal con Guillermo Mezquita, dueño de una planta reprocesadora de aceite usado.

/13/ Según cotización Proquideca.

/7/ Información obtenida por entrevista personal con Ing. Carlos Grajeda, responsable del montaje de planta de producción de lubricantes Texaco en Guatemala.

/14/ Según cotización de empresa Metaloplástica.

Tabla 7.3

Consumo de materiales directos por unidad de producción

Planta con proceso Lorex

Materiales directos	Unidad	Precio Q/unidad	Consumo/Gal Unidades	Quetzales
Aceite usado/12/	gal	0.727	0.875	0.64
Acido sulfúrico/13/	kilo	1.010	0.393	0.40
Propano /15/	lb	1.310	0.230	0.30
Barros adsorbentes/13/	kilo	1.625	0.147	0.24
Aditivos/7/	gal	8.575	0.150	1.72
Envases de 5 gal/14	unidad	15.000	0.067	1.00
Total				3.84

/12/ Información obtenida por entrevista personal con Guillermo Mezquita, dueño de una planta reprocesadora de aceite usado.
/13/ Según cotización Proquideca.
/7/ Información obtenida por entrevista personal con Ing. Carlos Grajeda, responsable del montaje de planta de producción de lubricantes Texaco en Guatemala.
/14/ Según cotización de empresa Metaloplástica.
/15/ Según cotización de empresa Gas Nacional.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los costos mensuales y anuales de cada tipo de opción tecnológica, condensado los valores de las tablas anteriores.

Tabla 7.4

Consumo de materiales directos por tipo de planta

Planta	Costo total de materiales directos Mensual	Anual
Destilación ciclónica	53,728.49	644,741.91
Relub	65,856.55	790,278.58
Lorex	75,457.90	905,494.78

b) Servicios. En las siguientes tablas se muestran los consumos de servicios por un galón de aceite reprocesado, según el tipo de planta. Entre los servicios se incluyen energía eléctrica, combustible, agua y disposición de desechos.

Tabla 7.5

Consumo de servicios por unidad de producción

Planta con Destilación Ciclónica

Servicios	Unidad	Precio Q/unidad	Consumo/Gal Unidades	Quetzales
Energía eléctrica	kW	0.500	0.2427	0.12
Combustible	galon	5.950	0.1451	0.86
Agua	m^3	1.500	0.0144	0.02
Disposición de desechos				0.01
Total				1.02

Tabla 7.6

Consumo de servicios por unidad de producción

Planta con proceso relub

Servicios	Unidad	Precio Q/unidad	Consumo/Gal Unidades	Quetzales
Energía eléctrica	kW	0.500	0.3886	0.19
Combustible	galon	5.950	0.2145	1.02
Agua	m^3	1.500	0.0144	0.02
Disposición de desechos				0.02
Total				1.11

Tabla 7.7

Consumo de servicios por unidad de producción

Planta con proceso Lorex

Servicios	Unidad	Precio Q/unidad	Consumo/Gal Unidades	Quetzales
Energía eléctrica	kW	0.500	0.7773	0.39
Combustible	galon	5.950	0.2049	1.22
Agua	m^3	1.500	0.0144	0.02
Disposición de desechos				0.01
Total				1.64

En la siguiente gráfica se muestra un resumen de los costos mensuales y anuales para los tres tipos de planta.

Tabla 7.8

Consumo de servicios por tipo de planta

Planta	Costo total de servicios Mensual	Anual
Destilación ciclónica	42,439.16	509,269.89
Relub	52,328.14	627,937.73
Lorex	55,571.00	666,852.05

c) Mano de obra. A continuación se detallan los costos de la mano de obra directa e

indirecta para la operación de la planta proyectada, con la asesoría del Ing. Carlos Grajeda.

Tabla 7.9

Mano de obra directa

Sección	Número de empleados	Sueldos Q/mes/ persona	Q/mes	Q/año
Reproceso	6	800.00	4,800.00	67,200.00
Mezcla, envase y bodega	9	800.00	7,200.00	100,800.00
Transporte	6	800.00	4,800.00	67,200.00
Total	21		16,800.00	235,200.00

Tabla 7.9

Mano de obra indirecta

Puesto	Sueldos Q/mes/ persona	Q/año
Gerente general	7,500.00	105,000.00
Gerente de mercadeo y ventas	5,500.00	42,000.00
Vendedores (2)	3,500.00	98,000.00
Gerente de producción	4,500.00	63,000.00
Supervisor de producción (2)	2,500.00	70,000.00
Contador (2)	2,500.00	70,000.00
Secretaria (3)	1,000.00	42,000.00
Bodeguero	1,500.00	21,000.00
Mecánico-electricista	1,500.00	21,000.00
Laboratorista	1,500.00	21,000.00
Total anual		588,000.00

d. Capital de trabajo. Este se calcula según sean las necesidades de existencia de cada insumo, lo cual se traduce a costo, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 7.10

Capital de trabajo

Insumo	Existencias (semanas)	Ciclónica	Planta Relub	Lorex
Aceite usado	6	54,688.59	54,688.59	54,688.59
Materias primas				
- Nacionales	4	8,927.52	25,283.52	41,639.52
- Importadas	8	16,683.82	6,258.58	6,258.58
Producto terminado	2	243,674.15	243,529.59	255,778.26
Sueldos	4	58,800.00	58,800.00	58,800.00
Servicios	4	42,439.16	52,328.14	55,571.00
Gastos de Admon., Mercadeo y Ventas	4	116,000.00	116,000.00	116,000.00
Imprevistos	4	29,000.00	29,000.00	29,000.00
Total		559,291.39	565,827.52	590,335.87

3. <u>Total de los requerimientos de capital</u>

El total de la inversión inicial para cada opción del actual proyecto se presentan a continuación.

Tabla 7.11

Inversión inicial

	Ciclónica	Planta Relub	Lorex
Inversión fija	7,207,802.00	6,968,622.00	7,838,622.00
Capital de trabajo	617,635.95	604,801.44	644,208.38
Inversión inicial	7,825,457.95	7,573,423.44	8,482,830.38

B. Comparacion de la rentabilidad de las opciones

Para evaluar las distintas opciones tecnologicas se comparará la tasa simple de retorno de cada una con la tasa de interés bancario vigente. Para el efecto se determinarán las utilidades, restando a los ingresos los costos, efectuados por espacio de un año, para luego dividirlas por el monto de la inversión inicial.

1. Otros costos de operación

a. Reparación y mantenimiento. Estos costos se calcularon como un 2% del capital fijo.

1) Ciclónica	144,156.44
2) Relub	139,372.44
3) Lorex	156,772.44

b. Gastos generales. Se estimaron como un 1% del capital fijo y 5% del capital de trabajo.

1) Ciclónica 100,042.52

2) Relub 97,977.60

3) Lorex 107,903.02

c. Depreciación. A continuación se presenta el detalle de la depreciación de los activos fijos de las opciones analizadas por el método de la línea recta.

Tabla 7.12

Depreciación

	Años de Vida	Planta Ciclónica	Relub	Lorex
Edificio	20	169,741.37	169,741.37	169,741.37
Equipo de producción	10	606,659.00	582,735.97	591,086.97
Equipo de laboratorio	10	5,990.00	5,990.00	5,990.00
Muebles y enseres	10	504.00	504.00	504.00
Camiones	4	82,650.00	82,650.00	82,650.00
Total		865,544.37	836,798.24	845,149.24

2. Costos anuales. Estos se dividen en variables y fijos. Los variable se calculan asumiendo un nivel de producción de 46% el primer año de operación. Entre estos se encuentra el costo del combustible que se

extrae en el proceso y se puede usar en el mismo, apareciendo con un valor negativo.

Tabla 7.13

Costos anuales

	Ciclónica	Planta Relub	Lorex
	Costos variables		
Mat. directos	296,581.28	234,264.15	416,527.60
Servicios	234,264.15	288,851.36	288,851.36
M. de o. directa	108,192.00	108,192.00	108,192.00
Combustible extraído	(109,083.33)	(109,083.33)	(109,083.33)
Total variables	524,995.76	517,265.84	699,529.29
	Costos fijos		
Reparación y mantenimiento	144,156.44	139,372.44	156,772.44
Depreciación	860,721.27	836,798.24	845,546,22
M. de o. indirecta	180,000.00	180,000.00	180,000.00
Gastos grales.	100,042.52	97,977.60	107,903.02
Seguros /14/	20,000.00	20,000.00	20,000.00
Costos de ventas admon. y mercadeo	696,000.00	696,000.00	696,000.00
Total fijos	2,000,920.50	1,970,148.27	2,005,824.70
Total anuales	2,936,825.02	2,897,362.80	3,116,047.61

3. Ingresos, utilidades y tasa simple de retorno.

Los ingresos se calcularon como las posibles ventas del lubricante reprocesado. El precio de este se calculó para que fuera menor que el de un producto equivalente del mercado, para darle al producto una ventaja competitiva. Para el método de destilación ciclónica, se incluyó la venta del asfalto como subproducto. Este se compra en el mercado al precio de Q 5.50 el kilogramo, según información de Asfaltos de Guatemala. A continuación se presenta la comparación final de la rentabilidad de las opciones analizadas:

/15/ Información obtenida por medio de entrevista personal con Lic. Erick Flores, agente de seguros.

Tabla 7.14

Ingresos, utilidades y tasa simple de retorno

	Ciclónica	Planta Relub	Lorex
Ventas (unidades)	230,000.00	230,000.00	230,000.00
Precio unitario	25.00	25.00	25.00
Costo unitario	12.82	12.65	13.60
Ventas (Q)	5,750,000.00		
Ventas asfalto	368,000.00		
Ventas totales	6,118,000.00	5,750,000.00	5,750,000.00
Costos totales	2,936,825.02	2,897,362.80	3,116,047.61
Utilidades	3,170.473.08	2,840,835.25	2,621,969.84
Impuesto/la renta	788,368.27	705,958.81	651,242.46
Utilidades - ISR	2,382,104.81	2,134,876.44	1,970,727.38
Inversión inicial	7,767,113.39	7,534,449.52	8,428,957.95
Punto de equilibrio (unidades)	99,492	104,937	110,337
Tasa simple de retorno	30.53	28.19	23.23

VII. SELECCION DE ALTERNATIVA TECNOLOGICA

A. Evaluación de posibilidades tecnológicas

Para determinar el método más adecuado para la regeneracion del aceite lubricante, en las condiciones actuales del mercado de aceite, se usó el método del árbol de decisiones (4). Se determinó la probabilidad del éxito del proyecto si se emplea cada uno de los métodos antes mencionados y se escogió el que ofrece la mayor. Para ello se siguio la siguiente secuencia:

1. Seleccion de factores claves. Se identificaron los siguientes factores decisivos para el éxito del proyecto:

a) Rentabilidad. De lo atractivo que resulte la inversión, depende la posibilidad de encontrar apoyo financiero, indispensable para la realización del presente proyecto.

b) Impacto ambiental. Se incluye entre los objetivos principales del presente trabajo escoger una opción tecnológica que haga mínimo este factor. También se evitan diferencias con organismos estatales y particulares, que tienen como objetivo cuidar el medio ambiente, con una planta que no contamine el ambiente y una adecuada disposición de

desechos.

c) Versatilidad. Esta califica la capacidad del proceso de reprocesar diferentes tipos de aceites, más o menos contaminados. Va relacionada en cierta manera con la rentabilidad, pues al aprovechar mejor la materia prima se logra un mayor rendimiento.

d) Calidad del producto final. Esta califica las características de la base de lubricante obtenida por medio del proceso. También, como la Versatilidad, se relaciona con la Rentabilidad, pues una mejor base necesita un menor contenido de aditivos. (1)

e) Seguridad del proceso. Aun en plantas diseñadas bajo lineamientos de alta seguridad, se agrega un factor de riesgo al existir en el proceso presiones o temperaturas extremas y materiales inflamables, explosivos o tóxicos.

f) Tecnología. La tecnología de la opción a usar es determinante para poseer una ventaja competitiva en el mercado. Entre más moderna y avanzada sea esta, más oportunidades de éxito y de ventaja se alcanzarán sobre la posible competencia.

2. Evaluación de factores. Los factores antes mencionados se clasificaron según su importancia para lograr éxito en el proyecto. La Rentabilidad y el Impacto Ambiental se consideran indispensables para

alcanzar los objetivos, por lo cual se le asignó un 34% de importancia a cada uno. Los demás factores son importantes, más no imprescindibles para la realización del proyecto. Se le asignó en igual proporción el resto de importancia, lo cual representan 8% para Tecnología, Versatilidad, Producto final y Seguridad del proceso.

3. Se evaluó cada una de las opciones en su capacidad de cumplir con los factores antes mencionados, asignándoles una calificación, por medio de la cual se determinará el resultado.

1. Rentabilidad. Según los resultados obtenidos, el método de Destilación Ciclónica es el más rentable. De modo que se le calificará con 100%. Los procesos Rélub y Lorex tienen un 91% y 78% de la Rentabilidad estimada para el método de Destilación Ciclónica.

2. Impacto ambiental. Se evaluó por medio de la matriz de Leopold, (ver anexo P) /16/, de la que se escogieron los factores contaminantes que conllevan los métodos en cuestión y a qué aspectos ecológicos afectan. Bajo la asesoria del Ing. José Guzmán se determinó el impacto ambiental para cada caso. El método de Destilación Ciclónica es el que afecta en

---

/16/ Información obtenida a través de entrevista personal con el Ing. José Guzmán, Jefe Técnico Asesores Profesionales, CONAMA

menor grado el medio ambiente. Por consiguiente se le calificará con 100%. El proceso Lorex resultó un 28% más dañino al ambiente y el Relub un 37% y se calificará con 72 y 63%, respectivamente.

3. Versatilidad. Los métodos Relub y Lorex, que utilizan una acidificación como parte del proceso, requieren una materia prima de hasta cierto grado de contaminación (10). Un lubricante muy contaminado le restaría efectividad al ácido. El metodo Lorex involucra, además, una extracción por solvente, requiere una mayor selectividad del lubricante a procesar. Por el contrario, el método de Destilación Ciclónica, en la operación crítica de la purificación del aceite, ejecuta una separación física: En este caso, el grado de contaminación del lubricante usado determina la proporción de productos finales. A mayor contaminación, mayor concentración de asfalto y menor concentración de base lubricante reutilizable. Por lo anteriormente expuesto la Destilación Ciclónica se considera el más versátil y se le califica con un 100%, el método Relub con un 75% el Lorex con un 50%.

5. Seguridad del proceso. En los tres métodos investigados se usan temperaturas y presiones de operación similares. Los métodos Lorex y Relub contienen un elemento adicional de riesgo en su

operación que es el tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, reactivo altamente peligroso. Adicionalmente, el propano usado en el proceso Lorex es altamente inflamable en estado gaseoso. Según lo anterior, la Destilación Ciclónica es el proceso más seguro y se califico con 100%, el método Relub con 75% y el Lorex con 50%.

4. Producto Final. El proceso de Destilación Ciclónica involucra solamente procesos físicos de purificación. Esto limita el efecto sobre los lubricantes a una extracción de impurezas, aunque resulta completamente utilizable como base para lubricante. Por el contrario, los métodos Lorex y Relub le aplican además un tratamiento químico a las bases lubricantes, que mejora sus características intrínsecas como producto final. Por consiguiente la calificación de estos es de un 100%, mientras que la de Destilación Ciclónica es de 50%.

6. Tecnología. En el presente estudio los métodos seleccionados tiene una clara diferencia tecnológica. El método Relub es el más antiguo y tradicional. Se usaba ya en la Primera y Segunda Guerra Mundial (3), es conocido internacionalmente y no ofrece ventaja tecnológica alguna. El método Lorex es una modificación más ventajosa del anterior. Por último la

Destilación Ciclónica es un proceso nuevo y revolucionario en el ramo. Por lo anterior, la calificación se otorgó de la siguiente manera: Relub 0%, Lorex 50% y Destilación Ciclónica 100%.

Tabla 5

Evaluación de posibilidades tecnológicas

	Peso	Destilación Ciclónica	Relub	Lorex
Rentabilidad	34	34	30	12
Impacto ambiental	34	34	24	21
Versatilidad	8	8	6	4
Calidad del producto	8	4	8	8
Seguridad del proceso	8	8	6	4
Tecnología	8	8	0	5
Total	100	96	74	54

La opción con una mayor probabilidad de éxito (96%) por amplio margen resulto la que incluye el método de Destilación Ciclónica. Por tanto, en ésta se basará la planta a diseñar.

B. Diseño

Tomando como base el estudio de mercado y la selección de las opciones tecnológicas se procedió a

diseñar la planta.

1. Dimensionamiento. El dimensionamiento de la planta se basó en la interpretación de los resultados de la encuesta (anexo I). Se partió de estos datos y se estimó una capacidad de planta de 500,000 galones por año, la cual se puede llegar a poner en marcha a plena capacidad en un período de tres años.

2. Localizacion. Para encontrar la localización más adecuada a la planta se usará el método de centro de gravedad. El factor para determinar la importancia de los puntos en la aplicación del método es el de disponibilidad de aceite lubricante usado y tamaño de mercado para lubricantes Para aplicar este factor se establecieron los siguientes supuestos:

- La cantidad de aceite lubricante en cada departamento es proporcional a la cantidad de vehículos dedicados al transporte registrados en él.
- Se tomará la capital departamental como centro de gravedad del mismo.
- Se pesará con un valor de 3 a los principales puertos por su importancia en la industria del transporte y con dos a la capital, por ser punto de convergencia de casi la totalidad de las rutas de transporte.

A continuación se detallan las cabeceras

departamentales y los pesos que se le adjudicaron:

Tabla 6

Vehículos registrados por departamento

Número	Departamento	Cantidad de vehículos con tipo de placa "C"
1	Guatemala	25,729
2	El Progreso	521
3	Sacatepéquez	1,161
4	Chimaltenango	1,623
5	Escuintla	2,807
6	Santa Rosa	1,157
7	Sololá	463
8	Totonicapán	623
9	Quetzaltenango	2,608
10	Suchitepéquez	2,026
11	Retalhuleu	1,034
12	San Marcos	1,242
13	Huehuetenango	937
14	El Quiché	746
15	Baja Verapaz	277
16	Alta Verapaz	1,183
17	Izabal	852
18	Jalapa	987

Tabla 6 (Continuación)

Vehículos registrados por departamento

Número	Departamento	Cantidad de vehículos con tipo de placa "C"
19	Chiquimula	651
20	Jutiapa	1,104
21	Zacapa	565
	Total	48,296

Se dejó fuera El Petén por estar demasiado alejado del resto de departamentos y tener poca importancia económica.

Como resultado nos da un centro de gravedad al suroccidente de la ciudad capital, dentro del departamento de Guatemala. Por esta razón, el punto de localización de la planta se definió sobre la carretera al Pacífico, entre los kilómetros 15 y 20 (ver anexo M). Esta es una zona predominantemente industrial.

3. Distribución. En el anexo N se puede ver la distribución sugerida para la planta en cuestión.

4. Residuos del proceso. Los residuos del proceso son principalmente desechos de filtración, que se dispone preferentemente en rellenos sanitarios.

5. Diagrama de flujo del proceso. En el anexo O se puede ver el diagrama de flujo del proceso escogido.

VII. RESULTADOS

Los resultados se presentarán en dos partes según los objetivos fijados:

A. Diseño de planta de reproceso de aceite

1. Se propone una planta de capacidad nominal de 1,900,000 litros (500,000 galones) al año.

2. La localización óptima se determinó en el suroeste de la ciudad capital. Se sugiere un terreno entre los kilómetros 15 y 20 de la carretera al Pacífico para la construcción de la planta.

3. Se determinó como la opción tecnológica más apropiada para el reproceso más del aceite lubricante, la Destilacion Ciclónica.

4. Se propuso una distribución física para la planta (ver anexo N).

5. Se dispondrá de los desechos del proceso en un relleno sanitario común.

B. Beneficio ecológico

El presente proyecto tiene capacidad de evitar que 1,700,000 litros (470,000 galones) de aceite usado se viertan en el ambiente y lo contaminen. Ofrece además, un beneficio económico a los usuarios de lubricantes

para que lo guarden para su posterior reproceso. Esto es importante, ya que hace más atractivo el almacenar el aceite para este fin, en lugar de las demás opciones de uso, que presentan alguna desventaja. Además la tecnología escogida no produce contaminantes peligrosos, sino sólidos fáciles de desechar.

C. Rentabilidad

Se determinó que el presente proyecto es rentable bajo las condiciones actuales. La tasa simple de retorno se calculó en un 30.62%, lo cual es mayor al interés actual en el sistema bancario, de modo que representa una inversión atractiva.

D. Disposición de los consumidores ante el producto

La disposición de los posibles consumidores a consumir lubricante reprocesado es baja. Pero es suficiente para colocar alrededor de 830,000 litros (220,000 galones) anuales, un nivel aceptable de producción.

VIII. DISCUSIONES

A. En Guatemala existe un alto grado de contaminación proveniente de la disposición del aceite lubricante en el ambiente. Aproximadamente la mitad del aceite lubricante se dispone asi; el aceite llega a los efluentes fluviales y afecta negativamente el ecosistema. Además se desperdician recursos naturales no renovables que de otra manera se podrían aprovechar. Existe la posibilidad de darles usos alternativos, pero la mejor manera de aprovecharlos es reutilizándolos después de aplicarles un proceso que regenerar sus propiedades originales.

B. No es posible regenerar la totalidad de aceites lubricantes usados. Los factores que lo impiden son los siguientes:

1. Durante su uso y al extraerlos del vehículo se pierde una cantidad apreciable, que se determinó en aproximadamente un 30% del aceite comprado.

2. La poca disposición de los dueños y encargados a guardar el aceite usado para ser empleados posteriormente, representa alrededor de un 48% de los lubricantes desechados.

3. Los usos alternativos que le dan los mismos tranportistas, entre los cuales se encuentran el recubrimiento de madera y rociarlo sobre superficies para evitar el polvo. Estos representan alrededor de un 4%.

4. Entre otros usos estan el recubrimiento de moldes y la combustión. Estos necesitan de poco capital, por lo que que son populares.

C. Dada la novedad de la idea y de malas experiencias previas, la disposicion de los transportistas es baja, pero es suficiente para alcanzar un nivel de producción que resulte financieramente favorable al proyecto. Además, se espera obtener un porcentaje cada vez mayor del mercado y que éste continúe creciendo.

D. Para asegurar un aprovisionamiento de aceite lubricante usado, se adquirirá una pequeña flota de cisternas y se pagará el aceite lubricante a mejor precio que a los actuales colectores.

E. La opción de reproceso de lubricante usado escogida es la Destilación Ciclónica. Las razones que dieron lugar a este resultado son las siguientes:

1. Es el método más rentable. Requiere una

inversión ligeramente menor que los métodos Relub y Lorex. Estos últimos necesitan de equipo resistente al ácido sulfúrico, de modo que resulta más costoso. También requieren de químicos adicionales. Ofrecer un producto adicional, como es el asfalto, aumenta las ventas en casi un 4%, lo que se evidencia en una tasa de retorno sensiblemente mayor.

2. La Destilación Ciclónica ofrece una ventaja tecnológica de la que carecen las demás opciones. Por ser tecnología más moderna y con mayores ventajas, le traslada una ventaja competitiva al presente proyecto, difícil de igualar por la competencia latente.

3. El método de Destilación Ciclónica produce un mínimo de contaminación ambiental, especialmente en lo referido a desechos sólidos, pues encapsula los contaminantes en el asfalto que produce. A diferencia de los procesos Relub y Lorex, no produce lodos ácidos que significan un contaminante difícil de desechar. Todos los métodos investigados, incluyendo el de Destilación Ciclónica, producen desechos de filtración, de modo que no representa una desventaja comparativa.

4. Las tres opciones investigadas producen aguas de desecho con similares características y en cantidades limitadas.

5. La contaminación atmosférica es marginal en los tres métodos de reproceso.

6. Se estima que la opción de Destilación Ciclónica es la que produce una mayor cantidad de ruido por el tipo de proceso que incluye la inyección de carga a alta presión en la torre de Destilación Ciclónica.

7. Se considera a la Destilación Ciclónica el método más versátil, pues si el aceite estuviera muy contaminado, el rendimiento del reproceso se vería afectado, pero la cantidad de asfalto se incrementaría.

8. La calidad del producto final del proceso de Destilación Ciclónica no es superior al Relub o el Lorex, ya que no involucra un proceso químico que mejore las características de la base de lubricante. Esto repercute de manera negativa en que aumenta los costos, al ser necesario agregar más aditivos para ofrecer un producto con características comercialmente competitivas.

9. En todo procesos existen riesgos, pero de los método investigados como el de Destilación Ciclónica es el que presenta los menores. A diferencia de los otros, no usa químicos peligrosos como el ácido sulfúrico, que es altamente corrosivo o el propano, que es inflamable. Además, no opera en condiciones extrema de temperatura y presión.

F. La rentabilidad del método escogido demuestra que la tasa de retorno obtenida es mayor que el promedio de la tasa de interés efectiva a plazo fijo del sistema bancario.

G. La rentabilidad depende principalmente del nivel de las ventas.

H. Por medio de este proyecto se podrá evitar que alrededor de 1,900,000 litros (500,000 galones) de aceite sean vertidos en la tierra y vías fluviales de Guatemala. Además, como subproducto del petróleo, constituyen recursos naturales no renovables y si se le diera otro fin, como la combustión, la incineración o el vertido, se perdería para siempre.

I. El proyecto de reproceso de lubricante constituye una manera de reducir la importación de bases de lubricante de aceites lubricantes. Esto ayudaría a equilibrar de manera positiva la balanza comercial para Guatemala, al no tener que disponer de divisas para proveer al país de una parte del consumo de lubricantes. Colocar en el mercado guatemalteco 1,900,000 litros (500,000 galones) de lubricante reprocesado al año, disminuiría el déficit comercial del país en alrededor

de Q 4,350,000.00 anualmente.

XI. CONCLUSIONES

A. Un 48% del aceite lubricante usado por la industria del transporte en Guatemala se desecha virtiéndolo en el ambiente.

B. Un 48% del aceite lubricante usado por la industria del transporte en Guatemala, se vende para un aprovechamiento posterior.

C. Un 30% del aceite lubricante comprado por la industria del transporte en Guatemala, se consume durante el uso o se pierde al extraerse del vehículo.

D. El método escogido para el reproceso del aceite lubricante es el de Destilación Ciclónica.

E. El proyecto de comercializar aceite lubricante para motor producido a partir de aceite lubricante usado, es económicamente factible mediante el método de Destilación Ciclónica, como se puede ver al exceder la tasa simple de retorno a la tasa de interés bancario efectiva.

F. El proyecto contribuiría a evitar el vertido al ambiente de alrededor de 1,900,000 litros de aceite lubricante usado anualmente.

G. Por medio del proyecto de aceite lubricante se reduciría el déficit comercial en por lo menos $ 4,350,000.00 anualmente de la importación de bases y lubricantes.

XII. RECOMENDACIONES

A. Se recomienda, como parte de la campaña publicitaria del producto, incluir como objetivo, reducir la cantidad de aceite lubricante usado que se desecha virtiéndolo en el ambiente, por la industria del transporte en Guatemala.

B. Al Ministerio de Energía, Minas e Hidrocarburos de Guatemala se recomienda, apoyar económicamente proyectos que, como el presente, dispongan adecuadamente del lubricante usado.

C. La mencionada campaña deberá incluir recomendaciones para hacer mínimas la pérdida de lubricante en su manipulación y uso.

D. Evaluar con mayor profundidad diferentes métodos de reproceso de lubricante disponibles.

E. Comercializar el aceite lubricante para motor producido a partir de aceite lubricante usado.

F. Enfatizar en la promoción del mencionado proyecto,

entre las ventajas que conlleva, sus beneficios al medio ambiente y su efecto positivo en la balanza comercial del pais.

G. Otro importante argumento para promocionar el mencionado producto reprocesado es que usa materia prima nacional, lo que ayuda de alguna manera a la reducción del déficit del país.

XIII. BIBLIOGRAFIA

1. Aragón, J. M. et al. Birrefino de Aceites Lubricantes Usados. Ingeniería Química. 1989.

2. Asseff, PA. Análisis de Aceite Usado = Su Significado. Grupo Técnico de Traducción. de ESSO Inter-América, trad. USA: Exxon Company, Doc. Tec. 1975.

3. Berry, R. I. Oil Re-refining route is Set or two Plants. Chemical Engineering. October, 1981.

4. Buffa E. S. y Dyer J. S. Ciencia de la administración e investigación de operaciones. México D. F. Editorial Limusa. 1983.

5. Datos Sobre la Industria. Perfiles Industriales. Centro Regional de Ayuda Técnica. dministración de Cooperación Internacional ICA. 1960.

6. Delgado, Juan y Franco López de Miguel. Revista Española de Química. España. Edit. ION. Julio, 1977.

7. García Villavicencio, Jaime. Planeamiento de la Lubricación en Máquinas de Producción. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala. 1986.

8. García V., Juan Antonio. Evaluación del Proceso de Reciclaje de Aceites Lubricantes Usados Mediante el Análisis de las Propiedades Fisicoquímicas de los Aceites Reciclados. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Noviembre 1992.

9. Guatemala. Direccion General de Hidrocarburos. Lista de Hidrocarburos que Contiene sus Respectivas denominaciones, Característica y Especificaciones Mínimas de Calidad. Acuerdo No 180-85. Ministerio de Energía y Minas. Guatemala. 1985.

10. How to Start Manufacturing Industries. Tecnological and Investment Perspectives. United Nations Industrial Development Organization. 1981.

11. Kirk R. y O. Other. Enciclopedia de Tecnología Química. México. Edit. UTHEA. 1962.

12. Pretroleum Products Dept. Lubricating Oil and Grase Digest. Texaco. Inc. New Jersey, USA. Abril, 1980.

13. Manriques Olmos, Leonardo. Curso de Refinación. Instituto Mejicano del Petróleo. Méjico D. F. Octubre, 1989

14. Pinto Carreiro, Renal. Curso de Infomación sobre Lubricantes y Lubricación. Instituto Brasileño del Petróleo. Brasil. 1975.

15. Pulido San Román A. Estadística y Técnica de Investigación Social. Madrid. Ediciones Pirámide S.A. 1981.

16. Union Oil. Guía de Productos y Aplicaciónes de Aceites Lubricantes. Union Oil Company. California. 1973.

17. Willey John y Sons. Modern Petroleum Tecnology. Inglaterra. Edicion 4. Editorial Adhard y Son Ltd. 1973

18. Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF). Lubricantes y Lubricación. Buenos Aires: Departamento de Servició Técnico, Doc. Tec. 1984.

Anexo A

Tabla A.1

Influencia del aceite base
en las propiedades del lubricante

Naturaleza o Propiedad	Aceite A Webster-USA	Aceite B ARANCO-Oriente Medio
% Base parafínica	50	65.8
% Base nafténica	35.8	27.9
% Base aromática	14.2	6.3
Densidad (20° C)	0.915	0.882
Viscosidad (CSK)		
50 °C	75.6	47.1
98.9 °C	10.99	9.54
Indice de viscosidad (Jean Davis)	34	97
Azufre (%)	0.24	0.83

Anexo B

Características de bases
para su uso
en la industria de lubricantes

Tabla B.1

Características de base lubricante
SNO5 (nombre comercial)

	# Norma ASTM	Min.	Max.	Esperado
Gravedad Específica	D1298			0.860
Gravedad API	D0287			33.1
Punto de Combustion (°F COC)	D0092	204		
Viscosidad				
SUS a 100 °F	D2161			107
SUS a 210 °F	D2161			40
cSt a 100 °C	D0445	3.9	4.4	
cSt a 40 °C	D0445			20.3
Indice de Viscosidad	D2270	95		
Color ASTM	D1500		1.0	
Punto de Fluidez °C	D0097		-9	
Cenizas (% peso)	D0482	0.01		
No. de Acido Total (mg KOH/g)	ST0047A		0.05	

Tabla B.2

Características de base lubricante
SNO 500 (nombre comercial)

	# Norma ASTM	Min.	Max.	Esperado
Gravedad Específica	D1298			0.879
Gravedad API	D0287			29.5
Punto de Combustion (°F COC)	D0092	226		
Viscosidad				
SUS a 100 °F	D2161			530
SUS a 210 °F	D2161			65
cSt a 100 °C	D0445	10.7	11.8	
cSt a 40 °C	D0445			101.4
Indice de Viscosidad	D2270	95		
Color ASTM	D1500		3.0	
Punto de Fluidez °C	D0097		-9	
Cenizas (% peso)	D0482	0.01		
No. de Acido Total (mg KOH/g)	ST0047A		0.05	

Tabla B.3

Características de base lubricante
Bright Stock 150 (nombre comercial)

	# Norma ASTM	Nombre Comercial: Bright Stock 150 Min.	Max.	Esperado
Gravedad Específica	D1298			0.896
Gravedad API	D0287			26.5
Punto de Combustion (°F COC)	D0092	260		
Viscosidad				
SUS a 100 °F	D2161			2656
SUS a 210 °F	D2161			157
cSt a 100 °C	D0445	30.5	33.5	
cSt a 40 °C	D0445			495
Indice de Viscosidad	D2270	95		
Color ASTM	D1500		6.5	
Punto de Fluidez °C	D0097		-9	
Cenizas (% peso)	D0482	0.01		
No. de Acido Total (mg KOH/g)	ST0047A		0.05	

Anexo C

Características de aceites lubricantes
actualmente en el mercado

Tabla C.1

Aceite lubricante:
Ursa Super Plus SAE (nombre comercial)

	15W-40	40
Apariencia	Ambar	Ambar oscuro
Gravedad, API	28.2	25.5
Punto de combustion COC, F	450	485
Punto de Fluidez, F	-20	-5
Viscosidad cSt a 40 C	112	211
cSt a 100 C	14.8	18.1
SUS a 100 F	577	1116
SUS a 210 F	78.7	92.9
Indice de viscosidad	136	94
Cenizas (Sulfatadas)		
% max.	1.0	1.0
TBN (ASTM D-2896)	7	7

Tabla C.2

Aceite lubricante
Ursa Estra Duty SAE (nombre comercial)

	10W	40
Apariencia	Pálida	Palida oscura
Gravedad, API	29.4	26.4
Punto de combustion COC, F	445	510
Punto de Fluidez, F	-20	0
Viscosidad cSt a 40 C	37.6	152
cSta 100 C	6.2	14.5
SUS a 100 F	193	798
SUS a 210 F	47	78
Indice de viscosidad	112	93
Cenizas (Sulfatadas) % max.	0.60	0.60

Anexo D

Tabla D.1

Clasificación "SAE"
para la viscosidad de los aceites lubricantes

Grados de viscosidad SAE	Viscosidad (cP) a temperatura (°C) máxima	Temperatura límite de bombeo (°C) máxima	Viscosidad (cP) a 100 °C mínima	máxima
0W	3250 a -30	-35	3.8	--
5W	3500 a -25	-30	3.8	--
10W	3500 a -20	-25	4.1	--
15W	3500 a -15	-20	5.6	--
20W	4500 a -10	-15	5.6	--
25W	6000 a -05	-10	9.3	--
20	--	--	5.6	< 9.3
30	--	--	6.3	< 12.5
40	--	--	12.5	< 16.3
50	--	--	16.3	< 21.9

Anexo E

Clasificación API para aceites lubricantes

Tabla E.1

Clasificación API
para aceites lubricantes de la serie "S"

Tipo de Servicio	Descripción
SA	Es un aceite mineral puro para lubricacion en general. Esta clasificación no posee especificaciones de desempeño ya que no tiene ningún aditivo. El tipo de aceites lubricantes neutros no son apropiados para los automóviles actuales.
SB	Contienen una pequeña cantidad de aditivos, con el fin de proporcionar resistencia a la oxidación y reforzar la propiedad antidesgaste. Este tipo de aceite ya no es recomendado.
SC	Este fue el nivel de desempeño requerido en el período de 1964 a 1967. Suministran un control de depósitos a altas y bajas temperaturas, además del control de desgaste,

Tabla E.1 (continuación)

Tipo de Servicio	Descripción
	herrumbre y corrosión en los motores de gasolina.
SD	Atiende los requisitos de lubricación de los motores de automóviles de 1968 a 1970 y de ciertos modelos del 1971. Estos aceites proporcionan mayor protección contra depósitos a altas y bajas temperaturas, contra desgaste, herrumbre y corrosión en motores.
SE	Estos aceites se formulan para motores a gasolina de automóviles o para algunos tipos de camiones a partir de 1972. Suministran una protección mayor en cuanto a la oxidación del aceite, depósitos del motor resultantes de las operaciones a altas temperaturas, herrumbre y corrosión.

Tabla E.1

Clasificación API
para aceites lubricantes de serie "C"

Tipo de Servicio	Descripción
CA	Es un tipo de aceite adecuado para motores Diesel que operan en condiciones livieanas o moderadas o con combustibles de alta calidad. Proporcionan protección contra la corrosion de los cojinetes y contra los depósitos provenientes de operaciones a altas temperaturas.
CB	Es utilizado en motores Diesel, operando en servicios livianos o moderados, pero con combustibles de calidad inferior. Suministran la necesaria protección contra la corrosión de los cojinetes y la formación de depósitos originados de operaciones a altas temperaturas. Estos aceites no se recomiendan hoy en día.
CC	Estos aceites son necesarios en motores Diesel turbocargados, operando en condiciones moderadas y severas. Proporcionan protección contra los depósitos provenientes de operacioes a altas temperaturas y contra la herrumbre y corrosión. Estos aceites fueron introducidos en 1961 y son utilizados en camiones, en equipos industriales, en equipos de construccion y entractores rurales.
CD	Para uso en motores Diesel turbocargados. Proporcionan protección contra desgaste de cojinetes y formación de depósitos provenientes de altas temperaturas, en motores que utilizan combustibles de diversas condiciones y calidades.

Anexo F

Tabla F.1

Resultado de análisis
de 30 aceites lubricantes usados

(Muestras de 30 tipos de aceite en 20 estados de Estados Unidos de Norteamérica.)

Especificación	Resultado
Indice de viscosidad	124 - 163
Agua	0.6 - 13.3 %
Combustible	1.2 - 6.5 %
Residuos	2.2 - 4.2 %
Azufre	0.35 - 0.46 %
Otros (Anticongelante, metales)	1.2 %
Base de lubricante potencial	75 - 80 %

Anexo G

Encuesta

ENCUESTA

1. ¿Que tipo o tipos de aceite usa usted? Escriba el nombre comercial.

   _____ _____

2. ¿Que cantidad de aceite usa al mes?

   _____ (Favor especificar medida, galones, litros, cubetas, toneles, etc.)

3. ¿Estaría dispuesto a probar un lubricante con características similares a las de los demás productos del mercado y con un precio más bajo?

   SI [ ] NO [ ] PROBABLEMENTE SI [ ]

4. Si el lubricante que le ofreciera contiene aceite reprocesado y tuviera las características, de buena calidad y precio bajo, que le mencioné anteriormente ¿usted lo probaría?

   SI [ ] NO [ ] PROBABLEMENTE SI [ ]

5. ¿Que porcentaje mínimo de ahorro, sobre el precio promedio del mercado, le parecería atractivo para probar el mencionado producto en sus vehículos? Tome en cuenta que el ahorro se podría incrementar, al vendernos usted su aceite usado, que es nuestra materia prima.

   5% [ ] 10% [ ] 15% [ ] 20% [ ] 25% [ ]

COMENTARIOS:

_____

_____

_____

_____

_____

MUY AGRADECIDO POR SU COOPERACION!

Anexo G

Carta adjunta a Encuesta

Guatemala, 19 de marzo de 1993

Señor Transportista:

Por medio de la presente le saludo y le solicito su valiosa ayuda. Permítame presentarme: mi nombre es Carlos Tott y estoy haciendo el trabajo de tesis para terminar la carrera de ingeniería química en la Universidad del Valle. El trabajo tiene como título "Disposición de Aceite Lubricante Usado" y estoy investigando la posibilidad de construir una planta reprocesadora de aceite lubricante. Una empresa, de reconocido prestigio, está interesada en el proyecto y quiere evaluar mi trabajo una vez terminado.

El lubricante que se ofrecerá tendrá características similares a las del resto de aceites disponibles actualmente en el mercado, como el que usa usted en sus vehículos. Por medio de métodos modernos, del aceite usado se extrae la porción que queda intacta y se le agregan los aditivos necesarios para ofrecer un producto competitivo. La empresa interesada en el proyecto está dispuesta a ofrecer un producto de alta calidad, pues no arriesgará el prestigio de su marca ofreciendo productos malos, pero a un precio comercialmente atractivo.

Para lograr mi objetivo, necesito contar con alguna información sobre el uso del aceite en la acualidad. Por esta razón mucho le agradecería responder a las preguntas que aparecen en la encuesta anexa.

Atentamente,

Carlos Tott

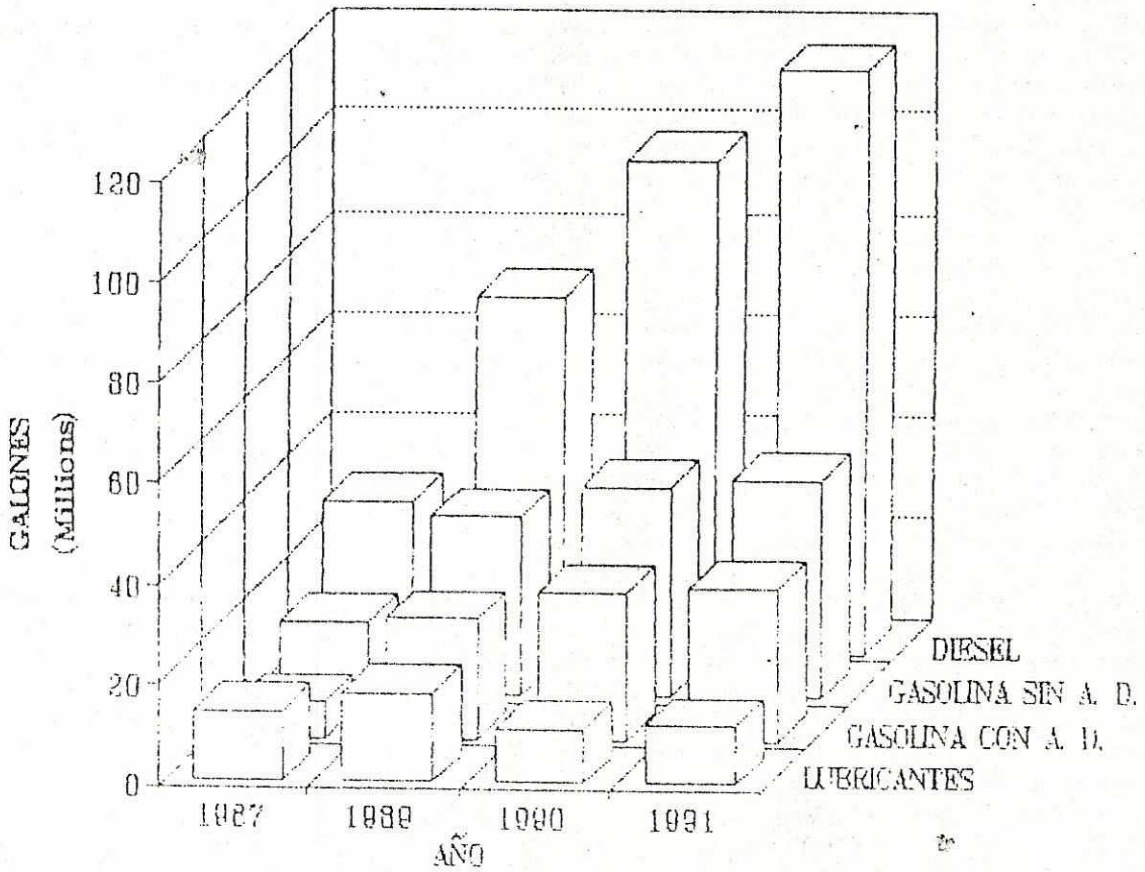
Visto Bueno

Ingº Eduardo Calderón
Director de Carrera
Ing. Química
Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Instituto de Ingeniería Química

Anexo J

Importaciones de
lubricantes y productos complementarios



Anexo I

Resultado de encuesta

Tabla I.1

Pregunta 3

¿Estaría dispuesto a probar un lubricante con características similares a las de los demás productos del mercado y con un precio más bajo?

Respuesta	Galones	%	No. Encuestados	%
Si	3,996	17.22	27	27.27
No	16,353	70.46	31	31.31
Posiblemente si	2,859	12.32	41	41.41
Total	23,208		99	

Tabla I.2

Pregunta 4

Si el lubricante que le ofreciera contiene aceite reprocesado y tuviera las características, de buena calidad y precio bajo, que le mencione anteriormente ¿Usted lo probaría?

Respuesta	Galones	%	No. Encuestados	%
Si	783	3.43	10	9.90
No	19,193	84.00	50	49.50
Posiblemente si	2,873	12.57	41	41.59
Total	22,849		99	

Tabla I.3

Pregunta 6

¿Que cantidad de lubricante usado recupera usted de sus vehículos?

Cantidad recuperada por la totalidad de los encuestados:
16,215 galones

Tabla I.4

¿Que hace con el aceite usado?

Respuesta	Galones	%
Lo tira	7,832	48.30
Lo vende	7,780	47.98
Otro	603	3.72

Tabla I.5

Interpretación
de los resultados de la encuesta

	Porcentaje del mercado	Galones de lubricante
Mercado total de lubricantes	100.00	6,600,000
Cantidad usada en la industria	55.00	3,630,000
Cantidad de lubricante recolectado por transportistas (Pregunta: 6)	69.87	2,540,400
Cantidad de lubricante recolectado dispuesto en el ambiente (Pregunta: 7, Respuesta: a) Lo vende)	48.30	1,230,000
Cantidad de lubricante a recolectar esperada (Estimado del aceite recolectado que se vende)	25.00	300,000
Disposición a probar aceite lubricante reprocesado (Pregunta: 4, Respuesta: SI)		
Proporcional al consumo individual	3.43	120,000
Proporcional a la cantidad de encuestados	9.90	360,000

Tabla I.5 (continuación)

Interpretación
de los resultados de la encuesta

	Porcentaje del mercado	Galones de lubricante
Posible disposición a probar aceite lubricante reprocesado (Pregunta: 4, Respuesta: SI)		
Proporcional al consumo individual	12.57	460,000
Proporcional a la cantidad de encuestados	40.59	1,470,000

Anexo K

Precios
de aceites lubricantes al consumidor

Nombre comercial	Precio (Q/gal) Gal	Cubeta	Tonel
Shell			
GMO 40 ND	26.65	21.00	18.36
Rotela X 40 API SF/CC	28.50	27.20	27.09
Rimula X 40 API SG/CF	32.00	28.00	27.55
Texaco			
Motex 40 ND	-----	21.00	18.18
Ursa Extra Duty SF/CC	29.00	27.20	26.36
Ursa Super Plus SG/CD	32.00	28.00	27.45
Chevron			
Zerolene MO SAE 40	-----	24.00	21.82
Delo 400 SEA 40 SG/CD	36.50	31.00	28.73
Esso			
Densoil	-----	-----	15.45
D-3 40 SF/CD	-----	27.20	26.73
Special HDX 40 SG/CD	32.00	27.80	27.36
XD3 40SG/CD II	33.00	28.00	27.31

Anexo I

Tabla L.1

Normas del Ministerio de Energía y Minas para Aceites Lubricantes Usados

Análisis	Norma M.E.M.
Punto de Encendido (°C)	200 min
Punto de fluidez (-°C)	3 max
Viscosidad Cinemática a 100 °C (cSt)	10.7 min
Número de Acido Total (mg KOH/g)	0.05 max
Indice de Viscosidad	95 min

Anexo M

Determinación de la localización óptima
por medio del método del centro de gravedad

Depto.	Coordenadas X	Coordenadas Y	No de vehículos		Pesos X	Pesos Y	Total
1	7.50	4.50	25,729	2	385,935	231,561	51,458
2	9.60	5.90	521	1	5,002	3,074	521
3	6.60	4.50	1,161	1	7,663	5,225	1,161
4	6.20	5.00	1,623	1	10,063	8,115	1,623
5	6.35	3.30	2,807	3	53,473	27,789	8,421
6	8.50	3.20	1,157	1	9,835	3,702	1,157
7	4.40	5.50	463	1	2,037	2,547	463
8	3.70	6.20	623	1	2,305	3,863	623
9	3.00	5.80	2,608	1	7,824	15,126	2,608
10	3.10	4.40	2,026	1	6,281	8,914	2,026
11	2.30	4.50	1,034	1	2,378	4,653	1,034
12	1.70	6.40	1,242	1	2,111	7,949	1,242
13	3.20	8.10	937	1	2,998	7,590	937
14	4.70	6.70	746	1	3,506	4,998	746
15	8.50	7.05	277	1	2,341	1,953	277
16	8.20	8.70	1,183	1	9,701	10,292	1,183
17	16.20	10.00	852	3	41,407	25,560	2,556
18	10.00	4.80	987	1	9,870	4,738	987
19	12.00	5.60	651	1	7,812	3,646	651

Anexo M (continuación)

Determinación de la localización óptima
por medio del método del centro de gravedad

Depto.	Coordenadas X	Y	No de vehículos		Pesos X	Y	Total
20	10.30	3.20	1,104	1	11,371	3,533	1,104
21	6.40	6.40	565	1	6,780	6,616	565
Total			48,296		590,692	388,443	81,343

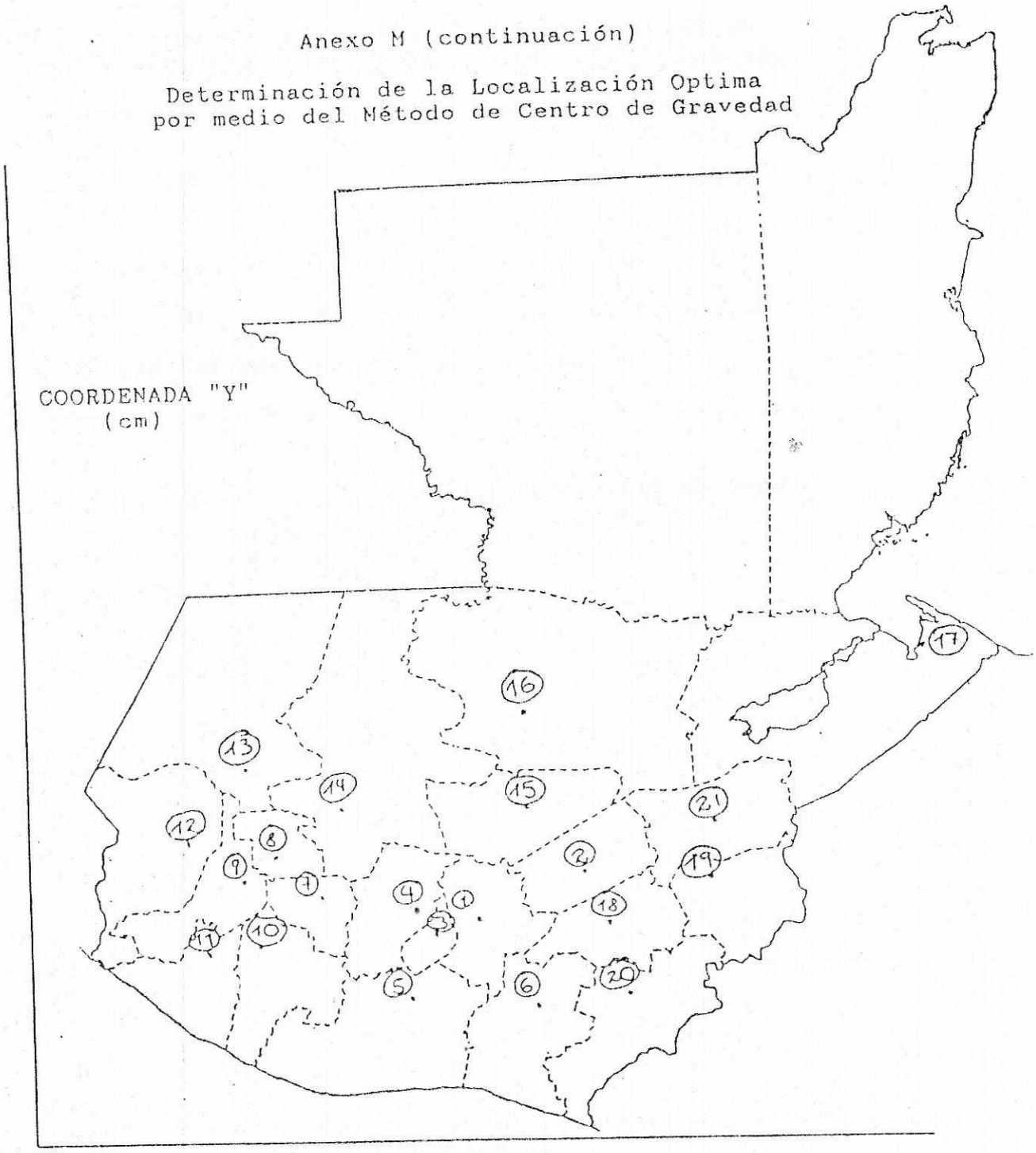
Punto de gravedad:

Coordenada X 7.26

Coordenada Y 4.78

Anexo M (continuación)

Determinación de la Localización Optima
por medio del Método de Centro de Gravedad



Anexo N

Tabla N.1

Distribución física
de la planta de reproceso y llenado

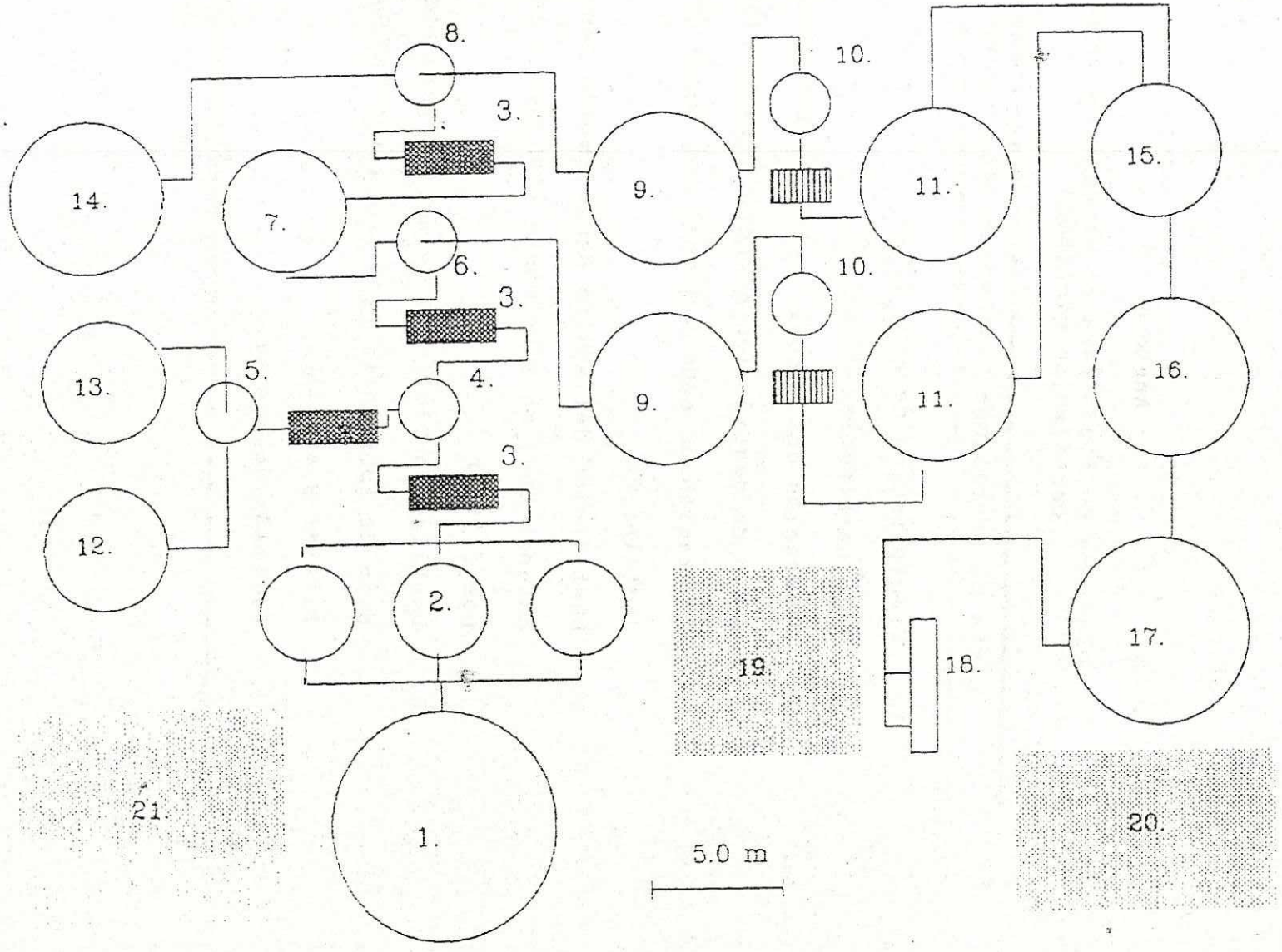
Lista de unidades de equipo de reproceso
1. Tanque de almacenamiento de aceite usado
2. Tanques de precipitación de fondo coniforme
3. Intercambiadores de calor
4. Unidad de destilación instantanea a presión atmosférica
5. Unidad separadora de agua y diesel
6. Columna de destilación al vacío
7. Tanque de almacenamiento de producto en proceso
8. Columna de destilación ciclónica
9. Tanque de almacenamiento de producto por filtrar
10. Filtros
11. Tanques de producto filtrado
12. Tanque de almacenamiento de diesel
14. Tanque de almacenamiento de agua
15. Tanque de premezcla

Tabla N.1 (continuación)

Lista de unidades de equipo de reproceso
16. Tanque de mezcla
17. Tanque de almacenamiento de producto por envasar
18. Línea de llenado
19. Area de almacenamiento de material de empaque
20. Area de almacenamiento de producto terminado
21. Area de descarga de aceite usado

Anexo N

DISTRIBUCION FISICA DE LA PLANTA DE REPROCESO Y LLENADO



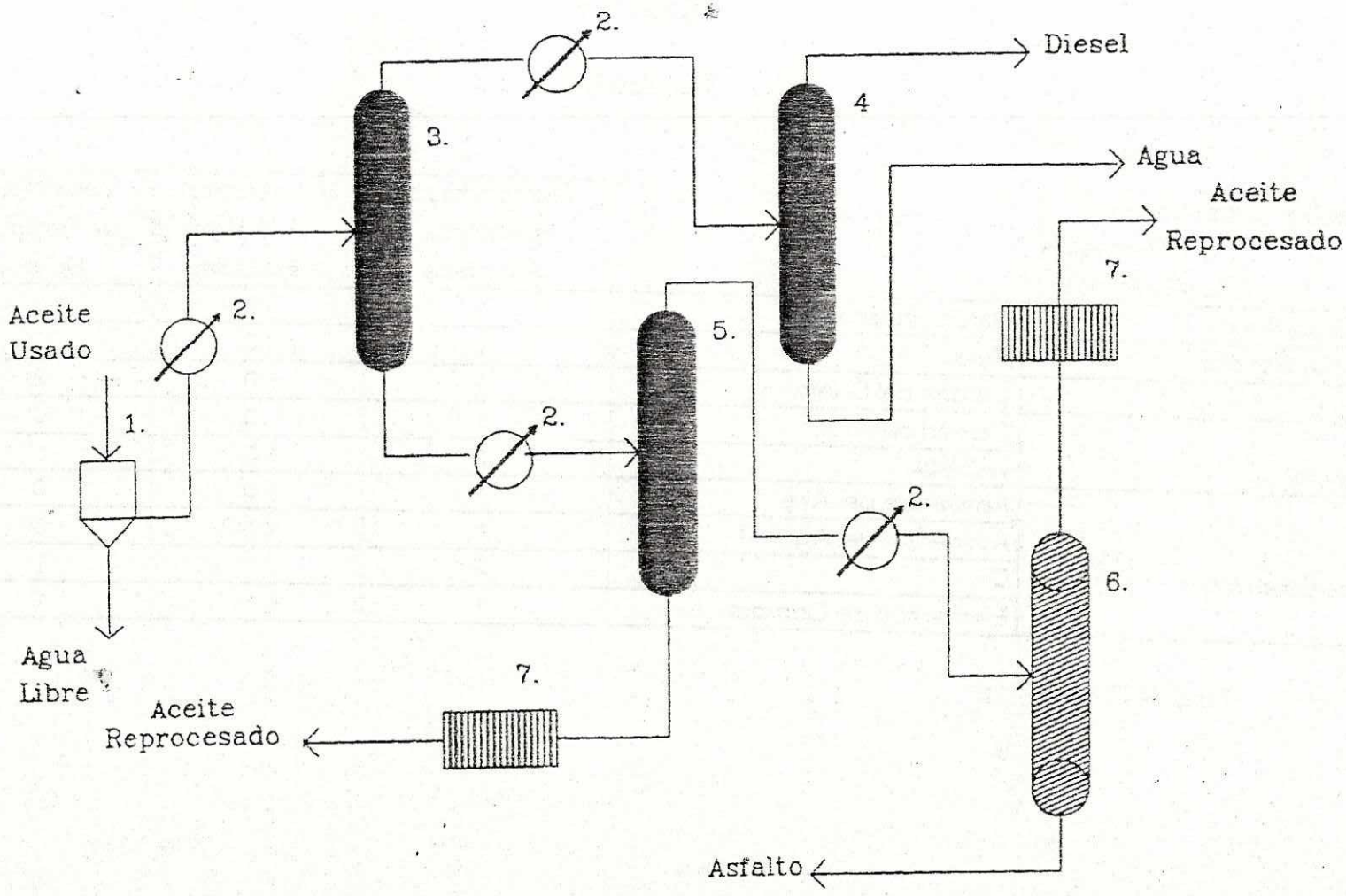
Anexo O

Diagrama de flujo para el proceso escogido:
Destilación ciclónica

Lista de operaciones unitarias del proceso
1. Precipitación de agua libre
2. Intercambiadores de calor
3. Separación del diesel y el agua del aceite por medio de destilación a presión atmosférica
4. Separación de agua y diesel por medio de destilación
5. Destilación del aceite deshidratado para obtener base de lubricante (100 Ssu a 100 °F) por filtrar
6. Destilación ciclónica de aceite para obtener base de lubricante (220 Ssu a 100 °F) por filtrar y asfalto.
7. Filtrado de aceite.

Anexo O

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESTILACION CICLONICA



Anexo P

Evaluacion del Impacto Ambiental
de los Metodos de Reproceso de Lubricante Usado

Tabla P.1

Proceso Relub

Calificacion: 0 Inocuo/nulo
1 Leve/Permisible
2 Alta/Peligrosa

		Contaminacion Ambiental Permitida	Generacion de Aguas Residuales	Generacion de Residuos Solidos
Agua Superficial	Caract. del Drenaje	1	1	0
Ambiente Sonoro	Ruido	0	0	0
Suelo	Calidad del Suelo	1	0	2
Atmosfera	Calidad del Aire	1	0	0
	Visibilidad	2	0	1
Efectos Esteticos	Apariencia del Aire	1	0	0
	Apariencia del Agua	1	1	0
	Olor	2	1	1
	Elementos de Composicion	1	1	1

Total de Puntos: 19

Anexo P (continuacion)

Evaluacion del Impacto Ambiental
de los Metodos de Reproceso de Lubricante Usado

Tabla P.2

Proceso Lorex

Calificacion: 0 Inocuo/nulo
1 Leve/Permisible
2 Alta/Peligrosa

		Contaminacion Ambiental Permitida	Generacion de Aguas Residuales	Generacion de Residuos Solidos
Agua Superficial	Caract. del Drenaje	1	1	0
Ambiente Sonoro	Ruido	0	0	0
Suelo	Calidad del Suelo	1	0	1
Atmosfera	Calidad del Aire	1	0	0
	Visibilidad	2	0	1
Efectos Esteticos	Apariencia del Aire	1	0	0
	Apariencia del Agua	1	1	0
	Olor	2	1	1
	Elementos de Composicion	1	1	1

Total de Puntos: 18

Anexo P (continuacion)

Evaluacion del Impacto Ambiental
de los Metodos de Reproceso de Lubricante Usado

Tabla P.3

Proceso de Destilacion Ciclonica

Calificacion: 0 Inocuo/nulo
1 Leve/Permisible
2 Alta/Peligrosa

		Contaminacion Ambiental Permitida	Generacion de Aguas Residuales	Generacion de Residuos Solidos
Agua Superficial	Caract. del Drenaje	1	1	0
Ambiente Sonoro	Ruido	0	0	0
Suelo	Calidad del Suelo	1	0	0
Atmosfera	Calidad del Aire	1	0	0
	Visibilidad	2	0	0
Efectos Esteticos	Apariencia del Aire	1	0	0
	Apariencia del Agua	1	1	0
	Olor	2	1	0
	Elementos de Composicion	1	1	0

Total de Puntos: 14

Anexo Q

Esquema de la Fabricación, Uso, Eliminación, y Recuperación de Aceites Lubricantes