

**Universidad Tecnológica Nacional**  
Facultad Regional Tucumán  
Escuela de Posgrado

Maestría en Ingeniería Ambiental

**SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN  
AMBIENTAL PARA ACEITES LUBRICANTES  
USADOS**

**Ing. Julio Marcelo del Valle Córdoba**

Trabajo de Tesis para optar al Grado Académico Superior de  
Magíster en Ingeniería Ambiental

Director: Mg. Ing. Oscar Julio Graieb  
Co-Director: Mg. Ing. Patricia Albarracín

**San Miguel de Tucumán**

**20-05-2019**

## **Resumen**

Se realizó un estudio técnico económico sobre la factibilidad y viabilidad de instalación de una planta de regeneración de aceites lubricantes usados en el marco de una propuesta de un Plan de Gestión Nacional.

En la actualidad estos desechos son tratados en procesos que no son los más adecuados para evitar la contaminación del ambiente. Se realizó una revisión de tecnologías de recuperación disponibles y se seleccionó el método más adecuado que permitiría obtener un aceite mineral base de buena calidad similar al del primer refino, partiendo de productos usados, y sin la producción de agentes tóxicos o nocivos hacia el ecosistema.

El vertido sin control daña el suelo (flora, fauna), el agua y el aire a través de la combustión no controlada causando, además, perjuicios a la salud humana

Está demostrado que los aceites usados son productos renovables que pueden ser reciclados y reutilizados con la calidad original. Se propone su recuperación con un producto de calidad homologados y competitivos a la materia prima original (petróleo) produciendo un mejoramiento económico del país al reducir importaciones pues se dispondrá aceite recuperado de alta calidad compatible a las materias primas originales.

El diseño e implantación de un plan de manejo racional aportará una solución para estandarizar los métodos de recolección, transporte y recuperación de aceites usados en nuestro país.

**Palabras claves:** Sistema, Gestión, Aceite Usado, factibilidad, viabilidad, planta regeneración, contaminación ambiental, recolección, transporte recuperación aceites usados, protección medio ambiente, sustentabilidad ambiental

## Indice

Prólogo .....	iv
Lista de tablas.....	vi
Lista de figuras/gráficos.....	vii
Capítulo 1 .....	1
El aceite lubricante.....	2
Teoría de la lubricación.....	2
Funciones .....	4
Materia prima .....	4
Aceites minerales .....	5
Aceites sintéticos.....	5
Aditivos .....	6
El aceite usado objeto de este trabajo de Tesis .....	6
Contaminación .....	8
Demanda mundial del lubricante .....	11
Prácticas en el manejo de aceite usado a nivel mundial .....	13
Jerarquía de reúso.....	16
Capítulo 2 .....	17
Aspectos generales .....	18
Aspectos tecnológicos.....	19
Aspectos jurídicos .....	20
Aspectos de capacitación .....	20
Aspectos de participación social .....	21
Instrumentos económicos.....	21
Tabla síntesis y recomendaciones .....	23
La gestión del aceite usado en Europa.....	25
Tasas de recogida .....	26
Regeneración vs. Valorización energética.....	26
Establecimiento de objetivos .....	27
Capítulo 3 .....	32
Plan maestro de gestión integral del aceite usado.....	34
La tecnología de la regeneración .....	42
Los procesos de regeneración por extracción con propano .....	49
Flujo de caja para la instalación de una planta de aceite usado .....	56
Consumo de aceite lubricante .....	56
Costo por transporte.....	63
Costo por importación de aditivos y base de lubricante .....	67
Precios de venta al público.....	69
Interpretación del flujo de caja del proyecto.....	76

Conclusiones .....	78
Bibliografía .....	166
Anexos.....	80
Anexo 1: Descripción de las características del aceite .....	81
Viscosidad .....	82
Limpieza.....	83
Contaminación .....	84
Degradación .....	85
Pruebas de diagnóstico.....	88
Las grasas lubricantes .....	89
Estructura de las grasas lubricantes .....	90
El cambio de aceite .....	90
Composición de los aceites usados y principales fuentes.....	91
Peligros.....	92
Anexo 2: Programas mundiales del Aceite Usado.....	94
Observaciones sobre los programas mundiales del Aceite Usado.....	95
Anexo 3: Comparativa de reciclados entre Argentina y Brasil .....	117
Aspectos generales .....	117
Aspectos tecnológicos.....	121
Aspectos jurídicos .....	132
Aspectos de capacitación .....	138
Aspectos de participación social .....	149
Instrumentos económicos.....	150
Anexo 4: Algunas consideraciones sobre el aceite usado.....	153
Proceso convencional ácido-arcilla.....	156
Proceso Meinken.....	157
Proceso selecto propano ácido-arcilla.....	158
Proceso selecto propano-hidroterminado.....	159
Proceso KTI (Kinetics Technology International).....	159
Proceso BERC (Bartlesville Energy Research Center). .....	160
Proceso Prop.....	161
Extracción Por Solvente.....	162
Proceso Interline-Sener .....	164

## **Prólogo**

En el presente trabajo se realizó un estudio técnico económico sobre la factibilidad y viabilidad de instalación de una planta de regeneración de aceites lubricantes usados en el marco de una propuesta de un Plan de Gestión Nacional. En la actualidad estos desechos son tratados en procesos que no son los más adecuados para evitar la contaminación del ambiente. Se realizó una revisión de tecnologías de recuperación disponibles y se seleccionó el método más adecuado que permitiría obtener un aceite mineral base de buena calidad similar al del primer refino, partiendo de productos usados, y sin la producción de agentes tóxicos o nocivos hacia el ecosistema.

El problema del diseño correcto de un plan de gestión de aceites usados está condicionado por la gran dispersión de productores y por el elevado volumen generado. En virtud que los aceites usados son residuos valiosos debido a su elevado poder calorífico, es común su tráfico como combustible, dificultando la gestión controlada y regulada de los mismos.

El vertido al suelo daña el humus vegetal, la fertilidad del suelo y la calidad de la capa freática, por su alta capacidad de infiltración. En el agua crean una película que impide la oxigenación además de convertirla en no potable. Por otra parte, a través de la combustión no controlada pueden provocar emisiones a la atmósfera de metales pesados y otros compuestos, especialmente los derivados del cloro, causando perjuicios a la salud humana, a la flora y a la fauna

Está demostrado que los aceites lubricantes usados son productos renovables que pueden ser reciclados y reutilizados con la calidad original. Se propone la recuperación de los mismos lo que implica consecuentemente elaborar productos de calidad homologados, competitivos y complementarios a las materias primas genuinas (petróleo)

El diseño e implantación de un plan de manejo racional aportará una solución para estandarizar los métodos de recolección, transporte y recuperación de aceites lubricantes en nuestro país. Esto se sustenta en la premisa de la necesidad de establecer medidas para que los aceites que se generen, puedan ser gestionados de tal manera que garanticen un mayor grado de protección al medio ambiente y de la salud de las personas.

La concreción real del proyecto sin duda alguna producirá un aporte al mejoramiento económico del país al reducir importaciones pues se podrá disponer de aceite recuperado y re-refinado de alta calidad compatible a las materias primas originales. Contar con un plan de gestión pondría en práctica acciones concretas de sustentabilidad ambiental al disminuir un aporte sustancial de sustancias degradantes en la biosfera.

## Tabla de contenidos

### Lista de tablas

Tabla 1-1. Jerarquía de conservación de recursos.....	12
Tabla 1-2. Demanda de lubricante total por región.....	13
Tabla 1-3. Tipo y demanda de aceite lubricante en Estados Unidos .....	13
Tabla 1-4. Programa de gestión del aceite usado en países seleccionados .....	15
Tabla 2-1. Volúmenes de aceites (vírgenes y usados) en millones de litros/año.....	18
Tabla 2-2. Población, flota, vehículos por habitante y PIB .....	19
Tabla 2-3. Litros de aceite, participación de los usos y flota de vehículos.....	19
Tabla 2-4. Indicativos porcentuales de la destino de aceites usados.....	19
Tabla 2-5. Aspectos Jurídicos – Situación de aceites usados .....	20
Tabla 2-6. Aceites Lubricantes -Capacitación y participación social .....	21
Tabla 2-7. Aceites lubricantes e instrumentos económicos .....	22
Tabla 2-8. Síntesis de replicabilidad y recomendaciones .....	25
Tabla 2-9. La gestión del aceite usado en países de Europa .....	31
Tabla 3-1. Tecnología que emplean cada proceso de recuperación.....	46
Tabla 3-2. Ventajas y desventajas de cada proceso. ....	48
Tabla 3-3. Matriz de decisiones del proceso de reciclado. ....	48
Tabla 3-4. Características de los aceites bases obtenidos .....	53
Tabla 3-5. Datos de la planta de Ecolube.....	55
Tabla 3-6. Consumo de lubricantes y grasas por provincia en Ton .....	57
Tabla 3-7. Porcentaje del consumo de aceites lubricantes y grasas por provincia ....	59
Tabla 3-8. Porcentaje del consumo de aceites lubricantes y grasas por región .....	60
Tabla 3-9. Refinerías y los subproductos obtenidos (m3) correspondiente .....	62
Tabla 3-10. Tarifa para el transporte de sustancias liquidas peligrosas a granel .....	63
Tabla 3-11. Costo transporte del usado por provincia a planta de procesamiento....	64
Tabla 3-12. Cantidad de planta de almacenamiento por provincia.....	67
Tabla 3-13. Costo y vol. de aceites, bases y aditivos (importación/exportación).....	68
Tabla 3-14. Promedio exportación/importación de aditivos, bases y lubricantes.....	69
Tabla 3-15. Mercado de lubricantes en Argentina. Participación por empresa .....	70
Tabla 3-16. Precio promedio del aceite lubricante en Argentina.....	71
Tabla 3-17. Variación anual del dólar y del euro respecto al peso argentino .....	72
Tabla 3-18. Cantidad de los derivados del petróleo obtenidos de un barril.....	73
Tabla 3-19. Volumen de subproductos de principales refinerías argentinas .....	74
Tabla 3-20. Principales importadoras de lubricantes (incluyen bases y grasas).....	74
Tabla 3-21-. Flujo de caja para Instalación de planta de reciclado de aceite usado ..	76
Tabla A1-1. Efectos y causas del hollín.....	86
Tabla A1-2. Efectos y causas de la oxidación.....	87
Tabla A1-3. Efectos y causas de la nitración .....	87
Tabla A1-4. Efectos y causas de la sulfuración .....	87
Tabla A2-1. Disposición de Aceite Usado (datos de 1995).....	98
Tabla A2-2. Ahorro de energía del refinado versus quema del aceite usado.....	99
Tabla A2-3. Valor de mercado de los aceites base y derivados del petróleo.....	101
Tabla A2-4. Ventas de aceites de motor: Tendencias DIY vs DIFM .....	104
Tabla A2-5. Costo de inversión para una planta de refinado, en U\$S Millones.....	106
Tabla A2-6. Economía en la refinación, U\$D/galón.....	108
Tabla A3-1. Datos de producción nacional de aceites lubricantes (en m3).....	117
Tabla A3-2. Participación de firmas en mercado de aceites lubricantes.....	120

## Lista de figuras/gráficos

Fig.1-1. Contaminación del agua por aceite usado .....	10
Fig.1-2. Jerarquía de opciones de uso del aceite usado.....	16
Fig. 3-1. Generadores del Residuo: Industria.....	40
Fig. 3-2. Generadores del Residuo: Talleres .....	40
Fig. 3-3. Centros de Transferencia .....	41
Fig. 3-4. Plantas de Tratamiento Final. Planta de Regeneración .....	41
Fig. 3-5. Tratamiento Previo a su Valorización Energética .....	42
Fig. 3-6. Planta piloto Pre-tratamiento y extracción con propano .....	51
Fig. 3-7. Separación de aditivos en la extracción por propano en planta piloto .....	51
Fig. 3-8. Vista aérea de las instalaciones industriales de Ecolube .....	52
Fig. 3-9. Esquema del proceso Sener–Interline de extracción con propano .....	52
Fig. 3-10. Eliminación de metales en la extracción con propano. ....	53
Fig. 3-11. Economía de escala del proceso Interline-Sener (Inversión) .....	54
Fig. 3-12. Economía de escala del proceso Interline-Sener .....	55
Fig. 3-13. Vista general de planta sobre “Skids” .....	56
Fig. 3-14. Consumo de aceite lubricantes y grasas por provincia.....	58
Fig. 3-15. Porcentaje del consumo de aceites lubricantes y grasas por provincia .....	59
Fig. 3-16. Mapa de la República Argentina separada por regiones .....	61
Fig. 3-17. Ubicación geográfica de las principales refinerías (Buenos Aires).....	62
Fig. 3-18. Distribución población de la provincia de Buenos Aires. Censo 2016...	66
Fig. 3-19. Evolución mensual consumo lubricantes. ....	70
Fig. 3-20. Mercado del aceite lubricante en Argentina. ....	71
Fig. 3-21. Tipo de cambio del dólar y euro respecto al peso argentino por año .....	72
Fig. 3-22. Gráfico de la tasa de inflación anual. Año 2014 al 2018.....	72
Fig. 3-23. Formulación de lubricantes .....	73
Fig. A1-1. Viscosidad .....	82
Fig. A1-2. Parte interna del filtro .....	84
Fig. A1-3. Composición del aceite.....	91
Fig. A1-4. Contaminantes del aceite usado.....	92
Fig. A2.1. Relación precio del crudo y del aceite base (1997-2003) en USD/Tn...	107
Fig. A2-2. Esquema simplificado del sistema de re-refinado. ....	111
Fig. A2-3. Resumen de los resultados de evaluación del impacto. ....	113
Fig. A2-4. Resumen de los resultados de evaluación de impacto. ....	114
Fig. A2-5. Diferencias entre el promedio de re-refinación y combustión. ....	115
Fig. A5-1. Proceso de tratamiento con ácido-arcilla.....	157
Fig. A5-2. Diagrama de proceso Meinken .....	158
Fig. A5-3. Diagrama de proceso KTI (Kinetics Technology International) .....	160
Fig. A5-4. Diagrama de proceso BERC (Bartlesville Energy Research Center)....	160
Fig. A5-5. Diagrama de proceso Prop.....	161
Fig. A5-6. Diagrama del proceso Extracción por Solvente .....	163
Fig. A5-7. Diagrama del proceso Interline-Sener .....	165



# Capítulo 1

## El aceite lubricante

### Teoría de la lubricación<sup>1</sup>

La lubricación forma parte de una ciencia más amplia, denominada TRIBOLOGIA (del Griego “tribos”; fricción, “logos”; estudio). ***Todo lo que se mueve forma parte de un sistema tribológico;*** los sistemas mecánicos, las articulaciones de los animales o los estudios aerodinámicos sobre los distintos vehículos utilizados por el hombre para transportarse. ***Por lo tanto podemos decir que es la ciencia de los sistemas en movimiento.***

***Todo movimiento relativo entre dos superficies en contacto genera una resistencia a ese movimiento, denominada fuerza de fricción, causante de pérdidas de energía, como del desgaste de las mencionadas superficies entre otros efectos.*** El contacto puede darse entre sólidos o entre un sólido y un líquido, como entre sólidos y gases. ***La tribología incluye el estudio de esta fricción y desgaste,*** además de la lubricación o el diseño de sistemas mecánicos en movimiento, haciendo uso de la Química, la Física, las Ingenierías y la Fisiología entre otras disciplinas científicas.

***Distintos estudios han determinado que la aplicación de la tribología, en sus aspectos vinculados a la lubricación, puede tener una incidencia sumamente importante en el ahorro de energía. Se ha informado que en los Estados Unidos de América (USA) pueden obtenerse ahorros del orden de los 2000 millones de dólares al año y en Reinos Unidos (UK) de unos 1000 millones. Estos números incluyen, con la participación aproximada que se acompaña, los siguientes conceptos:***

- |                                |      |
|--------------------------------|------|
| • Disminución del desgaste     | 5 %  |
| • De mano de obra              | 2 %  |
| • De consumo lubricantes       | 2 %  |
| • De mantenimiento y repuestos | 45 % |
| • De roturas                   | 22 % |
| • De inversiones               | 4 %  |
| • De consumo combustibles      | 20 % |

---

<sup>1</sup> Alberto Cerutti, La Refinación del Petróleo TOMO III, Año 2002, pág. 5

Actualmente el campo de la investigación y desarrollo en Tribología es uno de los más prometedores para los profesionales. Encontrar mejores lubricantes es innovar en el diseño de los mecanismos; lograr aumentar las temperaturas de los cojinetes para aumentar la eficiencia del ciclo de Carnot; diseñar máquinas más pequeñas y livianas; **generalizar el uso del gas como lubricante de cojinetes**; incorporar la ecología a los programas de trabajo. Los indicados son algunos de los desafíos que esperan a los estudiosos.

Como ejemplo podemos decir que en un automóvil, del total de la energía aportada por el combustible, solo llega a las ruedas un (12%) doce por ciento, perdiéndose en procesos intermedios el resto. Esta pérdida puede ser mejorada y la herramienta para ello es la Tribología. La distribución del cien por cien de la energía aportada en un vehículo de paseo se puede considerar de la siguiente forma:

- Energía aportada 100 %
  - HP indicado 38 %
  - Refrigeración 29%
  - Escape 33%
- Hp indicado 38%
  - Bombeo de aire 6%
  - Fricciones del motor 7%
  - HP al freno 25%
- Hp al freno 25%
  - Accesorios(alternador., bombas, ventilador) 2.5 %
  - Transmisión, diferencial 3%
  - Frenados, cambios de marcha 7.5%
- A las ruedas 12%

*Se estima que del total de energía que llega a las ruedas la mitad se utiliza en vencer la resistencia aerodinámica del aire y la otra mitad en el rozamiento de los neumáticos.*

## Funciones

El aceite realiza varias funciones básicas para proporcionar una lubricación adecuada: mantiene el componente limpio, libre de herrumbre y corrosión, actúa como refrigerante / sellante y proporciona una película de aceite que reduce el contacto de metal con metal y, por lo tanto, la fricción y el desgaste. Las indicadas son sólo las funciones básicas del aceite. Los esfuerzos en una aplicación determinada *y las condiciones especiales en las que se utiliza el aceite son las que determinan, en gran parte, las otras funciones que debe cumplir el aceite lubricante.* Por esto, es sumamente importante la selección del aceite apropiado para el trabajo.

La selección del aceite lubricante apropiado se debe basar en los requisitos del motor según los especifica el fabricante, así como en la aplicación en la que se va a utilizar y la calidad del combustible disponible. Por ejemplo, los motores diésel funcionan normalmente a velocidades más bajas, pero a temperaturas más altas que los motores de gasolina, y estas condiciones fomentan la oxidación del aceite, la formación de depósitos y la corrosión del metal de los cojinetes. Para que en estas condiciones el aceite pueda ejercer sus cualidades de lubricación y protección, hay que considerar también los aditivos en el aceite, *pues las características finales de rendimiento dependen de la materia prima y de los aditivos que se utilizan.* La cantidad o tipo de aditivos varía según las propiedades de la materia prima y el ambiente en donde se utilizará el aceite.

## Materia prima

*La materia prima que conforma el aceite lubricante es de origen mineral (petróleo) o sintético, aunque se puede usar materia prima vegetal para aplicaciones especiales.* La materia prima proporciona los requisitos básicos de lubricación de un aceite. Sin embargo, *si no se refuerza el aceite de base se degradará y deteriorará con rapidez en algunas condiciones de operación.* Se utilizan distintos aditivos químicos según el tipo de materia prima, petróleo, sintéticos u otros para mejorar sus cualidades.

## **Aceites minerales**

Los aceites de petróleo, denominados aceites minerales, han sido usados por más de 100 años para cubrir necesidades de servicio en la mayoría de las aplicaciones de lubricación, dado su buen funcionamiento y facilidad de obtención en distintas variedades. No obstante otros líquidos pueden ser usados para aplicaciones específicas y actualmente se nota un avance importante de los lubricantes sintéticos en el automotor.

La materia prima mineral son productos refinados de aceites crudos de petróleo. La selección del aceite crudo y el proceso de refinamiento determinan las características de la materia prima. Las mezclas de aceite que se usan con mayor frecuencia son crudos parafínicos. Aunque estos crudos contienen demasiada cera, proporcionan materias primas con un alto índice de viscosidad. Se prefiere usar crudos nafténicos en algunas aplicaciones, porque estos proporcionan materias primas con medios y bajos índices de viscosidad, muy poca cera y puntos naturales bajos de fluidez. Predomina la materia prima mineral para la fabricación de aceites lubricantes por sus buenas cualidades disponibilidad y bajo costo.

## **Aceites sintéticos**

Los aceites sintéticos no representan una novedad, ya que si bien eran conocidos antes, su desarrollo en escala industrial se produce en la Segunda Guerra Mundial. La falta de petróleo de Japón y Alemania fue la incentivación para el desarrollo nombrado. Durante muchos años la ecuación económica no favoreció a los aceites sintéticos, como tampoco la tecnología sobrepasaba la mayoría de las prestaciones de los minerales. Los aceites naturales pueden ser vegetales o animales, formados en su mayoría por ésteres orgánicos. La característica principal es su buena lubricación límite, pero presentan muy baja estabilidad térmica y a la oxidación. En términos generales podemos decir que los aceites de colza y sebo son usados en maquinado y el aceite de castor en fluidos hidráulicos.

Los aceites sintéticos se forman por un proceso de reacción química de aquellos materiales con una composición química específica para producir un compuesto con cualidades planificadas y predecibles. Estos lubricantes tienen índices de viscosidad

muchos más altos que los lubricantes a base de materia prima mineral y cuentan con puntos de fluidez considerablemente más bajos. Estas características los convierten en componentes sumamente valiosos para mezclas utilizados en la fabricación de aceites de servicio extremo para usar a temperaturas altas y bajas. La principal desventaja de estos lubricantes sintéticos es su precio demasiado alto y sus limitadas existencias.

## **Aditivos**

La moderna tecnología de los lubricantes es posible por el gran desarrollo de los aditivos. Una buena base de aceite de petróleo resulta en la actualidad un buen vehículo para los aditivos, que en definitiva posibilitarán se cumplan los exigentes ensayos de las normas API y permitirán a los mecanismos soportar la severidad de las condiciones de uso. No parece aventurado pensar que los lubricantes sintéticos en realidad llevan el porcentaje de aditivo al 100%.

En términos muy generales podemos decir que un aditivo es un grupo químico que imparte una determinada propiedad a la base lubricante. Como este grupo químico puede no ser soluble en aceite, hará falta agregarle una parte a la molécula soluble en hidrocarburo y un grupo que sirva de enlace a las dos anteriores.

Todo este conjunto forma una molécula compleja, generalmente motivo de marcas y patentes, en la cual, además de su papel específico, cada parte colabora a la mejora del lubricante.

Los aditivos fortalecen o modifican ciertas características del aceite de base para proporcionarle cualidades que le permitan satisfacer ciertos requisitos más allá de sus límites normales. Los más comunes son: detergentes, inhibidores de oxidación, dispersantes, agentes alcalinos, agentes antidesgaste, dispersantes del punto de fluidez y mejoradores del índice de viscosidad.

## **El aceite usado objeto de este trabajo de Tesis**

*Se entiende por aceites usados todos los aceites industriales con base mineral o lubricantes que se hayan vuelto inadecuados para el uso que se les hubiera asignado inicialmente y en particular los aceites usados de los motores de*

*combustión y de los sistemas de transmisión, así como, los aceites minerales lubricantes para turbinas y sistemas hidráulicos.*

*Por años el aceite usado ha sido reutilizado o desechado en formas que no han tenido como objetivo proteger el medio ambiente ni conservar sus recursos valiosos. Ingenieros y Científicos trabajan en mejorar y desarrollar nuevas técnicas para tratar el aceite usado y reducir el impacto peligroso que este puede causar en el medio ambiente. Algunas de estas técnicas para el tratamiento del aceite se refieren a la recolección, reciclaje y procesos de recuperación. Tener un buen soporte económico juega un papel importante en el desarrollo de nuevas investigaciones y programas que se enfoquen al tratamiento y reciclado.*

*La condición peligrosa del aceite usado está relacionada con muchos contaminantes tales como cancerígenos y otros elementos que tienen propiedades tóxicas. Cuando el aceite usado es arrojado a la calle, éste a través de las alcantarillas puede llegar a terrenos y aguas superficiales causando contaminación y convirtiendo el suelo en improductivo. Estos deben ser recogidos y reciclados para evitar la contaminación del medio ambiente y para preservar los recursos naturales.*

*Los aceites usados actualmente se están eliminando por procedimientos, tales como, el vertido en terrenos y cauces de agua o la combustión indiscriminada y no se aprovechan su auténtico valor potencial y por el contrario, causan peligrosas contaminaciones.*

*El término reciclado, que contribuye al concepto de economía circular, se aplica a los procesos capaces de devolver a un residuo ciertas características que permitan una nueva utilización del mismo.*

*Después de su uso, el aceite lubricante adquiere concentraciones elevadas de metales pesados<sup>2</sup> producto principalmente del desgaste del motor o maquinaria que lubricó y por contacto con combustibles. Los aceites lubricantes sufren una descomposición luego de cumplir con su ciclo de operación y por esto es necesario reemplazarlos.*

---

<sup>2</sup> Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano. Los metales pesados tóxicos más conocidos son el mercurio, el plomo, el cadmio y el talio. También se suele incluir un semi-metal como es el arsénico y, en raras ocasiones, algún no metal como el selenio. A veces también se habla de contaminación por

## Contaminación

*Los aceites son considerados potencialmente peligrosos para el ambiente debido a su persistencia y su habilidad para esparcirse en grandes áreas de suelo y del agua, formando un film que no permite el ingreso de oxígeno, lo que produce rápidamente una significativa degradación de la calidad del ambiente.* En el caso de los aceites usados existe el riesgo adicional de la liberación de los contaminantes tóxicos presentes como es el caso de los metales pesados. *El vertido de aceite en el terreno*, además de contaminar el suelo, puede infiltrarse contaminando el agua subterránea, o escurrir o ser arrastrado por el agua de lluvia y contaminar los cursos de aguas.

En el Anexo 1, título “Composición de los aceites usados y principales fuentes” se describen los contaminantes que libera el aceite

*Debido a que generalmente el aceite usado es utilizado como combustible alternativo debido a su poder calorífico, el principal problema ambiental se concentra en la mala gestión del aceite que se origina en la combustión en condiciones no adecuadas. Este procedimiento genera la degradación del ambiente por la gran cantidad de contaminantes que son emitidos a la atmósfera durante el proceso de combustión y producen un efecto directo sobre la salud humana.*

Las prácticas inadecuadas, derivan del desconocimiento de los impactos que generan y de los procedimientos técnicos *para su regeneración, de la ausencia de normativas sobre su reutilización industrial* (carencia de estándares de consumo en calderas, hornos y secadores) y del mercado informal existente con estos productos.

---

metales pesados incluyendo otros elementos tóxicos más ligeros, como el berilio o el aluminio.(Fuente: Wikipedia)



## **Aire**

***La eliminación del aceite usado por combustión origina graves problemas de contaminación.***

Si el aceite usado<sup>3</sup> es quemado sólo o mezclado con fuel-oil, sin un tratamiento y un control adecuado, origina importantes problemas de contaminación y emite gases muy tóxicos, debido a la presencia en este aceite de compuestos de cloro, fósforo, azufre, etc.

*Cinco litros de aceite quemados en una estufa contaminan 1.000.000 m<sup>3</sup> de aire, que es la cantidad de aire respirada por una persona durante tres años*

## **Agua**

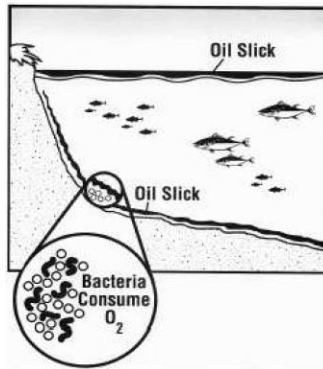
***Los aceites no se disuelven en el agua, no son biodegradables, forman películas impermeables que impiden el paso del oxígeno y matan la vida tanto en el agua como en tierra como también esparcen productos tóxicos que pueden ser ingeridos por los seres humanos de forma directa o indirecta.***

Según la Agencia de Protección Ambiental de la Comunidad Económica Europea (EPA)<sup>4</sup>, un litro de aceite puede contaminar 1 millón de litros de agua y formar una mancha de 4000 m<sup>2</sup> sobre el agua (oil slick). Vertido a las aguas, bien directamente o por el alcantarillado, el aceite usado tiene una gran capacidad de deterioro ambiental. En el agua produce una película impermeable, que impide la adecuada oxigenación y que puede asfixiar a los seres vivos que allí habitan. Asimismo, el aceite usado, por su bajo índice de biodegradabilidad, afecta gravemente a los tratamientos biológicos de las depuradoras de agua, llegando incluso a inhabilitarlos.

---

<sup>3</sup> La industria de la re-refinación de aceite mineral usado en Argentina, Oportunidad de negocios con beneficio ambiental, Buenos Aires, Argentina, Pág. 16

<sup>4</sup> ): CEE - Comunidad Europea EPA - Environmental Protection Agency ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry



Fuente: Agencia de Protección Ambiental de la Comunidad Económica Europea

Fig.1-1. Contaminación del agua por aceite usado

## Suelo

*Los aceites usados vertidos en suelos producen la destrucción de microorganismos, del humus y contaminación de aguas superficiales y subterráneas.* La eliminación por vertido de los aceites usados origina graves problemas de contaminación de tierras, ríos y mares. *En efecto, los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que destruye el humus vegetal y, por tanto, la fertilidad del suelo. Si es arrojado a la tierra, al contener una serie de hidrocarburos que no son degradables biológicamente,* estos destruyen el humus vegetal y acaban con la fertilidad del suelo. El aceite usado contiene asimismo una serie de sustancias tóxicas como el plomo, el cadmio y compuestos de cloro, que contaminan gravemente las tierras. Su acción contaminadora se ve además reforzada por la acción de algunos aditivos que se le añaden que favorecen su penetración en el terreno, pudiendo ser contaminadas las aguas subterráneas

En el ANEXO I, se detallan las características de los aditivos como también características de la degradación del aceite.

## **Reúso: Refinación del aceite usado a nivel internacional**

En la refinación del aceite usado, el principal consumidor a nivel mundial es Estados Unidos de América. Este reciclaje se lo compara con los principales países de la Unión Europea.

## **Demanda mundial del lubricante<sup>5</sup>**

Una visión general del mercado de los lubricantes en todo el mundo indica que los Estados Unidos consume aproximadamente el 25 por ciento de la demanda total lo que refleja un porcentaje relativamente grande (21,3 por ciento) del PNB (Producto Bruto Nacional) y el mayor usuario de automóvil en comparación con otras regiones del mundo.

En comparación con los Estados Unidos, la mayoría de países europeos están más avanzados en el área de reciclaje de aceite usado, la reutilización y la reducción de la materia prima. Ejemplo, Europa tiene tres veces más capacidad re-refinación que la de procesamiento de los Estados Unidos.

*La Re-refinería es un proceso que puede regenerar los aceites usados para obtener el aceite base que es fundamental en todos los productos de aceite lubricante. Las bases de los aceites vírgenes derivan de refinerías de petróleo tienen un equipo especial de procesamiento que les permite producir base altamente refinada y estable. Estos aceites base se mezclan con diferentes componentes aditivos para obtener un producto que está diseñado específicamente para lubricar o servir en condiciones muy específicas.*

Muchos países de Europa están proporcionando estímulos y subsidios a la industria de refinación para mejorar la recuperación y re-generación de aceites usados como productos reciclados. Una perspectiva a largo plazo muestra que el tamaño de *la industria de la re-refinación es del tipo económicamente limitada* y que ha recibido(o que ha tenido que recibir) subsidios financieros de una forma u otra forma en muchos países.

Aun cuando los precios del petróleo sean altos, esto por sí solo no es suficiente para mejorar significativamente la economía del aceite de re-refinado. El principal determinante de la economía del reciclado es precio diferencial entre los aceites obtenidos para base lubricantes y los destinados a combustible líquido. Este factor diferencial tiende a amortiguar el impacto del alza del precio del petróleo experimentado recientemente. En concreto, en un mercado de precio creciente del

---

<sup>5</sup> U.S. Department of Energy • Office of Fossil Energy, Used Oil Re-refining Study to Address Energy Policy Act of 2005 Section 1838, July 2006 – pág. 12

crudo de petróleo estaría a favor de utilizar quemadores de petróleo y en un mercado de baja estaría a favor del refinamiento de aceite usado.

Clasificación del gerenciamiento del residuo	Opción	Acciones consideradas
Más preferibles	Prevenir los residuos en el lugar primero	Reducción en la fuente (por ejemplo, intervalos prolongados de cambio de aceite)
	Reusar y recuperar el producto	Reutilización del aceite usado
	Recuperación de energía mediante la quema	Aceite utilizado como combustible para la recuperación de valor calorífico
Menos preferibles	Deshacerse de los residuos en vertederos o por incineración	Recuperar y recoger el aceite usado para su eliminación adecuada

Tabla 1-1. Jerarquía de conservación de recursos

La demanda mundial<sup>6</sup> de productos de aceite lubricante se muestran en la tabla siguiente, se observa que los Estados Unidos tiene casi el 25 por ciento de la demanda mundial total y el consumo per cápita de aceite lubricante exceden por mucho a otras regiones y el uso del automóvil es mucho más alto per cápita de Estados Unidos en comparación con otras regiones. Europa occidental también tiene un alto nivel de actividad industrial pero esta región es mucho menos dependiente de los automóviles personales debido a la infraestructura de transporte público.

Región	Demanda, billones (galones/año)	Demanda Per Cápita (galones/año) *
Estados Unidos	2.5	8.4

<sup>6</sup> "Improving Markets for Waste Oils" David Fitzsimmons, Oakdene Hollins LTD, Organization for Economic Cooperation and Development, September 26, 2005 page 47, Working Group on Waste Prevention and Recycling; <http://www.oecd.org/dataoecd/14/9/35438706.pdf>

Región	Demanda, billones (galones/año)	Demanda Per Cápita (galones/año) *
Latinoamérica	0.8	1.8
Europa Occidental	1.4	3.7
Europa Centro/Oriental	1.4	3.2
Cercano/medio Oriente	0.5	3.1
África	0.5	0.7
Asia-Pacífico/Oceanía	3.2	0.9-5.3 **
Total	10.3	1.7

Tabla 1-2. Demanda de lubricante total por región.

Nota: (\*) 1 galón = 3.78 litros. (\*\*)

Esta tabulación muestra que la demanda de productos de automoción de aceite lubricante es casi el 60 por ciento de la demanda de aceite lubricante total<sup>7</sup>.

Tipo de aceite lubricante	Demanda (billones gal./año)	Aplicación típica
Fluidos del automotor	1.48	Aceite motor, fluidos de transmisión automática y aceites de engranajes
Fluidos de Industrias	0.53	Aceites hidráulicos, de turbinas, y engranajes de equipo de trabajo pesado; fluidos de trabajo con metales
Aceite de procesos	0.43	Caucho, transformador, aceites blancos y pulverización agrícola.
Grasas	0.05	Industriales y de automoción.
Total	2.49	

Tabla 1-3. Tipo y demanda de aceite lubricante en Estados Unidos<sup>8</sup>

### Prácticas en el manejo de aceite usado a nivel mundial

<sup>7</sup> “2004 Report on U.S. Lubricating Oil & Wax Sales” by the National Petrochemical & Refiners Association, November 2005, page 3.

*Aunque los Estados Unidos representa el más alto consumidor per cápita de aceite lubricante en el mundo, la atención en el aceite refinado usado es menor que en la mayoría de los otros países industrializados.* Los principales países de Europa, por el contrario, tienen programas activos destinados a aumentar la recuperación de aceites lubricantes. Basado en el porcentaje de ventas de lubricantes, Europa tiene aproximadamente tres veces más capacidad de refinación de aceites usados que los Estados Unidos.

Un resumen de los esfuerzos de reciclaje de aceite lubricante utilizado en el resto de países se muestra en la tabla siguiente. *Una conclusión evidente es que no existe un método comúnmente aceptado para el reciclaje de los aceites usados y la utilización óptima final para aceites recuperados.* Incluso en una región tan estrechamente vinculada como es Europa, existen políticas *divergentes por lo que algunos países subvencionan la industria de re-refino y otros subvencionan la venta de aceites usados para la combustión.* Aunque todos están de acuerdo en cuanto al fondo y objetivos generales de los programas utilizados para el reciclaje de los mismos, está claro que hay muchos caminos para alcanzar esas metas.

País	Características de los programas de manejo de aceite usados
Francia	<b>78% de recuperación de los aceites usados;</b> los programas son financiados por el gobierno y se imponen tasas a los productores de lubricantes vírgenes; <b>el 42% del aceite usado es re-refinado por refinerías del gobierno</b>
Alemania	<b>94% recuperado;</b> alto nivel de interés de los consumidores en el reciclaje, todos los aceites usados son tratados como residuos peligrosos; <b>todos los vendedores de aceite deben proporcionar centros de recogida cerca del establecimiento;</b> los minoristas pagan por el aceite usado recogido; <b>el 41% de los aceites de motor son reciclados; el 35% se quema en hornos de cemento; el 24% se procesa y se quema en otras aplicaciones; recuperando el 48% de los aceites lubricantes totales vendidos.</b>
Japón	<b>No hay programa de reciclaje a nivel nacional;</b> No hay subvenciones / financiación; esencialmente no hay mercado de aceite reciclado en Japón;

<sup>8</sup> “2004 Report on U.S. Lubricating Oil & Wax Sales” by the National Petrochemical & Refiners Association, November 2005, page 8.

País	Características de los programas de manejo de aceite usados
	alto porcentaje de aceite de motor usado se recupera, <i>se trata y luego es quemado para calentamiento; la re-refinación es muy limitada.</i>
Italia	El uso de aceite motor es reciclado por normativa; <i>seis plantas de re-refinación operan; financiados por los impuestos a la venta de lubricación de petróleo; coleccionistas y re-refinadores ambos subvencionados</i> , y sólo el 10% del aceite usado se puede dirigir a los hornos de cemento; el 18% de los aceites usados se refina; el gobierno utiliza únicamente productos derivados del aceite re-refinado; recupera el 33% de los lubricantes totales vendidos.
Australia	<i>Altos subsidios para la re-refinación</i> ; bajo subsidios para quemar aceites de bajo grado; los aceites industriales no son recuperados; <i>se recupera el 81% de aceite disponible</i> ; \$US 10 millones financió el gobierno australiano para subsidiar el reciclaje; se recolecta el 38% del total lubricante vendido.
Canadá (Alberta)	<i>Enfocado en la recolección cada vez mayor</i> ; poco énfasis en evitar la contaminación; poco énfasis en la re-refinación; financiado con el impuesto sobre las ventas; <i>se recupera el 51% de aceite lubricante total.</i>
Estados Unidos	Los estados han implementado una amplia gama de programas de reciclaje, algunos estados imponen impuestos a las ventas para subvencionar las recolecciones; <i>algunos estados clasifican el aceite usado como residuo peligroso para disuadir el vertido ilegal</i> ; algunas municipalidades financian actividades de recolección; hay signos de crecimiento de instalaciones de lubricante rápido que ha producido resultados positivos reduciendo el aceite incorrectamente eliminado por cambiadores de aceite de pequeños; pequeña industria de refinación; disposición de aceite usado como un combustible es alentado; los Estados Unidos no tiene ningún cuerpo de coordinación central que enfoca en el manejo del aceite usado similar a Europa, por lo tanto la estadística de la industria no está fácilmente disponible; EE UU realmente tienen una <i>política obligatoria federal que requiere la compra preferencial de aceite refinado sobre el nuevo</i> y realmente promueven la reducción de la fuente y el reciclaje de materiales sobre su tratamiento (incluyendo quemando como combustible)

Tabla 1-4. Programa de gestión del aceite usado en países seleccionados

## Jerarquía de reuso

Se ha desarrollado la jerarquía que se muestra en la siguiente figura. La reducción en la fuente ofrece el mayor potencial de ahorro energético y una reducción en los impactos ambientales y se propone como estrategia prioritaria. Debido a los ahorros de energía asociados con el uso múltiple, la re-refinación ocupa el puesto más alto que otras reutilizaciones de consumo. El re-refinado en una refinería de aceite lubricante se sitúa por encima debido a las oportunidades de reducción de costo de capital, rendimientos crecientes, la recuperación del valor Gígher de los subproductos y de un control de la contaminación más eficiente. También por estas razones, el reprocesamiento en una refinería primaria se sitúa por encima de reprocesamiento de equipos dedicados.

El reprocesamiento en equipos dedicados y la quema en los calentadores se clasifican igualmente porque no encontramos base clara para evaluar sus compromisos. La quema en los calentadores de espacio, cuando se necesita calor, evita el consumo de energía y los impactos ambientales asociados con el transporte de petróleo y reprocesamiento. Sin embargo, las emisiones no controladas, especialmente en las zonas pobladas, puede ser más perjudicial que la quema de aceite reprocesado en un sitio industrial que puede estar equipado con equipo de control de contaminación.

Por último, la eliminación de aceite usado a vertedero es la alternativa menos deseable debido a que el valor energético del aceite se pierde y el aceite puede contaminar la tierra y las aguas subterráneas y superficiales.

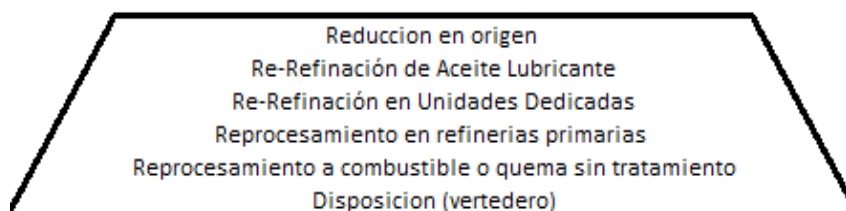


Fig.1-2. Jerarquía de opciones de uso del aceite usado



# Capítulo 2

En este capítulo vamos a hacer una revisión y análisis de las experiencias de Argentina y Brasil principalmente respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados:

- ASPECTOS GENERALES
- ASPECTOS TECNOLÓGICOS
- ASPECTOS JURÍDICOS
- ASPECTOS DE CAPACITACIÓN
- ASPECTOS DE PARTICIPACIÓN SOCIALES

Se detalla en el Anexo III las consideraciones particulares de cada uno de ellos que permiten construir las tablas de análisis comparativo de las experiencias en Argentina y Brasil y recomendaciones respecto al aceite usado.

Finalmente se agrega un análisis de la gestión del aceite usado en Europa

## **ANALISIS COMPARATIVO DE LA EXPERIENCIAS EN ARGENTINA Y BRASIL Y RECOMENDACIONES RESPECTO AL ACEITE USADO**

### **Aspectos generales<sup>9</sup>**

Se refiere a los volúmenes de aceites lubricantes producidos o comercializados en ambos países. La tabla siguiente indica los volúmenes estimados:

Países	Aceite nuevo	Consumo por uso	Residuo de aceite usado	Recuperado	Uso desconocido	Residuo/ Nuevo %	Recuperado /Residuo %
Argentina	238	119	130	50	80	55%	38%
Brasil	900	510	390	270	120	43%	69%

Tabla 2-1. Volúmenes de aceites (vírgenes y usados) en millones de litros/año

Otros indicadores importantes son: población, número de vehículos, vehículos por habitante y producto interno en US billones:

<sup>9</sup> Pedro Ubiratan Escorel De Azevedo, Revisión Y Análisis De Las Experiencias De Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador Y México Respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados; Reporte Final Analítico, Junio/2.002, pág. 4

País	Población	Flota	vehic/hab	PIB US\$ bill
Argentina	36.600.000	6.607.000	5,5	285,0
Brasil	166.100.000	19.310.000	8,6	595,9

Tabla 2-2. Población, flota, vehículos por habitante y PIB<sup>10</sup>

De la conjugación de las dos tablas anteriores, tenemos lo siguiente que indica las relaciones entre el número de litros de aceite nuevo y usado, la participación de los usos automotrices y la flota:

País	Aceites nuevos consumidos (Millones lt/a)	Uso automotriz %	Aceites para uso automotriz (Millones lt./a)	Flota de vehículos (Millones)	Litros de aceite por vehículo /año	Residuo de aceite usado en automotivos (Millones)	Litros de aceite usado por vehic./año
Argentina	238M	75,00%	178,5M	6,607M	27,02	97,500M	15
Brasil	900M	75,00%	675M	19,31M	34,96	292,5M	15

Tabla 2-3. Litros de aceite, participación de los usos y flota de vehículos

### Aspectos tecnológicos

En dichos países indican que la quema de aceites lubricantes usados es peligrosa para el ambiente (y prohibida por sus legislaciones). No obstante, la alternativa de mezclas para combustibles (incluso las de los hornos cementeros) parece ser una práctica largamente utilizada con excepción de Brasil en donde se entiende que la mejor alternativa para los aceites usados es el reciclaje. Se indican algunas de los destinos más comunes.

País	Re-refino	Recuperado p/ usos c/ comb. (cementeras, otros)	Trat. Maderas	Malezas y curados	Carreteras, Bloques, Agente desmoldante	Temple de metales	Talleres y usos en motores	Otros	Sin datos /Desconocido/Alcantarillado
Argentina		38,0%							62,0%
Brasil	69,2%								31,0%

Tabla 2-4. Indicativos porcentuales de la destino de aceites usados

<sup>10</sup> Fuente: ANFAVEA – Asociación Nacional de los Fabricantes de Vehículos Automotores de Brasil

Es notable que la incineración, incluso en Brasil sea un hecho, a pesar de no ser recomendable. La conferencia reciente realizada en Estocolmo recomendó que se abandonen las prácticas de incineración de residuos peligrosos, en particular los hidrocarburos y contaminantes orgánicos persistentes (POPs)

### Aspectos jurídicos

En ambos países, la legislación considera como peligrosos los residuos de aceites lubricantes y no es clara la responsabilidad del productor por el destino de los residuos de los aceites vendidos o comercializados en el territorio nacional.

País	Previsiones generales cuanto a peligrosidad	Definiciones específicas cuanto a la reciclaje	Se prohíbe la quema de aceites	Nivel de los impactos regulatorios y principal factor
Argentina	Existen en las normas constitucionales, nacionales y provinciales	No existen definiciones de los papeles de los recolectores	No claramente	Bajo grado de aplicabilidad por falta de claridad de términos técnicos (definiciones y caracterización)
Brasil	Existen en todos los niveles normativos pero se analiza una ley nacional de residuos	Hay claras definiciones de la obligación del refino y los papeles de todos en el proceso	Se obliga el refino y la incineración es excepcional y bajo rigurosos controles	Alto grado de aplicabilidad por la clara definición de las autoridades responsables por el ciclo de vida del producto

Tabla 2-5. Aspectos Jurídicos – Situación de aceites usados

### Aspectos de capacitación

La capacitación es una herramienta muy importante para la implementación de los aspectos jurídicos y tecnológicos. Está muy agregada con la participación social.

Ninguno de estos países tiene indicadores de la capacitación y no son claros sus destinatarios. Además, no es claro el papel de las universidades o centros de referencia que poseen conocimientos pero no los divulgan. Excepto por la vaga referencia legislativa, la capacitación es un elemento que necesita un mayor estudio.

## Aspectos de participación social

En Brasil, el sector de las ONGs tiene desarrollado un papel muy relevante respecto a participación social. La situación de los dos elementos claves se resume en la tabla siguiente:

País	Bases teóricas y metodológicas para implementación de programas	Experiencias nacionales de capacitación y participación social	Grado de replicabilidad para los demás países	Condiciones institucionales para desarrollo de programas
Argentina	No informadas	Inexistentes o no informadas	No informado	Bajas debido a la situación socioeconómica
Brasil	Hay algunas referencias de capacitación (ley) y participación (ONGs)	Inexistentes o no informadas	No informado	Altas

Tabla 2-6. Aceites Lubricantes -Capacitación y participación social

## Instrumentos económicos

Los impuestos ambientales o cargos por contaminar, los sistemas de depósito reintegro y los permisos negociables son los instrumentos económicos más conocidos y utilizables por los gobiernos para internalizar los costos ambientales en los costos de las empresas y en los consumos. Estos instrumentos difieren de los mecanismos de regulación de comando y control ya que brindan a los contaminadores incentivos para que, por la vía de los precios, modifiquen sus conductas en la producción y el consumo de bienes. Una de las principales ventajas de estos instrumentos es que los agentes económicos tienen la posibilidad de elegir cómo responder ante las señales de los precios, asumiendo que actuarán de manera

racional y en consecuencia se logrará una mejor asignación de los recursos, disminuyendo de esa manera el sobreuso y la contaminación

En general, los instrumentos económicos no son utilizados como herramientas en la legislación y no se proyectan en las acciones empresariales, sociales o gubernamentales al respecto del manejo ambiental de aceites lubricantes.

Los estudios de Argentina son los que indican las mejores bases teóricas para el uso de los instrumentos económicos. Agregados a la experiencia de Brasil (no obstante empírica bajo el punto de vista institucional) tienen alto grado de replicabilidad, no obstante este aspecto tenga limitaciones políticas institucionales y socioeconómicas de gran importancia:

País	Bases teóricas y metodológicas para implementación de instrumentos económicos	Experiencias nacionales de utilización de instrumentos económicos	Condiciones institucionales para desarrollo de programas
Argentina	Existentes y replicables	Inexistentes	Bajas debido a la situación socioeconómica
Brasil	Hay algunas referencias de estudios del IPEA	Existentes y replicables aún que empíricas	Altas porque ya hay infraestructura operante

Tabla 2-7. Aceites lubricantes e instrumentos económicos

## **RESUMEN DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO COMPATIVO ARGENTINA Y BRASIL**

Con el análisis de los cinco elementos claves que se hizo arriba, se puede concluir y recomendar lo que sigue:

- Las industrias petrolera y automotriz, por el peso de esta última en la generación de aceites usados, deben ser involucradas a mejorar sus tecnologías de aceites nuevos que tengan mayor tiempo de uso y vehículos que tengan tecnologías que permitan cambios de aceite con menor frecuencia.
- Dominan a nivel mundial y regional tecnologías para el manejo ambiental adecuado de aceites lubricantes usados. La alternativa tecnológica del re-refino es sin duda la mejor en términos ambientales, pero la incineración debe ser

considerada como una etapa de transición para los países. En los niveles gubernamentales e empresariales, debe ser claramente definido el papel de la industria cementera para colaborar con este objetivo.

- Las normas jurídicas deben incorporar claramente términos técnicos que definan los aceites lubricantes como residuos peligrosos y las responsabilidades de toda la cadena productiva y usuarios, incluso las industrias automotriz y cementera. Deben incorporarse también en las normas los aspectos de capacitación e instrumentos económicos para estimular la adopción de la tecnología del re-refino y la definición clara de las incineraciones transitorias.
- La capacitación y participación social deben ser estimuladas en todos los países. Para eso, los programas de educación ambiental, las actividades de las redes y la comunicación social de masa deben contar con apoyo de los gobiernos y empresarios involucrados en el proceso productivo y de reciclaje.
- Los instrumentos económicos deben ser considerados por los gobiernos para estimular tecnologías limpias y programas de re-refino de aceites usados. Deben también ser considerados para desalentar tecnologías o comportamientos indeseables bajo el punto de vista ambiental. Para eso deben ser concebidos sistemas para aceites lubricantes usados e incorporados los instrumentos claramente en las legislaciones de los cinco países las alternativas concebidas y desarrolladas.
- Los sectores académicos deben involucrarse en el desarrollo de los cinco elementos claves en estrecha colaboración con gobierno y empresarios, particularmente en términos de tecnologías y capacitación.

### Tabla síntesis y recomendaciones

Aspectos\ Países/ Sectores	Tecnológicos	Jurídicos	Capacitación	Participación social	Instrumentos Económicos
Argentina	Colaborador	Neutro	Neutro	Neutro	Replicable
Brasil	Replicable	Replicable	Neutro	Neutro	Colaborador

Aspectos\ Países/ Sectores	Tecnológicos	Jurídicos	Capacitación	Participación social	Instrumentos Económicos
Social	Colaborar en el consumo sustentable informándose a cerca de los productos	Conocer, respetar y difundir las normas jurídicas	Participar de acciones voluntarias de capacitación	Involucrarse con los programas desarrollados a través de instancias políticas o ONGs	Colaborar en el consumo sustentable
Industrial	Desarrollar tecnologías de minimización de cambios de aceite	Conocer, respetar y difundir las normas jurídicas	Colaborar en los programas de capacitación por medio de los órganos de clase	Apoyar las iniciativas de participación	Colaborar en los estudios de instrumentos económicos
Académico/ Investigación	Desarrollar tecnologías de minimización de cambios de aceite	Colaborar en los estudios de proyectos de normas jurídicas incorporando las variables tecnológicas y sus términos	Colaborar en todos los aspectos de capacitación	Colaborar en todos los aspectos de participación social (seminarios oficinas)	Colaborar en los estudios de instrumentos económicos



Aspectos\ Países/ Sectores	Tecnológicos	Jurídicos	Capacitación	Participación social	Instrumentos Económicos
Gobierno	Colaborar con los sectores académico e industrial	Bajar o enviar a los poderes legislativos los proyectos de leyes a ellos indicados, cumplir y hacer cumplirlas	Difundir la educación ambiental y capacitar los agentes encargados	Difundir la participación social en todos los niveles	Incorporar los instrumentos económicos en sus políticas a través de las leyes

Tabla 2-8. Síntesis de replicabilidad y recomendaciones

### **La gestión del aceite usado en Europa<sup>11</sup>**

El aceite usado fue el primer residuo específico sobre el que la Unión Europea puso su mirada para regular su correcta gestión. Allá por 1975, la norma exigía a los Estados miembros tomar medidas para asegurar su recogida selectiva y correcto tratamiento, se prohibía su vertido o depósito, se abría la puerta a un régimen de compensaciones públicas a las empresas gestoras y se priorizaba su tratamiento mediante regeneración.

La Directiva motivó casi una veintena de recursos a los Estados miembros por incumplimiento de la misma, la mayoría de ellos por no establecer mecanismos que fomentaran la regeneración del residuo, ya que en los años 80 y 90 la combustión de los aceites usados era el tratamiento claramente mayoritario en Europa (64% en el periodo 1995-1997 y 66% en 1998-2000, según los sucesivos informes de la Comisión Europea), debido a la necesidad de fuertes inversiones para las instalaciones de regeneración, y al atractivo de la producción de combustible a partir del aceite usado, incluso con medidas fiscales favorecedoras en algunos países.

<sup>11</sup> Revista SIGAUS, Numero 15, Setiembre 2013, pág. 2

## **Tasas de recogida**

De manera general, se puede afirmar que las tasas de recogida de aceite usado son elevadas en todos los países analizados. En cuanto a porcentajes explícitos, el ministerio de medio ambiente alemán habla de casi el 100%, mientras el gestor del SIG italiano menciona una recogida superior al 95% y el portugués o el belga del 85%. En otros países sin SIG los datos son menos precisos. En Francia se realiza un cálculo que estima, para cada uso del aceite puesto en el mercado, la cantidad de aceite usado que se genera, teniendo en cuenta la pérdida producida en cada proceso. Según este cálculo, la recogida rondaría el 90%. En el único dato disponible sobre el Reino Unido del año 2007, el gobierno británico hablaba de que el 80% del aceite usado generado es recogido. En Finlandia, según los datos ofrecidos por el ministerio del ramo, la recogida sería del 70% sobre el potencial generado, y en Dinamarca, el sistema creado para los aceites usados regenerables recogió en 2008 una cantidad equivalente a la mitad del aceite nuevo correspondiente puesto en el mercado, lo que equivaldría a una recogida del 100%.

## **Regeneración vs. Valorización energética**

Todos los países tienen incluida en su ordenamiento jurídico la prioridad por el tratamiento mediante regeneración, si bien la dilación en dicha incorporación ha sido generalmente notable y, como se ha mencionado, en muchos casos objeto de procedimientos de infracción por las instituciones europeas.

Respecto al tratamiento dado a los aceites usados, los dos procesos existentes están claramente generalizadas en Europa: extracción de aceites base o recuperación de energía mediante la utilización (con más o menos procesos previos) del aceite usado como combustible. Otros tratamientos minoritarios son el reciclado material en arcillas expandidas (Portugal) o la destrucción térmica (Italia). De nuevo la terminología utilizada no es homogénea en los distintos países analizados. En Alemania las cifras oficiales hablan de reciclaje para referirse tanto a la regeneración como a la producción de combustible, refiriendo como segunda vía de gestión la valorización energética “directa” en cementeras. En Bélgica, los objetivos de regeneración incluían hasta hace poco “otros empleos del aceite usado”, donde se

encontraba el pretratamiento para su utilización como combustible. En Portugal, el término “reciclaje” no incluía la regeneración, pero sí, junto al reciclado material, la producción de fuel óleo, definición modificada por una normativa de 2011.

Las tasas de regeneración más elevadas corresponderían a Dinamarca, cercana al 100% (en 2008 el organismo gestor refería un 90%, con un objetivo del 100% el año siguiente, lo que se explica por el hecho de ser un sistema que solo recoge los aceites usados regenerables), e Italia, donde el SIG señala un 89%. En Finlandia se estaría regenerando en torno al 86% (cifra del ministerio de medio ambiente), mientras el SIG belga sitúa el aceite usado destinado a regeneración en un 67% del total recogido. Por su parte, la agencia medioambiental francesa informa de un 52% y SOGILUB, el gestor del SIG portugués, reporta una tasa del 48% en 2012. Por último, y aunque no hay datos oficiales, la estimación del aceite usado que se estaría regenerando en el Reino Unido (unas 50.000 t en 2012, según el ministerio de medio ambiente) permiten interpretar una tasa cercana al 15% sobre el total recogido, si bien este dato no incluye posibles exportaciones a plantas de regeneración en el continente.

### **Establecimiento de objetivos**

Además de España, sólo en Portugal y Bélgica —en los que se aplica el principio de responsabilidad ampliada del productor— la regulación incluye objetivos concretos de recogida o tratamiento. En el primer caso, se fija un objetivo de recogida del 85% y de reciclaje y regeneración en la propia licencia del SIG. Por su parte, en Bélgica se exige un mismo objetivo del 100% de recogida para las tres regiones, pero distinto de regeneración (85% en Flandes y 60% en las otras dos).

En todo caso, el hecho de que la actividad de los SIG se someta a unos objetivos y que éstos sean mayoritariamente cumplidos refuerza una vez más su papel como mecanismos valiosos en cuanto a la aportación de garantías respecto de una correcta gestión del residuo.

País	Sistema	Datos	Resultados
Alemania	Los vendedores de aceites de motor y cajas de	Tras la condena de la UE a Alemania por no	Más de un millón de toneladas

País	Sistema	Datos	Resultados
	cambio deben recoger gratuitamente una cantidad de aceites usados similar a la vendida, costeando su gestión. Si por la naturaleza del establecimiento no fuera posible, deben exhibir un listado de los puntos de recogida de las proximidades, no pudiendo vender si no hay tal punto en la vecindad inmediata. La gestión de los otros aceites usados corre a cargo de sus poseedores.	priorizar la regeneración, en 2001 se cambió la ley y se introdujo un sistema de ayudas estatales a esta industria, con compensaciones decrecientes hasta 2007. Hoy día Alemania es un gran importador de aceites usados para regeneración.	puestas en el mercado en 2012, y 457.000 t gestionadas en 2011, el 84% mediante reciclaje (regeneración y fabricación de combustible) y el 16% mediante recuperación de energía. La asociación de regeneradores habla de un 50% del total efectivamente regenerado.
Bélgica	Un SIG, Valorlub, cuyo origen es el organismo análogo de los envases industriales. Opera en las tres regiones, aunque la normativa aplicable, incluyendo los objetivos ecológicos, es distinta en cada una de ellas.	Gracias a convenios firmados con las autoridades regionales, Valorlub financia los “parques de contenedores” municipales, donde se recibe el aceite usado de los consumidores individuales. Casi la mitad del presupuesto del SIG se destina a este fin, lo que obliga a una contribución distinta de los fabricantes, muy superior (0,2 € por litro frente a 0,01 €) cuando el lubricante se vende para uso doméstico (envases de menos de 25 kg).	73.000 t adheridas y casi 45.000 t recogidas en 2012. Un 67% fue regenerado.
Dina Marca	Tras casi 10 años de subvenciones públicas, en 2000 la asociación danesa de los lubricantes organiza voluntariamente un sistema financiado por las empresas fabricantes, y repercutido en sus productos (actualmente	Sólo dos empresas de recogida dominan el mercado del aceite usado, teniendo contrato con el SIG danés, debido a que la ley obliga a cualquiera otra a dar servicio en todo el territorio	En 2008 se pusieron en el mercado 61.000 t de aceites de todo tipo, y 40.000 t de aceites que generan aceites usados regenerables. Se

País	Sistema	Datos	Resultados
	0,15 € por litro), para recoger el aceite usado regenerable.	nacional, con multitud de islas. Una de ellas dispone además de la única planta de regeneración danesa.	recogieron 20.000 t de este tipo, que fueron regeneradas en un 90% (en Dinamarca y Alemania), y 8.000 t adicionales de aceites usados no regenerables.
España	En 2012 SIGAUS se responsabilizó del 89,99% del aceite industrial comercializado en España. Su responsabilidad como SIG de aceites usados corresponde al aceite industrial declarado por las empresas adheridas al SIG respecto del total de lubricantes afectados por el Real Decreto 679/2006 y que, según un estudio de mercado independiente realizado en 2010, se situaba en un 87,87%. Como añadidura, y de forma voluntaria, el SIG asumió un 2,12% adicional correspondiente a fabricantes desconocidos en situación de fraude.	SIGAUS volvió a cumplir sus compromisos respecto a los objetivos de tratamiento exigidos por el Real Decreto 679/2006. En primer lugar, el objetivo de recuperación del 95% de aceites usados generados, ya que el coeficiente de generación de aceite usado resultante del aceite usado gestionado fue de 46,98%, un porcentaje superior al 40% admitido por las autoridades ambientales como promedio de generación de aceite usado	La cantidad de residuo recuperado fue valorizado en su totalidad, destinando a procesos de regeneración 81.954 toneladas, que representan el 65,5% del aceite usado regenerable cumpliendo así con el objetivo legal de regeneración como gestión ambientalmente más favorable, y 47.384 t a tratamiento previo a la valorización energética.
Francia	Existe una ayuda pública, canalizada a través de la agencia francesa del medio ambiente, para la gestión del aceite usado, tanto en la Francia continental como en los territorios del Caribe (que absorben gran parte del presupuesto). Los fondos provienen de sucesivos impuestos (desde 1999 el denominado impuesto general de actividades contaminantes, que se aplica, entre otros productos, a los	En Francia se distingue entre “aceites negros” y “aceites claros”. Los primeros incluyen los aceites usados de automoción y gran parte de los industriales, mientras el segundo grupo hace referencia a aceites usados de procesos industriales que apenas degradan el producto, lo que permite un tratamiento más sencillo.	Según un el estudio de la agencia medioambiental, en 2011 se produjeron 240.000 t de aceites usados negros. La recogida de éstos ascendió a 215.000 t, implicando una recuperación del 97% en el segmento de aceites de motor. En ese año, por

País	Sistema	Datos	Resultados
	lubricantes: 0,047 € por kg en 2013).		primera vez, la regeneración superó el 50%: 109.000 t, de las que 49.000 t se trataron fuera del país.
Portugal	El SIG llamado ECOLUB es gestionado por la entidad SOGILUB, que financia la gestión del aceite usado con las aportaciones (0,07 € por kg desde el comienzo de sus operaciones) de los fabricantes (471 adheridos en 2012). Tras concluir su autorización inicial de 5 años, desde 2011 opera bajo un régimen de licencias trimestrales prorrogables automáticamente.	La relación comercial entre recogedores y tratadores finales no es libre, sino que el SIG mantiene contratos con los gestores de recogida (5 en la península, uno en Azores y uno en Madeira) y realiza concursos públicos para adjudicar la venta de los aceites usados a los diferentes centros de tratamiento (nacionales o extranjeros) oferentes.	68.000 t adheridas en 2011 (incluyendo 12.000 que teóricamente no generan residuo y no pagan el Ecovalor) y 25.400 t recogidas. El 48% se regeneró en el extranjero, ya que Portugal no dispone de instalaciones de este tipo. El resto se utilizó en la fabricación de arcillas expandidas o de combustible.
Finlandia	Desde 1987 un impuesto grava los aceites lubricantes comercializados (desde 2007 es de 0,0575 € por kg de aceite). Con los fondos obtenidos se financia la recogida y transporte de los aceites usados, reservando un fondo adicional destinado a cubrir eventuales contaminaciones por vertido de aceites usados sobre el suelo.	Aunque la recogida es libre, el Estado mantiene un contrato de cinco años con un gestor concesionario del servicio, que debe asegurar la cobertura nacional, por sí mismo o por terceros, y atender las recogidas de más de 200 litros de forma gratuita. En 2013 ha cambiado el gestor con contrato estatal, que no recibe una subvención directa sino a partir de una solicitud en función de los costes del año anterior.	Según la asociación finlandesa de empresas petroleras, se vendieron 52.000 t de lubricantes en 2012. Según el ministerio de medio ambiente, se generan unas 30.000 t de aceites usados, se recogieron 21.000 t y se regeneraron 18.000 t en la única planta de este tipo del país.
Italia	El Consorcio Obligatorio de los Aceites Usados (COOU) es el SIG de	A diferencia de otros sistemas similares, en Italia los recogedores	En 2011 se pusieron en el mercado 431.000 t

País	Sistema	Datos	Resultados
	aceites usados más antiguo de Europa, con 29 años de actividad. Un SIG único y obligatorio para las empresas que comercializan lubricantes en Italia, con un explícito control público mediante la presencia de cuatro ministerios en su Consejo de Administración. Con la aportación de los fabricantes (que llegó a ser de 155 €/t en 2010) se financia la recogida gratuita y se compensa adicionalmente a las empresas de regeneración.	entregan físicamente los aceites usados al COOU, que dispone de instalaciones de almacenamiento y análisis, conectados en su mayoría, por contigüidad, con los centros de tratamiento.	de aceites lubricantes sujetos a la aportación al Consorcio y se recogieron 189.000 t de aceites usados, un 43,9% del volumen anterior. El COOU estima que se alcanza una tasa de recogida del 95%. La producción de bases lubricantes tiene una gran fuerza en Italia (89% del aceite tratado).
Reino Unido	La legislación británica sobre residuos consagra, desde 1990, el principio de Duty of Care, según el cual la responsabilidad de un residuo, jurídica y económica, recae sobre quien lo posee en cada punto de la cadena de gestión, estando cada interviniente obligado a asegurarse de que la gestión posterior será correcta.	La regeneración del aceite usado es muy reciente en el Reino Unido (hasta 2009-2010 no se informa de ninguna instalación de este tipo). Esta situación ha sido paralela a una tradicional resistencia del gobierno británico a introducir medidas legales que, aplicando la Directiva europea, favorecieran este tratamiento. Aunque tales medidas siguen sin ser explícitas, hoy día el departamento de medio ambiente señala la necesidad de nuevas instalaciones de regeneración.	Según los últimos datos disponibles, en 2007 se pusieron en el mercado unas 800.000 t de lubricantes. Se estarían recogiendo unas 350.000 t, un 80% del total generado. En 2013 se informa de unas 50.000 t regeneradas en la única planta existente.

Tabla 2-9. La gestión del aceite usado en países de Europa

Nota: SIG: Sistema Integrado de Gestión

COOU: Consorcio Obligatorio de los Aceites Usados

UE: Unión Europea

# Capítulo 3



En este capítulo se realiza un análisis de un plan Maestro de Gestión del aceite lubricante usado para Argentina.

La gestión de los aceites usados por cualquiera de las vías de tratamiento final señaladas (regeneración o valorización energética) implica, ante todo, evitar la incidencia ambiental de este residuo peligroso dado su elevado potencial para la contaminación del agua, la tierra o el aire. Consiste en establecer medidas para reducir al mínimo posible la producción de estos residuos peligrosos y fomentar que los que se generen se gestionen mediante las alternativas que garanticen un mayor grado de protección del medio ambiente y de la salud de las personas. En el cumplimiento de ello radica el principal beneficio medioambiental para buscar una gestión del lubricante usado.

Sin embargo, más allá de ese primer y general objetivo, existen distintos procedimientos para la gestión de los aceites usados ya que aportan un valor adicional en cuanto al aprovechamiento energético contenidos en el aceite usado. Así, la regeneración permite obtener aceites base para formular nuevos lubricantes y el tratamiento previo a su valorización energética permite obtener un combustible alternativo de uso industrial.

La regeneración de aceites usados se convierte en la gestión final no sólo prioritaria sino la única que reintegra en el ciclo de vida del producto (el lubricante) al residuo resultante. Según estimaciones de los regeneradores, el rendimiento del proceso de la cantidad de aceite base producida sería superior al 66% del aceite usado entrante en planta. Por otra parte, diferentes fuentes hablan de los efectos favorables de la regeneración de aceites usados en relación con el cambio climático, ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> son inferiores a las que se producirían si el proceso de obtención de bases fuese el refinado del petróleo. La empresa de regeneración CATOR ha señalado que, por cada tonelada de aceite usado destinado a regeneración se evita la emisión a la atmósfera de 3 toneladas de CO<sub>2</sub> según dicha estimación.

## **Plan maestro de gestión integral del aceite usado**

### **Introducción**

La gestión de aceites usados debe establecer, en primer lugar, un orden de prioridades sobre la base de la aplicación de políticas preventivas que favorezcan la reducción de la cantidad de aceites usados generados y de las sustancias contaminantes que contienen, preferir la regeneración sobre cualquier otro método, seguida de otras formas de reciclado, como la valorización energética y de la eliminación, como último método, al que sólo habrá que recurrir cuando no pueda emplearse alguno de los anteriores.

El SIG (Sistema Integrado de Gestión) se financiará mediante la venta del aceite base recuperado a los fabricantes del aceite industrial puesto en el mercado nacional y las cantidades así recaudadas se destinarán esencialmente a la gestión ambientalmente correcta de los aceites usados. Entre estas medidas destaca la necesidad de cubrir el déficit de explotación de las actividades de valorización, hasta conseguir un beneficio razonable y resulta por ello necesario incentivar el funcionamiento de instalaciones adecuadas de gestión.

### **Consideraciones generales**

#### **Objeto y ámbito de aplicación.**

*Este documento tiene por objeto establecer medidas para prevenir la incidencia ambiental de los aceites industriales, así como para reducir la generación de aceites usados tras su utilización o, al menos, facilitar su valorización, preferentemente mediante regeneración u otras formas de reciclado, de acuerdo con el orden de prioridades establecido.*

Quedan dentro del ámbito de aplicación, los aceites industriales puestos en el mercado nacional, tanto los fabricados en el país como los importados o los receptores quienes serán los responsables de su gestión.

## Definiciones.

A efectos de lo establecido en este documento se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

- a. «**Aceites industriales**»: Los aceites lubricantes de base mineral y/o sintética, en particular los aceites de los motores de combustión, de los sistemas de transmisión, de los sistemas hidráulicos, entre otros.
- b. «**Aceites usados**»: Todo aceite industrial que se haya vuelto inadecuado para el uso al que se le hubiera asignado inicialmente. Se incluyen en esta definición los definidos en el punto anterior así como las mezclas y emulsiones que los contengan.
- c. «**Recogida**»: Conjunto de operaciones que permitan transportar los aceites usados de los poseedores a la empresa que los gestiona.
- d. «**Recogedor**»: Transportista que, con las autorizaciones pertinentes, realiza operaciones de recogida de los aceites usados.
- e. «**Recuperación**»: Actividad de gestión de los aceites usados cuyo objeto es el aprovechamiento de los recursos contenidos en los aceites usados, en forma de valorización material o energética, previos los tratamientos y autorizaciones necesarias.
- f. «**Reciclado**»: La valorización material de los aceites usados, mediante regeneración o mediante otros procedimientos, que permita su utilización, previos los tratamientos y autorizaciones necesarios, en la fabricación de otros productos como asfaltos, pinturas, tintas, barnices, cauchos, etc.
- g. «**Regeneración**»: Proceso mediante el cual se produzca aceite de base industrial por medio de un nuevo refinado de los aceites usados, combinando su destilación con procesos físicos y químicos que permitan eliminar los contaminantes, los productos de oxidación y los aditivos que contienen, hasta hacerlo apto de nuevo para el mismo uso inicial, de acuerdo con los estándares de calidad y las autorizaciones exigidos por la legislación.
- h. «**Combustión**»: La utilización de los aceites usados como combustible con una recuperación adecuada del calor producido.
- i. combustible, con una recuperación adecuada del calor producido, realizada con las autorizaciones necesarias y previa comprobación analítica de su adecuación

para este uso y, de ser necesario, del tratamiento previo o secundario que resulte necesario.

- j. **«Tratamiento previo»:** Toda operación consistente en la separación de las materias extrañas e impurezas contenidas en los aceites usados, como agua o sedimentos, por medio de cubas centrífugas o filtros, o de la adición de sustancias químicas. Asimismo, tendrá esta consideración la separación de las fracciones ligeras de los aceites usados con vistas a la utilización de las fracciones pesadas como combustible en plantas cementeras, en otras instalaciones industriales adecuadas o en grandes equipos marinos, cumpliendo los estándares de calidad ecológica e industrial requeridos por la legislación vigente para los combustibles y carburantes.
- k. **«Tratamiento secundario»:** Todo proceso de destilación asociado a otro de carácter químico, en particular la adición de sodio, que permita eliminar los contaminantes contenidos en los aceites usados, produciendo fracciones ligeras y bituminosas, principalmente diésel marino para usos energéticos.
- l. **«Fabricantes de aceites industriales»:** Los agentes económicos dedicados a la elaboración, importación de aceites industriales para su puesta en el mercado nacional.
- m. **«Aceite de base procedente de aceite usado»:** Fracciones derivadas de los aceites usados regenerados que permiten formular aceites industriales y les confieren sus características particulares.

### **Consideraciones para la Fabricación y puesta en el mercado de aceites industriales.**

Los aceites industriales deberán fabricarse de tal forma que en su composición figure el menor número y cantidad posibles de sustancias peligrosas o contaminantes, y que se facilite la correcta gestión ambiental de los residuos resultantes de su uso.

Los *productores de aceites usados* (por ejemplo, talleres, fábricas, o empresas autorizadas) deberán cumplir las siguientes obligaciones:

- a. Almacenar los aceites usados en condiciones adecuadas, evitando especialmente las mezclas con agua o con otros residuos que dificulte su correcta gestión.
- b. Disponer de instalaciones que permitan la conservación de los aceites usados hasta su recogida y que sean accesibles a los vehículos encargados para ello.

- c. Evitar que los depósitos de aceites usados, incluidos los subterráneos, tengan efectos nocivos sobre el suelo.

Con carácter general, quedan prohibidas las siguientes actuaciones:

- a. Todo vertido de aceites usados en aguas superficiales o subterráneas, en zona del mar territorial y en sistemas de alcantarillado o de evacuación de aguas residuales.
- b. Todo vertido de aceite usado, o de los residuos derivados de su tratamiento, sobre el suelo.
- c. Todo tratamiento de aceite usado que provoque una contaminación atmosférica superior al nivel establecido por la legislación.

Los productores de aceites usados, así como los gestores de aceites usados, deberán llevar un registro con indicaciones relativas a cantidades, calidad, origen, localización y fechas de entrega y recepción. El registro estará a disposición de la administración del SIG para su oportuna verificación, y deberán comunicar a las autoridades competentes, cuando así lo soliciten, cualquier información referente a la generación, gestión o depósito de los aceites usados o de sus residuos.

#### **Sistema de entrega de aceites usados.**

Los productores y poseedores de aceites usados estarán obligados a garantizar su entrega a un gestor autorizado al efecto, para su correcta gestión que deberá llevarse a cabo cumpliendo las exigencias sobre notificación e identificación y el resto de requisitos establecidos en la legislación sobre residuos.

#### **Prioridades en la gestión de aceites usados.**

El tratamiento mediante regeneración será prioritario en la gestión de los aceites usados que se llevará a cabo, por este orden de preferencias: regeneración, otras formas de reciclado y valorización energética.

#### **Gestión de aceites usados mediante regeneración.**

Los aceites industriales elaborados a partir de aceites base obtenidos de los aceites usados regenerados deberán reunir las especificaciones técnicas según las normas internacionales SAE (de viscosidad), API (de calidad) y las condiciones de

seguridad exigidas a los aceites nuevos correspondientes para los usos a los que estén destinados.

Los residuos resultantes del proceso de regeneración (fondos, cabezas de columnas de destilación, aceite residual no regenerado, etc.) serán gestionados y valorizados de acuerdo con la legislación y podrán ser destinados a valorización energética.

### **Valorización energética de aceites usados.**

La valorización energética de los aceites usados (por medio de la recuperación del aceite base para su uso en la fabricación de nuevos lubricantes) sólo podrá llevarse a cabo tras los análisis y tratamientos previos o secundarios pertinentes que permitan el cumplimiento de los requisitos sobre emisiones a la atmósfera establecidos en las normativas vigentes a igual que las instalaciones que valoricen energéticamente dichos aceites.

### **SIG (Sistema Integrado de Gestión) de aceites usados.**

El SIG es un conjunto de relaciones, procedimientos, mecanismos y actuaciones que, previa autorización y supervisión por la autoridad competente, se implementará y pondrá en marcha con la finalidad de garantizar la recogida selectiva de los aceites usados y su gestión de acuerdo con el orden de prioridades.

Para la creación y gestión del SIG, debe constituirse una empresa autárquica (GIALUA<sup>12</sup>) dependiente de la nación (por ejemplo de la empresa estatal ENARSA<sup>13</sup>) que pueda autofinanciarse con el proceso del reciclado y que asumirá las obligaciones que correspondan en conformidad según lo establecido en este documento.

Los fabricantes de aceites industriales deberán cumplir con las obligaciones establecidas en este documento y participar con la gestión comercializando aceites que contengan la base de los aceites usados regenerados.

Con la recaudación obtenida, financiará todos los costos a que dé lugar para la recogida, transporte, almacenamiento, análisis, tratamientos previo y secundario y gestión final mediante regeneración u otras formas de reciclado, teniendo en cuenta

---

<sup>12</sup> GIALUA: Gestión Integral del Aceite Lubricante Usado en Argentina

<sup>13</sup> Energía Argentina SA, [www.enarsa.com.ar](http://www.enarsa.com.ar)

el orden de preferencias con una cantidad de aceites usados igual a los aceites nuevos puestos en el mercado.

### **Información accesible a la comunidad**

Los fabricantes declararán la cantidad total de aceites industriales puestos en el mercado nacional.

La empresa nacional (GIALUA) informará sobre la cantidad gestionada y el destino final que les hayan dado. Deberá entregar, en forma anual, un informe sobre los objetivos ecológicos alcanzados en el año precedente. Dicha información deberá estar disponible con vista a facilitar el control del cumplimiento de los objetivos establecidos y permitir a las administraciones públicas (nacionales, provinciales y municipales) y a los agentes interesados conocer, la magnitud, características y evolución de los flujos de aceites industriales y de aceites usados.

El acceso a la información y documentación se regirá por lo previsto en la legislación sobre el derecho de acceso a la información y quedarán excluidos los datos que afecten al secreto comercial o industrial.

### **Campañas de información y sensibilización.**

Para facilitar el cumplimiento de lo establecido en este documento, se podrán en marcha campañas de información y sensibilización social dirigidas especialmente a garantizar que la recogida y el almacenamiento de los aceites usados se realicen en condiciones ambientalmente adecuadas. Estas campañas podrán ser financiadas por el SIG de conformidad con lo establecido en este documento.

### **Régimen sancionador.**

El incumplimiento de las obligaciones establecidas en este documento dará lugar a la aplicación del régimen sancionador establecido en las legislaciones vigentes respecto a la prevención y control de residuos peligrosos.

## EJEMPLO DE UN PROCESO DE GESTIÓN DEL ACEITE USADO<sup>14</sup>

### 1-Generadores del Residuo: Industria y Talleres

Recogida gratuita (bajo especificaciones). Deben cumplir normativa en el manejo del residuo y entregarlo a un gestor autorizado

#### 1.1. Industria

- Asumen como consumidor del aceite la aportación a SIG.
- Generación concentrada de grandes volúmenes.
- Residuo heterogéneo, y con un alto porcentaje de “impropios”.
- Múltiples sectores generadores: eléctrico, metalurgia, construcción, etc.



Fig. 3-1. Generadores del Residuo: Industria

#### 1.2. Talleres

- Repercuten la aportación a SIG a los consumidores.
- Generación dispersa de escasos volúmenes de residuo.
- Aceite usado generalmente de buenas características para su tratamiento



Fig. 3-2. Generadores del Residuo: Talleres

### 2- Centros de Transferencia

Centros de almacenamiento intermedio en los que el aceite usado se analiza para determinar su composición y su tratamiento idóneo. En ocasiones se realiza un

<sup>14</sup> Memoria De Sostenibilidad 2012, Sistema Integrado De Gestión De Aceites Usados, Año 2012



primer proceso de descontaminación (agua y sedimentos). De allí es trasladado a las instalaciones de gestión final.

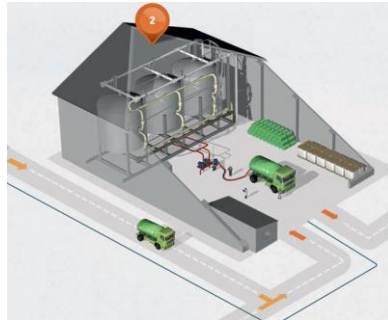


Fig. 3-3. Centros de Transferencia

### 3- Plantas de Tratamiento Final

#### 3.1. Planta de Regeneración

Mediante la aplicación de diversas tecnologías, se extraen las bases lubricantes contenidas en el residuo, separándolas de otros componentes tales como agua, hidrocarburos ligeros, compuestos metálicos y elementos bituminosos.

- El aceite usado entrante tiene que ser “regenerable”.
- Con 3 litros de aceite usado se obtiene 2 litros de base regenerada.
- Las bases regeneradas resultantes tienen que cumplir estrictas especificaciones para formular nuevos aceites industriales.



Fig. 3-4. Plantas de Tratamiento Final. Planta de Regeneración

#### 3.2. Tratamiento Previo a su Valorización Energética

El residuo se desmetaliza, se centrifuga, se decanta y/o se destila al vacío para su empleo como combustible asimilable al fuel óleo que se utiliza en calderas industriales, fábricas de áridos o centrales térmicas.

- Solución ideal para aceites industriales no regenerables.
- Se aprovecha el alto poder calorífico del aceite usado.
- Producto resultante muy valorado por la industria, por su bajo índice de azufre y su precio competitivo.

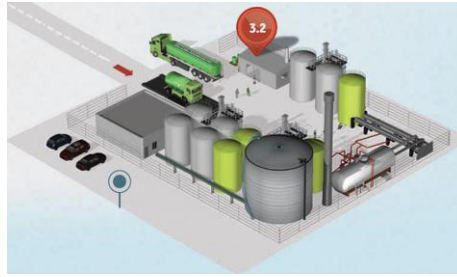


Fig. 3-5. Tratamiento Previo a su Valorización Energética

### **La tecnología de la regeneración**

La regeneración de los aceites usados no es un proceso fácil. La primera dificultad radica en que la materia prima es un residuo de composición y naturaleza variable.

Tradicionalmente, la separación de los aceites base del resto de productos que los acompañan en los aceites usados (aditivos, asfaltos, metales, productos de degradación, agua, glicoles, etc.) se ha realizado por destilación, siendo la secuencia más habitual la siguiente:

- Separación del agua y los productos ligeros (nafta, disolventes, etc.) por evaporación o destilación a presión atmosférica.
- Separación del gasóleo por destilación a vacío moderado (100-200 mbar).
- Separación de las bases lubricantes por destilación fraccionada a vacío (10-30 mbar), quedando un residuo donde se engloban los aditivos, asfaltos, metales y otros contenidos pesados.
- Refinado por ácido y tierras de las bases lubricantes obtenidas.

Las dificultades principales de esta secuencia son los ensuciamientos de los equipos de calentamiento y destilación, dificultando la continuidad de las operaciones; las reacciones de craqueado térmico en la destilación, generando olores desagradables (mercaptanos) y obteniendo bases lubricantes de insuficiente calidad (color, olor, estabilidad), que exigen el refinado final; y los residuos altamente contaminantes y difíciles de gestionar que produce el acabado final con ácido y tierras.

Para resolver estos problemas, se han desarrollado diversos procesos industriales, que utilizan destilación a baja temperatura y alto vacío en película fina, para evitar el

craqueado<sup>15</sup>, o destilaciones a elevada temperatura para romper los aditivos, sustituyendo el acabado con ácido y tierras por hidrogenación catalítica<sup>16</sup>.

Las destilaciones en película fina requieren equipos grandes y costosos de mantener. La hidrogenación catalítica encarece notablemente la inversión. Por ello, estos procesos son competitivos en instalaciones de gran capacidad, generalmente mayores de 60.000 t/a.

Ello introduce un problema logístico en la recogida de aceite usado, en grandes cantidades, para poder abastecer una planta de regeneración de ese tamaño.

Los intentos de sustituir los tratamientos por ácido, tierras y la hidrogenación catalítica han generado procesos de tratamiento de las bases lubricantes, separadas de los contaminantes por destilación a vacío, con hidróxidos alcalinos.

Estos procesos requieren, no obstante, una redestilación final a vacío de las bases después del tratamiento cáustico<sup>17</sup>.

### **Tipos de tratamientos de re-refinación**

Los procesos de re-refinación de los aceites lubricantes usados data desde los años 30's cuando la recesión económica de aquellos tiempos en Italia hizo que el gobierno del momento ordenara crear métodos para la reutilización de estos productos y así poder conservar fuentes de energía. Luego durante la segunda guerra mundial, la conservación de estos productos, así como la energía de los crudos para producir los lubricantes eran un producto muypreciado, escaso y estratégicamente necesario para la guerra por lo que aumentó el empeño por reutilizar los aceites ya usados.

Existen varios procesos para este fin, pero debido a la economía de escalas, los procesos continuos son los que hoy en día han demostrado ser eficientes económicamente.

La idea de los métodos más modernos es obtener las bases lubricantes originales con que se fabricaron aceites, actualmente esto representa aproximadamente un 80 % del total de productos. Entre los procesos que se utilizan para la re-refinación se

---

<sup>15</sup> Che, Y. y Kessler, R. "Sixth International Conference of Used Oil Recovery and Reuse". San Francisco (California), 28 mayo (1991).

<sup>16</sup> Schieppati, R. y Giovanna, D. "First International Congress on liquid waste recycling". S. Francisco (California) 23 mayo (1994).

<sup>17</sup> Retema-Medio Ambiente, pg. 17, enero-febrero(1999).

encuentran los siguientes, los cuales en esencia son iguales, lo que cambia son los reactivos y el orden de realizar cada proceso de separación:

### **1.- Proceso Meinken**

Este proceso fue desarrollado en Alemania y emplea Ácido Sulfúrico para la eliminación de los contaminantes. Este método no resuelve el problema de contaminación causado por los aceites usados, ya que como productos finales se obtienen unos desechos como aceites ácidos y lodos ácidos, los cuales no son utilizables y su disposición final genera un problema.

La eficiencia del proceso es bastante baja 72,3% y los reactivos como el ácido sulfúrico es costoso con relación a los reactivos que se utilizan en otros procesos.

El producto final (bases lubricantes) son buenas, pero no excelentes.

Se puede decir que este proceso es un método que está en vías de extinción, por lo que no recomendable para seleccionarlo.

### **2.- Proceso del Instituto Francés del Petróleo**

En este proceso se utiliza propano, para que éste en una torre se mezcle con los vapores del aceite usado durante la destilación, eliminando así las moléculas oxidadas o parcialmente oxidadas, tiene la ventaja que se pueden construir plantas relativamente pequeñas. La eficiencia de este proceso es una de las más altas 80,6% y tiene una gran ventaja que es que no produce sub-productos que no sean reutilizables e incluso sirven como energía para el mismo proceso, estos son 6% de Gas Oil y 2% de fuel gas.

### **3.- Proceso de la Kinetics Technology International**

Este proceso es muy similar al del Instituto Francés del Petróleo, pero no utiliza Propano, en su lugar este método simplemente utiliza Hidrógeno en todo el proceso. Combina la destilación al vacío y el tratamiento de hidrogenación para eliminar la mayoría de elementos contaminantes del aceite usado y la eficiencia de este proceso es una de las más altas (84%), y conjuntamente con el proceso que utiliza propano es uno de los métodos más utilizado en instalaciones modernas.

### **4.- Proceso BERC (Baetlesville Energy Reserch Center)**

Este método utiliza una extracción por solventes como el caso de los dos anteriores, pero trata de conseguir una mezcla de gases idóneos para una purificación más rápida y eficiente, estos gases son: isopropanol, butanol y metil-etil en proporciones 1:2:1. Este proceso nunca ha llegado a ser realizado a escala industrial y los resultados obtenidos nunca fueron satisfactorios tiene 70% de eficiencia pero la calidad del producto final no fue lo que se estimó.

### **5.- Proceso seleccionado para este estudio o Proceso Interline**

Luego de años de investigación y desarrollo, Interline Resources Corporation de los Estados Unidos, ha completado una tecnología de refinación de aceites lubricantes usados que revolucionó la industria del reciclaje de aceite. Dicha tecnología transforma los lubricantes usados en aceites tan buenos como los vírgenes. Esta tecnología patentada reduce los costos de construcción a una fracción de los costos tradicionales y adicionalmente los costos operativos son significativamente más bajos obteniendo como producto final la misma calidad que el aceite virgen o del procesado por métodos más costosos.

La tecnología de Interline utiliza el propano para extraer los paquetes de aditivos, esta tecnología patentada hace que los insolubles resultantes formen relativamente grandes partículas que precipitan rápidamente sin requerir costosos mecanismos mecánicos, este método genera bases lubricantes limpias, las cuales pueden luego ser pasada a través de tecnología tradicional de refinación para recuperar el propano y destilar las bases lubricantes.

Aunque se utiliza tecnología de punta, no es necesario equipos especiales costosos, todos son equipos estándar de refinación, incluyendo bombas, intercambiadores de calor, columnas de destilación etc. Y una gran ventaja es no tener que utilizar evaporadores de película delgada, los cuales son muy costosos.

En el Anexo 1, se describen más detalladamente estos procesos.

En la tabla siguiente, se indican los procesos de regeneración de aceites usados más conocidos:

Procesos	Tecnología que emplean
Meiken	Cracking térmico, sistema ácido/tierras y destilación fraccionada

Procesos	Tecnología que emplean
Philips (Prop) Turbo Resource Salusinzky Dieselcene	Tratamiento químico ( con fosfato diamónico, etc.) y destilación/decoloración o hidrogenación
Recyclon Degusa Entra	Tratamiento químico con sodio metálico y destilación/decoloración o hidrogenación
Selectopropano Snamprogetti	Extracción con propano y tratamiento ácido/decoloración o hidrogenación
Doe BERC Krupp Texaco	Extracción con otros disolventes diferentes de propano, destilación y decoloración tierras activadas o hidrogenación.
Mohawk	Tratamiento químico, destilación a vacío e hidrogenación catalítica.
KTI Lubrex	Hidrogenación catalítica y destilación en evaporadores especiales de flujo descendente
Ulibarri-Viscolube	Desasfaltado térmico, destilación al vacío y tratamiento con tierras
Vaxon	Destilación al vacío y tratamiento final con reactivos
Interline	Extracción con propano, destilación al vacío y tratamiento con tierras

Tabla 3-1. Tecnología que emplean cada proceso de recuperación.

### **Matriz de decisiones para la selección del proceso más adecuado <sup>18</sup>**

Para el desarrollo de la matriz hay que tener en cuenta las características en común de cada proceso de regeneración y calificarlas de acuerdo a su relevancia.

La siguiente matriz permitirá la selección del proceso más adecuado y significativo, de acuerdo a las características que posee cada tratamiento de regeneración, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- La calidad del producto final obtenido
- El impacto ambiental que provoca
- La obtención de residuos
- El factor económico

<sup>18</sup> Palaguachi, M – Heredia, J; Propuesta de implementación de una planta de Regeneración de aceites lubricantes usados en la Ciudad de Cuenca empleando el proceso de extracción con propano; Universidad Politécnica Salesiana, Año 2017  
SEDE MATRIZ CUENCA

## Valoración

Las condiciones de valoración para los aspectos característicos de cada método son:

- 5 - Excelente
- 4 – Muy Bueno
- 3 - Bueno
- 2 - Regular
- 1 - Malo
- 0 – No recomendado

Un resumen de los procesos más significativos dentro de la regeneración de aceites usados, se detalla a continuación:

Proceso	Ventajas	Desventajas
<b>1. Acido – Arcilla</b> Recuperación de aceite lubricante a partir de la aplicación de ácido sulfúrico y arcillas absorbentes	-La arcilla elimina La etapa de destilación	-Falta de control en el rango de viscosidad. - Aparición de lodo ácido por el tratamiento con ácido sulfúrico. - Arcillas contaminadas con impurezas (Tierras fuller). - Generación de emisiones atmosféricas por la presencia de ácido sulfúrico. - Problemas de separación si son aceites pesados.
<b>2. Re-refinado de aceite</b> Consiste en desarrollar el mismo proceso de refino de aceite, consta de 4 fases: - Pretratamiento - Limpieza - Fraccionamiento - Acabado	Posee características de los aceites originales usados en la formulación de lubricantes. - El resultado es de un 70 a 80% del aceite básico original.	-Obtención de agua residual. - Sólidos gruesos. - Emisiones atmosféricas en el proceso de eliminación de aceites livianos. - Restos de arcillas y filtros contaminados.
<b>3. Extracción por disolvente y destilación</b> Se basa en el precalentamiento con disolventes en conjugación con deshidratación, destilación y un proceso de acabado	-Reemplaza el proceso de ácido-arcilla produciendo un lodo orgánico útil. - Producción de aceites lubricantes de calidad.	-No se eliminan los metales presentes en el aceite. - El empleo del tratamiento por arcilla permite la presencia de PCB (Bifenilos Policlorados).
<b>4. Hidrotratamiento</b> Consiste en una predestilación y remoción de metales. El aceite se pone en contacto con un gas rico en hidrógeno en presencia de un catalizador a altas temperaturas y presiones.	- Producto resultante, aceite de calidad en color, claridad y viscosidad. - Se obtiene subproductos como: * HC ligeros. * Gasóleo. * Residuo de la destilación.	-No elimina algunos metales presentes en los aceites usados. - Los metales presentes producen la corrosión de los reactores. - Emisiones atmosféricas generadas por la destilación. - Elevado costo de inversión.

Proceso	Ventajas	Desventajas
<b>5. Extracción por propano.</b> Consiste en la recuperación de aceite base a partir de aceite lubricante usado, mediante el empleo de extracción por propano líquido y un proceso de destilación.	-Logra bases regeneradas de alta calidad similar a la del primer refino. -No requiere de hidrot ratamiento. -Solución viable para la implementación de plantas de baja capacidad.	-Plan de manejo para aguas residuales resultantes de La destilación.

Tabla 3-2. Ventajas y desventajas de cada proceso.

Del análisis a cada uno de ellos, puede observarse que generan bases lubricantes, iguales o similares a las de su primer refino indistintamente a los equipos o materiales empleados para dicho resultado.

Las diferencias surge en los residuos al final del tratamiento de regeneración ya que se logra un 70 a 80% de contaminantes a causa del aceite usado, sin embargo, del 20 a 30% restante se convierte en contaminantes del suelo, agua y aire, por el indistinto uso de tierras o ácidos.

Otro factor que influye dentro de la implementación y manejo de una planta de regeneración de aceite es el costo de los equipos y su instalación, dicho valor debe ser recuperable durante el funcionamiento de la planta.

En la tabla siguiente, se indica el método de regeneración seleccionado a partir de la matriz de decisiones:

#	Método	Aspectos de análisis				Total
		Calidad Producto	Factor económico	Impacto ambiental	Residuos	
1	Acido - Arcilla	3	3	2	2	10
2	Re-refinada de aceite	4	3	3	3	13
3	Extracción por disolvente	3	4	3	3	13
4	Hidrot ratamiento	4	2	3	3	12
5	Extracción por propano líquido	5	5	4	4	18

Tabla 3-3. Matriz de decisiones del proceso de reciclado.

Analizado los parámetros relevantes de los métodos de regeneración como son: características, propiedades y ventajas que cada sistema, se selecciona el proceso de “Regeneración de aceite por extracción de propano”



## **Los procesos de regeneración por extracción con propano**

La extracción con propano líquido, a temperaturas próximas a la ambiente, permite separar los asfaltos, aditivos, agua y otros contaminantes sin someterlos a altas temperaturas<sup>19</sup>. Las bases extraídas por el propano son separadas del resto de los hidrocarburos por destilación.

En principio, la extracción con propano permite mejorar los rendimientos, la continuidad de la operación y la calidad de las bases lubricantes obtenidos.

Sin embargo, en la extracción con propano, también se disuelve parte de los aditivos, por lo que todavía se presentan problemas, aunque en menor grado, en la destilación y en la calidad de las bases obtenidas. Así, las instalaciones montadas en el período 1995-1998 por la empresa estadounidense Interline Hydrocarbon Inc. en EEUU, Inglaterra, Corea y Australia, requieren un tratamiento por tierras, aunque no de ácido, para cumplir las especificaciones de un aceite de primer refino.

## **La mejora del proceso de extracción con propano**

En 1997, Sener e Interline iniciaron una colaboración tecnológica para intentar mejorar la extracción con propano y conseguir un proceso de las siguientes características:

1. Capaz de producir bases lubricantes de calidad análoga a las de primer refino, sin necesitar de tratamientos de acabado por tierras o por hidrogenación.
2. Competitivo a capacidades de diseño inferiores a 30.000 t/a (baja inversión, continuidad de la operación y alto rendimiento en base).
3. Respetuoso con el medio ambiente (ausencia de olores, emisiones y residuos).

Con este fin, se realizó un programa experimental en planta piloto en EEUU para desarrollar un tratamiento químico previo a la extracción con propano, que fue patentado en 1999.

---

<sup>19</sup> Angulo, J., Fernández, J. y Martín Pantoja, J.L.; INGENIERIA QUIMICA, pág. 173, enero(1996)

El proceso de extracción de propano Interline<sup>20</sup>, mejorado por Sener, comprende tres etapas y no necesita acabado:

- a. pretratamiento químico con reactivos y catalizadores,
- b. extracción de propano líquido de las bases lubricantes separando agua y asfalto,
- c. destilación atmosférica y al vacío para separar las fracciones ligeras y los aceites base para lubricantes.

### **Beneficios ambientales obtenidos**

El proceso no produce residuos sólidos. El tratamiento químico de la fracción de aceite resultante con una mezcla de sustancias químicas convierte el cloro combinado orgánicamente en NaCl. Tras una nueva destilación, todos los productos finales tienen un contenido reducido de cloro (menos de 10 ppm). El reactor químico elimina los contaminantes y prácticamente todo el cloro hasta menos de 5 ppm.

### **Datos operativos**

El rendimiento del aceite lubricante declarado para este proceso es del 79 % sobre la sustancia seca. Otra fuente indica que los rendimientos previstos por los distribuidores de la tecnología son del 72-74 % de aceites base y del 21-22 % de asfaltos sobre la sustancia seca.

### **Aspectos económicos**

Capital y costes operativos reducidos. Los distribuidores de la tecnología afirman que esta técnica reduce los costes de inversión y operativos en comparación con otras tecnologías de re-refinado.

### **Instalaciones de ejemplo**

---

<sup>20</sup> Comisión Europea, Centro Común de Investigación, Instituto de Estudios Tecnológicos Prospectivos, Prevención y control integrados de la contaminación, Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para el sector del tratamiento de residuos, Año 2006, pág. 432

Una instalación en España que funciona desde 2000 muestra que las emisiones al aire se pueden reducir dirigiendo los flujos de ventilación y la fase gaseosa de las unidades de destilación a un oxidante térmico en el que los contaminantes se oxidan a 850 °C durante un tiempo de residencia de 2 segundos.



Fig. 3-6. Planta piloto Pre-tratamiento y extracción con propano

El tratamiento previo a la extracción realizado con pequeñas cantidades de productos químicos y catalizadores permite aumentar la selectividad de la extracción, evitando que los aditivos sean disueltos en el propano. En la figura siguiente se observa que el pre-tratamiento permite conseguir un extracto sin apenas cinc (los alquilditiofosfatos de cinc se descomponen en la destilación), al tiempo que ayuda a completar la eliminación de los aditivos mejoradores del índice de viscosidad.

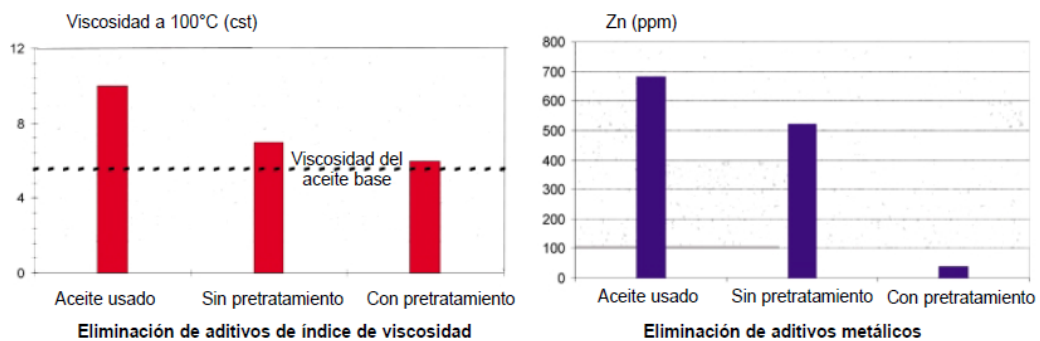


Fig. 3-7. Separación de aditivos en la extracción por propano en planta piloto

Simultáneamente, SENER desarrolló la ingeniería básica de un nuevo proceso, incorporando el pretratamiento químico de forma continua y otras ideas innovadoras en la mezcla propano/aceite, la separación posterior de fases, la destilación atmosférica tipo flash y la destilación a vacío, en condiciones especialmente favorables para evitar craqueado y ensuciamientos.

El diseño incorporó también otras medidas para evitar los olores y la contaminación.

## La planta de regeneración de Fuenlabrada

Durante los años 1999 y 2000, Sener Ingeniería y Sistemas, S.A., diseñó y construyó para Ecolube S.A. una unidad industrial de regeneración de 27.000 T/a, en el polígono industrial de la Cantueña en Fuenlabrada (Madrid), con el fin de demostrar la nueva tecnología.



Fig. 3-8. Vista aérea de las instalaciones industriales de Ecolube

El esquema de la figura siguiente refleja el proceso utilizado en dicha instalación.

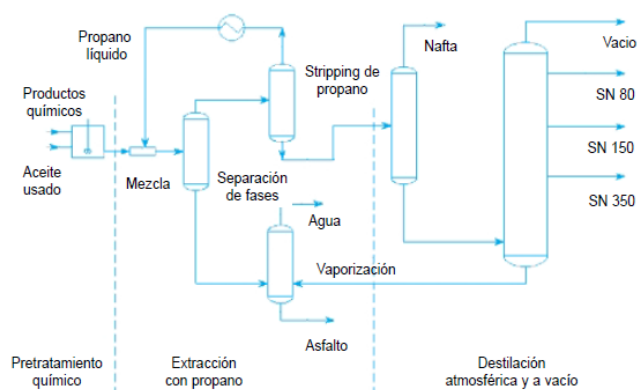


Fig. 3-9. Esquema del proceso Sener-Interline de extracción con propano

La planta fue puesta en marcha a mediados del año 2000 y sometida a pruebas y ensayos. Así, por ejemplo, la figura posterior muestra la eficacia del tratamiento químico previo en el rechazo del propano a los compuestos de Zn, (que refleja el de los metales pesados) y a los compuestos de Ca (que refleja el de los metales alcalinotérreos). Curvas similares se obtienen con otros elementos contenidos en los aditivos, tales como el fósforo.

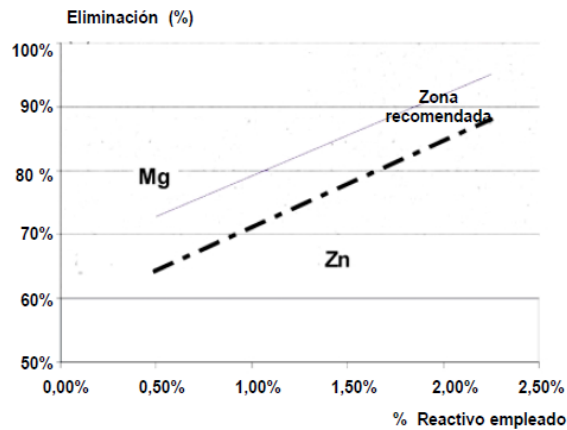


Fig. 3-10. Eliminación de metales en la extracción con propano.

Durante todo el año 2001, la planta ha funcionado de forma regular como planta de demostración del proceso a escala industrial. Los aceites bases obtenidos han tenido la calidad adecuada, sin requerir tratamiento por tierras o hidrogenación:

Características de los aceites base obtenidos		
	SN-150	SN-300
Color (ASTM D1500)	<1,5	<2,0
Viscosidad (ASTM D445) cst a 100°C	5,0-5,5	7,5-8,0
Índice de viscosidad (ASTM D2270)	>100	>100
Punto de inflamación Cleveland (ASTM D 92), °C	235	245
Punto de congelación (ASTM D97), °C	-9	-9
Agua (KARL - FISHER), %	<0,01	<0,01
Acidez (ASTM D664), mg KOH/gr	0,03	0,02
Carbono Ramsbottom (ASTM D 524), %	<0,05	<0,05
Corrosión a la lámina de cobre (ASTM D 130)	1 a	1 a
Volatilidad Noack (DIN 51581), %	9,7	3,0
Punto de anilina (ASTM D 611) °C	102	106
Carbono parafínico (FTIR/BRADES) %	69,5	71,8
Carbono nafténico (FTIR/BRADES) %	21,6	20,1
Carbono aromático (FTIR/BRADES) %	8,9	8,1

Tabla 3-4. Características de los aceites bases obtenidos

Los rendimientos típicos obtenidos son:

- Aceites (SN-80, SN-150, SN- 350): 72-74% en peso.
- Componente asfáltico: 18-22%.

El componente asfáltico, utilizable como aditivo en pavimentación (por su alto contenido en elastómeros) y en fabricación de telas asfálticas, no presenta ecotoxicidad (EC50: 16.000 mg/l) y tiene un bajo contenido en hidrocarburos aromáticos polinucleares (PNA's: 0,22% según IP 346).

Los productos volátiles y ligeros que contiene el aceite usado (alrededor del 2-4%), junto con los vapores, gases y vahos de las instalaciones y depósitos de

almacenamiento, son incinerados, con recuperación de calor. Este sistema se ha mostrado altamente eficaz para evitar la emisión de olores y contaminantes.

El agua que contiene el aceite usado (normalmente un 3-6% en peso) se separa en el proceso y se envía en cisternas a un gestor autorizado. Contiene los glicoles, procedentes del circuito de refrigeración de los motores, que le confieren un alto valor de DQO (alrededor de 20.000). Salvo la purga de las torres de refrigeración, el proceso no genera ninguna otra agua residual, ya que se ha evitado el uso de eyectores de vapor, que producirían abundante agua oleosa generadora de olores.

A lo largo del año 2001, la planta ha trabajado de forma continua a su capacidad de diseño (3,35 t/h), adaptándose con flexibilidad a las exigencias de una explotación comercial (disponibilidad de aceite usado, venta de productos, etc.).

### Aspectos económicos del proceso Interline-Sener

La inversión total de la planta de Ecolube en Fuenlabrada ha sido de 10 millones de euros. Esta inversión incluye terrenos, tecnología e ingeniería, equipos principales y auxiliares (parque de tanques, sistema anti-incendio, recogida y tratamiento de aguas pluviales, caldera y sistema de fluido térmico, etc.), edificios, laboratorios, gastos de la propiedad durante la construcción, costes intercalarios financieros y gastos de puesta en marcha.

En la siguiente figura muestra el coste estimado de la inversión (base año 2002) para plantas de distinto tamaño. El coste de inversión de una planta de 27.000 t/a es del orden de 11 millones de €, de los que 8 millones corresponden a las unidades de proceso.

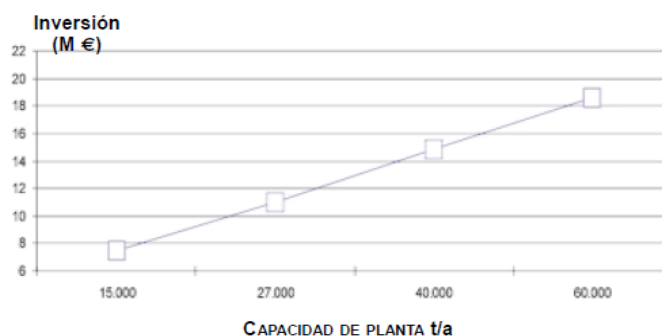


Fig. 3-11. Economía de escala del proceso Interline-Sener (Inversión)

Asimismo, el grafico de abajo (Speight, 2014) contiene los costes de regeneración frente a la capacidad de diseño.

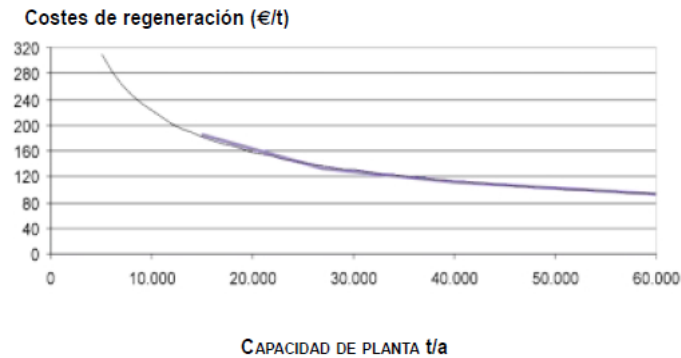


Fig. 3-12. Economía de escala del proceso Interline-Sener

En la tabla posterior, se relaciona el personal necesario y los consumos específicos.

Datos de la planta de ECOLUBE	
<b>Personal</b>	
• Operación y mantenimiento	20
• Dirección, comercial, administración, laboratorio, etc	8
<b>Total</b>	<b>28</b>
<b>Consumos específicos</b>	
• Energía eléctrica	70 kWh/t de aceite usado
• Combustible	550 termias/t de aceite usado
• Propano	4 kg/t de aceite usado
• Reactivos químicos	10 €/t de aceite usado

Tabla 3-5. Datos de la planta de Ecolube

### Diseño alternativo modular

Sener ha desarrollado la ingeniería de una configuración alternativa de plantas de regeneración de aceites, basada en módulos unitarios a acoplar en el emplazamiento.

Para ello se ha dividido la planta de proceso en unidades elementales, a montar en taller sobre plataformas (“skids”), transportables en contenedores, y que sólo requieren su acoplamiento en campo (ver siguiente figura).

Este sistema de montaje es especialmente adecuado para su aplicación en países con reducida capacidad de fabricación de equipos.

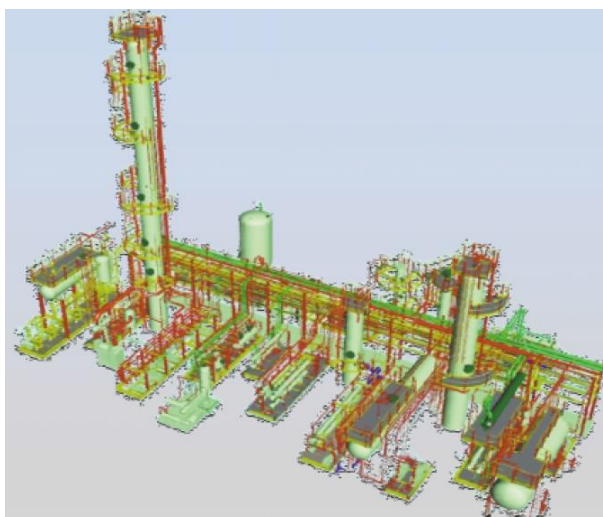


Fig. 3-13. Vista general de planta sobre “Skids”

Se emplea una tecnología desarrollada por Sener (basada en la tecnología de extracción de Interline) que no genera ningún residuo sólido ni emisiones gaseosas y tiene un alto rendimiento de regeneración.

Sener<sup>21</sup> ha sido reconocida con el tercer premio de Innovación Ambiental Europa 2003, que concede la Asociación Europea de Publicaciones Ambientales, por el proceso Interline-Sener, de regeneración de aceites usados. Este proceso no requiere tratamientos de terminación del producto reciclado y realiza una valorización integral de componentes, además recupera las bases lubricantes y un componente asfáltico. Por otro lado, aporta mayor rendimiento en la recuperación de aceites y una inversión competitiva a escalas medias sin producir residuos sólidos, ni emisiones o vertidos.

### **Flujo de caja para la instalación de una planta de aceite usado**

#### **Consumo de aceite lubricante**

La tabla siguiente, según datos de la Secretaría de Energía dependiente del Ministerio de Energía y Minería, se observa el consumo del año 2017 de los aceites lubricantes para cada tipo de aplicación (automotores, industriales y marinos) y de las grasas para cada provincia de la república Argentina.

---

<sup>21</sup> [http://www.sener-infrastructures-transport.com/EPORTAL\\_DOCS/GENERAL/SENERV2/DOC-cw4993eb2e85d01/boletin29.pdf](http://www.sener-infrastructures-transport.com/EPORTAL_DOCS/GENERAL/SENERV2/DOC-cw4993eb2e85d01/boletin29.pdf)



Región	Provincia	Grasas	Lubricantes automotrices	Lubricantes industriales	Lubricantes marinos	Grand Total
REGION PAMPEANA	Buenos Aires	2612.69	70524.27	41890.83	3698.53	118726.32
REGION PAMPEANA	Santa Fe	1109.70	16713.82	18614.71	1089.83	37528.06
REGION PAMPEANA	Córdoba	831.05	18495.51	10369.16	0.64	29696.36
REGION PAMPEANA	Capital Federal	553.32	12490.95	9405.81	1146.80	23596.87
REGIÓN DE CUYO	Mendoza	309.62	9427.55	3884.53	0.48	13622.18
REGIÓN NOROESTE	Tucumán	227.07	6381.22	3936.40	0.04	10544.74
REGIÓN NORESTE	Entre Ríos	225.39	6337.40	1799.86	51.18	8413.84
REGIÓN PATAGÓNICA	Neuquén	135.62	3334.59	4351.89	1.04	7823.15
REGIÓN DE CUYO	San Juan	236.27	4958.65	1394.03	0.02	6588.97
REGIÓN PATAGÓNICA	Chubut	137.48	3592.92	2622.14	117.21	6469.75
REGIÓN NORESTE	Chaco	319.59	4655.95	1172.07	189.02	6336.62
REGIÓN NOROESTE	Salta	196.02	4374.59	1757.73	0.54	6328.88
REGIÓN NORESTE	Misiones	176.41	4474.11	1113.06	9.77	5773.35
REGIÓN PATAGÓNICA	Rio Negro	86.14	2499.60	1669.82	64.96	4320.51
REGIÓN PATAGÓNICA	Santa Cruz	62.11	1621.68	1922.32	38.05	3644.15
REGIÓN NOROESTE	Jujuy	102.06	2387.78	718.63	0.16	3208.63
REGIÓN NORESTE	Corrientes	92.00	2139.29	808.67	2.65	3042.60
REGIÓN NOROESTE	Catamarca	70.41	2512.05	450.22	0.00	3032.68
REGIÓN NOROESTE	Sgo. del Estero	143.83	2153.13	686.42	0.06	2983.43
REGION PAMPEANA	La Pampa	102.75	2341.98	390.37	0.08	2835.18
REGIÓN DE CUYO	San Luis	81.20	1838.71	904.24	0.06	2824.20
REGIÓN NORESTE	Formosa	58.69	1291.37	235.22	2.09	1587.37
REGIÓN PATAGÓNICA	Tierra del Fuego	7.43	514.73	835.89	163.93	1521.98
REGIÓN NOROESTE	La Rioja	16.26	724.41	115.17	0.00	855.84
País	Grand Total	7893.11	185786.26	111049.18	6577.12	311305.67

Tabla 3-6. Consumo de lubricantes y grasas por provincia en Ton<sup>22</sup>

En este grafico se ilustra los datos de la tabla anterior, es decir, el consumo de los aceites lubricantes y las grasas por provincia. Como conclusión y, por lejos, la provincia de Buenos Aires es la elegida para la instalación de la planta de tratamiento del aceite usado

<sup>22</sup> <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3300>

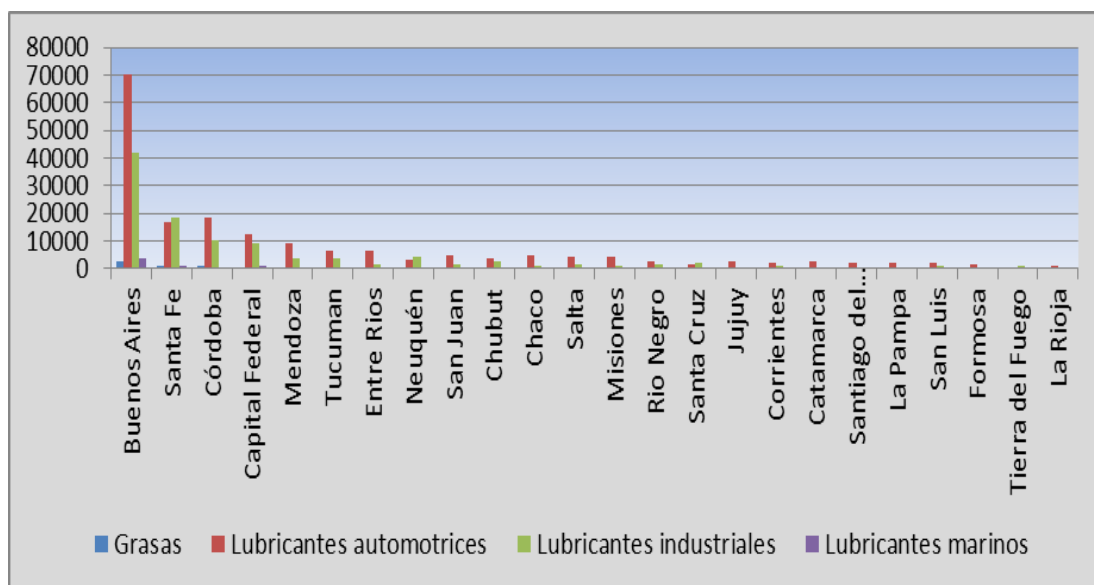


Fig. 3-14. Consumo de aceite lubricantes y grasas por provincia

La provincia de Buenos Aires representa un 38.1% del consumo nacional de lubricantes seguidas por Santa Fe con un 12.1% y Córdoba con 9.5%. Esto se detalla en la tabla siguiente en forma porcentual del consumo por provincia:

Región	Provincia	Grasas	Lubricantes automotrices	Lubricantes industriales	Lubricantes marinos	Grand Total
REGION PAMPEANA	Buenos Aires	33.1%	38.0%	37.7%	56.2%	38.1%
REGION PAMPEANA	Santa Fe	14.1%	9.0%	16.8%	16.6%	12.1%
REGION PAMPEANA	Córdoba	10.5%	10.0%	9.3%	0.0%	9.5%
REGION PAMPEANA	Capital Federal	7.0%	6.7%	8.5%	17.4%	7.6%
REGIÓN DE CUYO	Mendoza	3.9%	5.1%	3.5%	0.0%	4.4%
REGIÓN NOROESTE	Tucumán	2.9%	3.4%	3.5%	0.0%	3.4%
REGIÓN NORESTE	Entre Ríos	2.9%	3.4%	1.6%	0.8%	2.7%
REGIÓN PATAGÓNICA	Neuquén	1.7%	1.8%	3.9%	0.0%	2.5%
REGIÓN DE CUYO	San Juan	3.0%	2.7%	1.3%	0.0%	2.1%
REGIÓN PATAGÓNICA	Chubut	1.7%	1.9%	2.4%	1.8%	2.1%
REGIÓN NORESTE	Chaco	4.0%	2.5%	1.1%	2.9%	2.0%
REGIÓN NOROESTE	Salta	2.5%	2.4%	1.6%	0.0%	2.0%
REGIÓN NORESTE	Misiones	2.2%	2.4%	1.0%	0.1%	1.9%
REGIÓN PATAGÓNICA	Rio Negro	1.1%	1.3%	1.5%	1.0%	1.4%
REGIÓN PATAGÓNICA	Santa Cruz	0.8%	0.9%	1.7%	0.6%	1.2%
REGIÓN NOROESTE	Jujuy	1.3%	1.3%	0.6%	0.0%	1.0%
REGIÓN NORESTE	Corrientes	1.2%	1.2%	0.7%	0.0%	1.0%
REGIÓN NOROESTE	Catamarca	0.9%	1.4%	0.4%	0.0%	1.0%
REGIÓN NOROESTE	Sgo. del Estero	1.8%	1.2%	0.6%	0.0%	1.0%
REGION PAMPEANA	La Pampa	1.3%	1.3%	0.4%	0.0%	0.9%

Región	Provincia	Grasas	Lubricantes automotrices	Lubricantes industriales	Lubricantes marinos	Grand Total
REGIÓN DE CUYO	San Luis	1.0%	1.0%	0.8%	0.0%	0.9%
REGIÓN NORESTE	Formosa	0.7%	0.7%	0.2%	0.0%	0.5%
REGIÓN PATAGÓNICA	Tierra del Fuego	0.1%	0.3%	0.8%	2.5%	0.5%
REGIÓN NOROESTE	La Rioja	0.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.3%
País	Grand Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabla 3-7. Porcentaje del consumo de aceites lubricantes y grasas por provincia

La representación porcentual del consumo de lubricantes y grasas por provincia de la tabla anterior permite una mejor interpretación con el grafico siguiente:

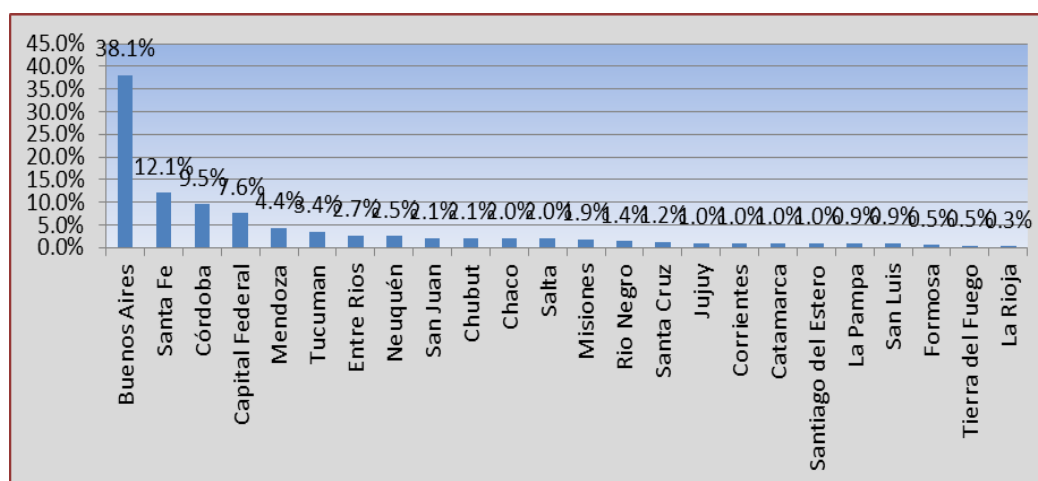


Fig. 3-15. Porcentaje del consumo de aceites lubricantes y grasas por provincia

La región pampeana es el 68.2% del consumo anual de lubricantes y grasas:

Región	Provincia	Grasas	Lubr. Automot.	Lubr. industr.	Lubr. marinos	Grand Total	% Región
REGION PAMPEANA	Buenos Aires	33.1%	38.0%	37.7%	56.2%	38.1%	68.22%
REGION PAMPEANA	Santa Fe	14.1%	9.0%	16.8%	16.6%	12.1%	68.22%
REGION PAMPEANA	Córdoba	10.5%	10.0%	9.3%	0.0%	9.5%	68.22%
REGION PAMPEANA	Capital Federal	7.0%	6.7%	8.5%	17.4%	7.6%	68.22%
REGION PAMPEANA	La Pampa	1.3%	1.3%	0.4%	0.0%	0.9%	68.22%
REGIÓN NOROESTE	Tucumán	2.9%	3.4%	3.5%	0.0%	3.4%	8.66%
REGIÓN NOROESTE	Salta	2.5%	2.4%	1.6%	0.0%	2.0%	8.66%
REGIÓN NOROESTE	Jujuy	1.3%	1.3%	0.6%	0.0%	1.0%	8.66%
REGIÓN NOROESTE	Catamarca	0.9%	1.4%	0.4%	0.0%	1.0%	8.66%
REGIÓN NOROESTE	Santiago del Estero	1.8%	1.2%	0.6%	0.0%	1.0%	8.66%
REGIÓN NOROESTE	La Rioja	0.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.3%	8.66%

Región	Provincia	Grasas	Lubr. Automot.	Lubr. industr.	Lubr. marinos	Grand Total	% Región
REGIÓN NORESTE	Entre Ríos	2.9%	3.4%	1.6%	0.8%	2.7%	8.08%
REGIÓN NORESTE	Chaco	4.0%	2.5%	1.1%	2.9%	2.0%	8.08%
REGIÓN NORESTE	Misiones	2.2%	2.4%	1.0%	0.1%	1.9%	8.08%
REGIÓN NORESTE	Corrientes	1.2%	1.2%	0.7%	0.0%	1.0%	8.08%
REGIÓN NORESTE	Formosa	0.7%	0.7%	0.2%	0.0%	0.5%	8.08%
REGIÓN PATAGÓNICA	Neuquén	1.7%	1.8%	3.9%	0.0%	2.5%	7.64%
REGIÓN PATAGÓNICA	Chubut	1.7%	1.9%	2.4%	1.8%	2.1%	7.64%
REGIÓN PATAGÓNICA	Río Negro	1.1%	1.3%	1.5%	1.0%	1.4%	7.64%
REGIÓN PATAGÓNICA	Santa Cruz	0.8%	0.9%	1.7%	0.6%	1.2%	7.64%
REGIÓN PATAGÓNICA	Tierra del Fuego	0.1%	0.3%	0.8%	2.5%	0.5%	7.64%
REGIÓN DE CUYO	Mendoza	3.9%	5.1%	3.5%	0.0%	4.4%	7.40%
REGIÓN DE CUYO	San Juan	3.0%	2.7%	1.3%	0.0%	2.1%	7.40%
REGIÓN DE CUYO	San Luis	1.0%	1.0%	0.8%	0.0%	0.9%	7.40%

Tabla 3-8. Porcentaje del consumo de aceites lubricantes y grasas por región<sup>23</sup>

En las tablas antes mencionadas, las provincias hacen referencia a las regiones que componen la república Argentina según el INDEC. Nótese que, a pesar de la extensión geográfica de las regiones, el consumo de lubricantes y grasas en el noroeste es similar a la del noreste y en la patagónica es casi similar a la del cuyo. La región pampeana es por lejos el consumidor por excelencia debido a la concentración poblacional e industrial de sus provincias, principalmente la de Buenos Aires:

<sup>23</sup> <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3300>



Fig. 3-16. Mapa de la República Argentina separada por regiones

Para buscar un lugar estratégico para la instalación de la planta de tratamiento del aceite usado deberá considerarse el consumo y las distancias de la recolección para su posterior tratamiento.

Según datos de la secretaría de energía, las principales refinerías del país se encuentran en la provincia de Buenos Aires siendo la más importante, en relación al volumen anual de lubricantes producidos, el de La Plata de la empresa YPF.



Esta refinería representa el 48% del volumen procesado en nuestro país por lo que, a los fines de nuestro proyecto, es el punto para la instalación de la planta para la recuperación del aceite lubricante usado recolectado del país.

refinería	empresa	Bases Lubrificantes	Grasas	Lubrificantes automotrices	Lubrificantes industriales	Lubrificantes marinos	Grand Total	% Total
La Plata	YPF S.A.	90974	4331	73673	44369	1229	214576	48%
Campana	ESSO S.A.P.A.	576	474	44623	12954	2998	61625	14%
Dock Sud	SHELL C.A.P.S.A.	2779	2135	23711	26552	1231	56408	13%
Tablada Blending	TOTAL ESPECIALIDADES Arg.	0	991	28390	5145	0	34526	8%
Dock Sud-DAPSA	Destilería Argentina de Petróleo S.A.	0	1038	6992	10827	698	19555	4%
PETRONAS	PETRONAS LUBRICANTS ARGENTINA	0	0	15296	1880	0	17176	4%
Elicábe	PETROBRAS ARGENTINA S.A.	0	0	9668	6149	51	15868	4%
Planta GULF	GULF OIL ARGENTINA S.A.	0	245	10922	693	0	11860	3%
Francisco Solano	INGENIERIA AMBIENTAL S.A.	6416	0	0	0	0	6416	1%
Pacheco - FUCHS ARG.	FUCHS ARGENTINA S.A.	0	0	0	4522	0	4522	1%
Parque Ind. Pilarica	NUEVA ENERGÍA ARGENTINA S.A.	4308	0	0	0	0	4308	1%
Planta LOMA HERMOS	INTERLUB S.A.	0	46	597	230	0	874	0%
Planta Vicente Casares	BRUERRE-EME	0	3	0	445	0	447	0%

Tabla 3-9. Refinerías y los subproductos obtenidos (m3) correspondiente<sup>24</sup>

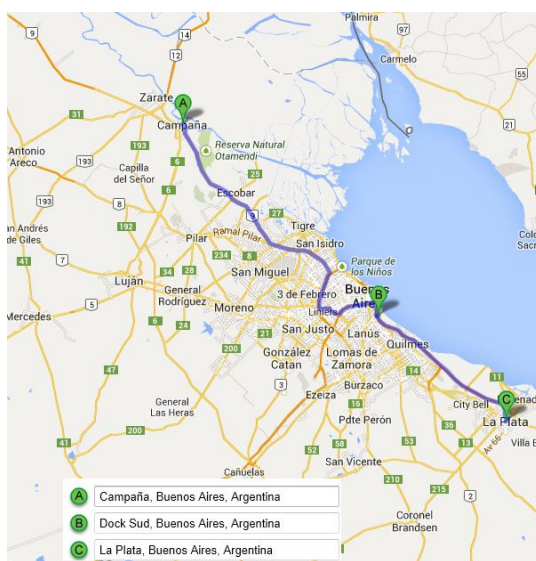


Fig. 3-17. Ubicación geográfica de las principales refinerías (Buenos Aires) Definido instalar una refinería en la ciudad de La Plata (provincia de Buenos Aires) debemos considerar el costo de transporte desde cada provincia hacia este punto para tener un estimado del costo asociado al transporte de este residuo para su posterior tratamiento.

<sup>24</sup> <http://energia3.meccon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3300>

## Costo por transporte

La Cámara Argentina del Transporte Automotor de Mercancías y residuos Peligrosos (CATAMP) presenta un tarifario del costo por km total recorrido más una tarifa fija por día de transporte. Para este cálculo debe tenerse en cuenta no tan solo la distancia (en km) desde la ciudad de origen hacia su destino, sino también, los días implicados para su transporte. En la parte inferior de la tabla siguiente tenemos dos ejemplos para el cálculo de estos costos.

TARIFA TOTAL = TARIFA FIJA DIARIA + TARIFA VARIABLE POR KM. TOTAL RECORRIDO			
TARIFA FIJA DIARIA (6.225,00 \$/DIA)		+	TARIFA VARIABLE POR KM. TOTAL RECORRIDO = 8,84 \$/KM. (CARGADO + VACIO)
1 DIA = 6.225,00			1 KM. = \$8,84
2 DIAS = 12.450,00			2 KM. = \$17,68
3 DIAS = 18.675,00			3 KM. = \$26,52
4 DIAS = 24.900,00			4 KM. = \$35,36
5 DIAS = 31.125,00			5 KM. = \$44,20
6 DIAS = 37.350,00			6 KM. = \$53,04
7 DIAS = 43.575,00			7 KM. = \$61,88
8 DIAS = 49.800,00			8 KM. = \$70,72
9 DIAS = 56.025,00			9 KM. = \$79,56
10 DIAS = 62.250,00			10 KM. = \$88,40
11 DIAS = 68.475,00			100 KM. = \$884,00
12 DIAS = 74.700,00			150 KM. = \$1.326,00
13 DIAS = 80.925,00			200 KM. = \$1.768,00
14 DIAS = 87.150,00			250 KM. = \$2.210,00
15 DIAS = 93.375,00			300 KM. = \$2.652,00
16 DIAS = 99.600,00			350 KM. = \$3.094,00
17 DIAS = 105.825,00			400 KM. = \$3.536,00
18 DIAS = 112.050,00			450 KM. = \$3.978,00
19 DIAS = 118.275,00			500 KM. = \$4.420,00
20 DIAS = 124.500,00			550 KM. = \$4.862,00
21 DIAS = 130.725,00			600 KM. = \$5.304,00
22 DIAS = 136.950,00			650 KM. = \$5.746,00
23 DIAS = 143.175,00			700 KM. = \$6.188,00
24 DIAS = 149.400,00			750 KM. = \$6.630,00
25 DIAS = 155.625,00			800 KM. = \$7.072,00
26 DIAS = 161.850,00			850 KM. = \$7.514,00
27 DIAS = 168.075,00			900 KM. = \$7.956,00
28 DIAS = 174.300,00			950 KM. = \$8.398,00
29 DIAS = 180.525,00			1000 KM. = \$8.840,00
30 DIAS = 186.750,00			1050 KM. = \$9.282,00
			1100 KM. = \$9.724,00
			1150 KM. = \$10.166,00
			1200 KM. = \$10.608,00
			1300 KM. = \$11.492,00
			1400 KM. = \$12.376,00
			1500 KM. = \$13.260,00
			1600 KM. = \$14.144,00
			1700 KM. = \$15.028,00
			1800 KM. = \$15.912,00
			1900 KM. = \$16.796,00
			2000 KM. = \$17.680,00
			2100 KM. = \$18.564,00
			2200 KM. = \$19.448,00
			2300 KM. = \$20.332,00
			2400 KM. = \$21.216,00
			2500 KM. = \$22.100,00
			2600 KM. = \$22.984,00
			2700 KM. = \$23.868,00
			2800 KM. = \$24.752,00
			2900 KM. = \$25.636,00
			3000 KM. = \$26.520,00
			3100 KM. = \$27.404,00
			3200 KM. = \$28.288,00
			3300 KM. = \$29.172,00
			3400 KM. = \$30.056,00
			3500 KM. = \$30.940,00
			3600 KM. = \$31.824,00
			3700 KM. = \$32.708,00
			3800 KM. = \$33.592,00
			3900 KM. = \$34.476,00
			4000 KM. = \$35.360,00
			4100 KM. = \$36.244,00
			4200 KM. = \$37.128,00
			4300 KM. = \$38.012,00
			4400 KM. = \$38.896,00
			4500 KM. = \$39.780,00

<b>EJEMPLO 1:</b> VIAJE = BS. AS. - ROSARIO - BS. AS. = 700 KM. (IDA + VUELTA) EMPLEANDO 1 DIA = 6.225 \$ / DIA x 1 DIA / VIAJE + 700 KM. x 8,84 \$/KM. = 12.413,00 \$ + IVA.
<b>EJEMPLO 2:</b> VIAJE = BS. AS. - ROSARIO - BS. AS. = 700 KM. (IDA + VUELTA) EMPLEANDO 2 DIAS = 6.225 \$ / DIA x 2 DIAS / VIAJE + 700 KM. x 8,84 \$/KM. = 18.638,00 \$ + IVA.

Tabla 3-10. Tarifa para el transporte de sustancias liquidas peligrosas a granel<sup>25</sup>

De lo mencionado anteriormente, se confecciona una tabla con el coste total anual por transporte del aceite usado desde la capital de cada provincia hasta la ciudad de La Plata (Bs. As.). Esto es así, porque la mayor generación se realiza en estas ciudades por la alta concentración de habitantes, empresas y automóviles.

<sup>25</sup> <http://www.catamp.org.ar/servicios/Index/costos>

Region	Provincia	Grand Total	% Region	Desde La Plata (BsAs)	dist (km)	tiempo (hs)	Cant viajes	Km recorridos	Cost x km	Cost fijo	Cost Tot
REGION PAMPEANA	Buenos Aires	38.1%	68.22%	Campana	142	1.3	9498.1	1,348.7mil	\$11,922.8mil	\$0.0mil	\$11,922.8mil
REGION PAMPEANA	Santa Fe	12.1%	68.22%	Rosano	391	4	3002.2	1,173.9mil	\$10,377.1mil	\$0.0mil	\$10,377.1mil
REGION PAMPEANA	Córdoba	9.5%	68.22%	Cordoba	791	8.1	2375.7	1,879.2mil	\$16,612.0mil	\$14,788.8mil	\$31,400.8mil
REGION PAMPEANA	Capital Federal	7.6%	68.22%	Retiro	55	0.45	1887.7	103.8mil	\$917.8mil	\$0.0mil	\$917.8mil
REGION PAMPEANA	La Pampa	0.9%	68.22%	Santa Rosa	651	7.5	226.8	147.7mil	\$1,305.3mil	\$1,411.9mil	\$2,717.2mil
REGIÓN NOROESTE	Tucuman	3.4%	8.66%	S.M. Tucuman	1325	14.75	843.6	1,117.7mil	\$9,880.8mil	\$5,251.3mil	\$15,132.1mil
REGIÓN NOROESTE	Salta	2.0%	8.66%	Salta	1606	18.5	506.3	813.1mil	\$7,188.1mil	\$3,151.8mil	\$10,339.9mil
REGIÓN NOROESTE	Jujuy	1.0%	8.66%	S. S. Jujuy	1624	19	256.7	416.9mil	\$3,685.1mil	\$1,597.9mil	\$5,283.0mil
REGIÓN NOROESTE	Catamarca	1.0%	8.66%	S.F. Catamarca	1228	13.5	242.6	297.9mil	\$2,633.7mil	\$1,510.3mil	\$4,144.0mil
REGIÓN NOROESTE	Santiago del Estero	1.0%	8.66%	S. del Estero	1180	13.2	238.7	281.6mil	\$2,489.7mil	\$1,485.7mil	\$3,975.4mil
REGIÓN NOROESTE	La Rioja	0.3%	8.66%	La Rioja	1221	13.25	68.5	83.6mil	\$739.0mil	\$426.2mil	\$1,165.2mil
REGIÓN NORESTE	Entre Ríos	2.7%	8.08%	Parana	608	6.1	673.1	409.2mil	\$3,617.8mil	\$4,190.1mil	\$7,807.9mil
REGIÓN NORESTE	Chaco	2.0%	8.08%	Resistencia	1026	11.2	506.9	520.1mil	\$4,597.8mil	\$3,155.6mil	\$7,753.4mil
REGIÓN NORESTE	Misiones	1.9%	8.08%	Posadas	1105	12	461.9	510.4mil	\$4,511.6mil	\$2,875.1mil	\$7,386.8mil
REGIÓN NORESTE	Comrientes	1.0%	8.08%	Comrientes	1006	11	243.4	244.9mil	\$2,164.6mil	\$1,515.2mil	\$3,679.9mil
REGIÓN NORESTE	Formosa	0.5%	8.08%	Formosa	1194	13.2	127.0	151.6mil	\$1,340.4mil	\$790.5mil	\$2,130.9mil
REGIÓN PATAGÓNICA	Neuquén	2.5%	7.64%	Neuquen	1197	14.5	625.9	749.1mil	\$6,622.4mil	\$3,895.9mil	\$10,518.4mil
REGIÓN PATAGÓNICA	Chubut	2.1%	7.64%	Rawson	1384	17.5	517.6	716.3mil	\$6,332.4mil	\$3,221.9mil	\$9,554.3mil
REGIÓN PATAGÓNICA	Río Negro	1.4%	7.64%	Viedma	924	11.5	345.6	319.4mil	\$2,823.3mil	\$2,151.6mil	\$4,974.9mil
REGIÓN PATAGÓNICA	Santa Cruz	1.2%	7.64%	Río Gallegos	2528	31.25	291.5	737.0mil	\$6,515.0mil	\$1,814.8mil	\$8,329.8mil
REGIÓN PATAGÓNICA	Tierra del Fuego	0.5%	7.64%	Usuhaia	3105	40.2	121.8	378.1mil	\$3,342.0mil	\$757.9mil	\$4,100.0mil
REGIÓN DE CUYO	Mendoza	4.4%	7.40%	Mendoza	1131	12.75	1089.8	1,232.5mil	\$10,895.6mil	\$6,783.8mil	\$17,679.5mil
REGIÓN DE CUYO	San Juan	2.1%	7.40%	San Juan	1195	14.25	527.1	629.9mil	\$5,368.4mil	\$3,281.3mil	\$8,649.7mil
REGIÓN DE CUYO	San Luis	0.9%	7.40%	San Luis	872	10.1	225.9	197.0mil	\$1,741.6mil	\$1,406.5mil	\$3,148.1mil

Tabla 3-11. Costo transporte del usado por provincia a planta de procesamiento<sup>26</sup>

<sup>26</sup> <http://www.catamp.org.ar/servicios/Index/costos>



Para el cálculo total, debemos calcular la cantidad de viajes de cada una de las provincias a la planta de reciclado en la ciudad de La Plata. Para ello vamos a considerar las siguientes variables:

- Capacidad camión: 25Tn
- Costo tarifa variable por km: \$8.84
- Costo tarifa fija diaria: \$6225.00

De lo tabla anterior, resulta que el costo total por transportes desde las provincias hasta la planta de refinación es de **\$ 193.30 millones**

Ahora bien, en cada provincia debe tenerse en cuenta que el volumen consumido tendría su equivalente aproximadamente en un mismo volumen de lubricante en desuso, por lo tanto, debemos contar con plantas de almacenamiento temporal hasta su traslado a la planta de re-refinado. Debería usarse una (o varias para tener mayor precisión) de las siguientes variables de referencia para la distribución geográficas de las plantas:

- el consumo de lubricante por partido o departamento,
- la cantidad y tamaño de empresas o PYMES en cada distritos
- la flota de equipos móviles (autos o camiones). Para este punto, podría considerarse la cantidad de patentamiento de cada municipio como referencia; o
- la población de cada distrito.

Definido que cada 25Tn estaremos haciendo un viaje hacia la planta de tratamiento, por lo tanto, cada planta de almacenamiento tiene una capacidad de 100m<sup>3</sup> con un margen de seguridad de 4 con un tiempo máximo de estadía de 15 días.

Como ejemplo, en la provincia de Buenos Aire, se necesitan 49 plantas de almacenamientos que serán distribuidas estratégicamente en todo el distrito para el acopio del aceite usado. Se observa, en la figura siguiente, la densidad poblacional correspondiente al Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2016. Nótese que la distribución poblacional no es uniforme concentrándose el mayor porcentaje en la zona denominada “Gran Buenos Aires”<sup>27</sup> por lo tanto la mayor concentración

---

<sup>27</sup><http://www.ec.gba.gov.ar/estadistica/librocenso2016.pdf>

de las plantas de almacenamiento estarían allí si consideramos la población únicamente.

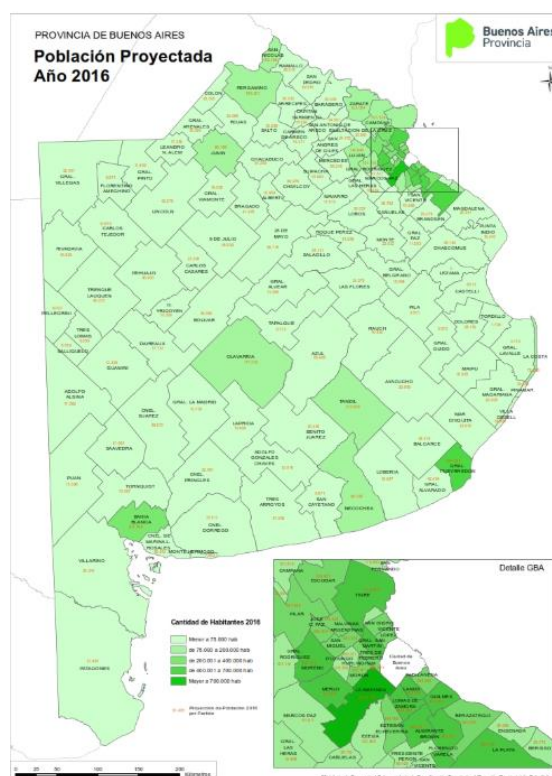


Fig. 3-18. Distribución población de la provincia de Buenos Aires. Censo 2016<sup>28</sup>

En la tabla siguiente se determina la cantidad de plantas de almacenamiento por provincia considerando el consumo anual de lubricantes

Región	Provincia	Vol. Anual (Tn)	Vol. por quincena (Tn)	Cant planta (cap. 100 m3)
REGION PAMPEANA	Buenos Aires	118726.32	4879.16	49.00
REGION PAMPEANA	Santa Fe	37528.06	1542.25	16.00
REGION PAMPEANA	Córdoba	29696.36	1220.40	13.00
REGION PAMPEANA	Capital Federal	23596.87	969.73	10.00
REGIÓN DE CUYO	Mendoza	13622.18	559.82	6.00
REGIÓN DEL NOROESTE	Tucumán	10544.74	433.35	5.00
REGIÓN DEL NORESTE	Entre Ríos	8413.84	345.77	4.00
REGIÓN PATAGÓNICA	Neuquén	7823.15	321.50	4.00
REGIÓN DE CUYO	San Juan	6588.97	270.78	3.00
REGIÓN PATAGÓNICA	Chubut	6469.75	265.88	3.00
REGIÓN DEL NORESTE	Chaco	6336.62	260.41	3.00

<sup>28</sup> Censo 2016 Provincia de Buenos Aire. Resultados Definitivos por Partidos. Año 2010, Dirección Provincial de estadísticas, Subsecretaría de hacienda, Ministerio de Economía, provincia de Buenos Aires.

Región	Provincia	Vol. Anual (Tn)	Vol. por quincena (Tn)	Cant planta (cap.100 m3)
REGIÓN DEL NOROESTE	Salta	6328.88	260.09	3.00
REGIÓN DEL NORESTE	Misiones	5773.35	237.26	3.00
REGIÓN PATAGÓNICA	Rio Negro	4320.51	177.56	2.00
REGIÓN PATAGÓNICA	Santa Cruz	3644.15	149.76	2.00
REGIÓN DEL NOROESTE	Jujuy	3208.63	131.86	2.00
REGIÓN DEL NORESTE	Corrientes	3042.60	125.04	2.00
REGIÓN DEL NOROESTE	Catamarca	3032.68	124.63	2.00
REGIÓN DEL NOROESTE	Santiago del Estero	2983.43	122.61	2.00
REGION PAMPEANA	La Pampa	2835.18	116.51	2.00
REGIÓN DE CUYO	San Luis	2824.20	116.06	2.00
REGIÓN DEL NORESTE	Formosa	1587.37	65.23	1.00
REGIÓN PATAGÓNICA	Tierra del Fuego	1521.98	62.55	1.00
REGIÓN DEL NOROESTE	La Rioja	855.84	35.17	1.00
	Total	311305.67	12793.38	141.00

Tabla 3-12. Cantidad de planta de almacenamiento por provincia.

Como referencia, la construcción de una planta de 14m<sup>3</sup> es de USD 50 mil y extrapolando para una planta de 100m<sup>3</sup> su valor aproximado será de USD 357.2 mil. Por lo tanto por las **141** planta en todo el país la inversión será de USD 50.36 millones o \$ **1007.3 millones** de pesos argentinos.

### Costo por importación de aditivos y base de lubricante

Argentina, a lo largo de estos últimos años, realizó importación y exportación de aceites lubricantes, bases y aditivos como materias primas para la elaboración nacional.

En la tabla de abajo, se detalla desde el año 2000 hasta el parte del año 2017, el volumen de importación y exportación (en m<sup>3</sup>) y el precio por litros (USD/lts.) de lubricantes, bases y aditivos

Año m3	Tipos Comercio	Variables															
		Aditivos Lubricantes (m3)	Aditivos Lubricantes (USD)	Bases Lubricantes (m3)	Bases Lubricantes (USD)	Lubricantes automotrices (m3)	Lubricantes automotrices (USD)	Lubricantes Industriales (m3)	Lubricantes Industriales (USD)	Lubricantes marinos (m3)	Lubricantes marinos (USD)	Adit. Bases Lub (USD/Lts)	Bases Lub (USD/Lts)	Lub. General (USD/Lts)	Adit. Bases Lub (vol. m3)	Bases Lub (vol. m3)	Lub. General (vol. m3)
2000	Export	1.2mil	702.4mil	18.4mil	7,029.1mil	3.3mil	2,441.9mil	699.0	636.9mil	1760	245.2mil	0.60	0.38	0.49	1.2mil	18.4mil	4.2mil
2001	Export	78.0	69.9mil	81.6mil	26,392.2mil	21.5mil	13,773.9mil	406.0	1,387.0mil	470	74.1mil	0.90	0.32	0.62	0.1mil	81.6mil	21.9mil
2002	Export	1.1mil	858.8mil	60.3mil	15,537.8mil	15.3mil	10,445.5mil	2.4mil	1,099.7mil	1260	144.8mil	0.78	0.26	0.51	1.1mil	60.3mil	17.9mil
2003	Export	19.0	38.1mil	71.7mil	24,290.8mil	40.2mil	16,344.5mil	3.7mil	2,024.0mil	1860	233.2mil	2.01	0.34	0.34	0.0mil	71.7mil	44.1mil
2004	Export	12.5mil	5,127.4mil	28.9mil	10,820.5mil	33.1mil	31,720.0mil	7.8mil	5,132.4mil	2870	392.0mil	0.41	0.37	0.64	12.5mil	28.9mil	41.2mil
2005	Export	638.6	702.4mil	28.9mil	17,727.5mil	27.9mil	26,757.4mil	8.3mil	6,051.6mil	1690	284.7mil	1.10	0.61	0.60	0.6mil	28.9mil	36.3mil
2006	Export	56.0	172.4mil	19.7mil	14,396.4mil	51.5mil	37,181.5mil	7.6mil	7,965.4mil	2710	533.5mil	3.08	0.73	0.56	0.1mil	19.7mil	59.3mil
2007	Export	183.3	506.4mil	17.2mil	9,457.9mil	20.5mil	28,896.0mil	9.4mil	11,463.1mil	7190	1,179.5mil	2.76	0.55	0.75	0.2mil	17.2mil	30.7mil
2008	Export	68.8	548.3mil	90.7	46.7mil	10.7mil	20,925.2mil	12.2mil	18,775.8mil	7550	1,710.4mil	7.97	0.51	0.81	0.1mil	0.1mil	23.6mil
2009	Export	256.6	836.4mil	9.1mil	4,330.2mil	9.4mil	17,406.9mil	4.8mil	6,698.9mil	1720	386.3mil	3.26	0.48	0.95	0.3mil	9.1mil	14.4mil
2010	Export	19.1	41.3mil	667.4	211.9mil	1.3mil	3,162.0mil	25.2mil	42,289.3mil	21.7mil	26,191.9mil	2.16	0.32	0.67	0.0mil	0.7mil	49.4mil
2011	Export	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3mil	3,296.8mil	29.7mil	66,745.1mil	21.7mil	34,635.9mil	983.5	1,718.5mil	0.95	0.0mil	0.0mil	53.7mil
2012	Export	2.8	32.9mil	97.4	169.2mil	472.7	1,335.3mil	26.0mil	55,775.5mil	19.5mil	27,754.9mil	11.84	1.74	0.91	0.0mil	0.1mil	46.8mil
2013	Export	0.5	4.1mil	16.0	21.1mil	402.8	1,093.4mil	16.8mil	35,218.0mil	9.8mil	13,153.1mil	8.97	1.32	0.94	0.0mil	0.0mil	27.7mil
2014	Export	0.2	3.3mil	7.0	16.8mil	334.1	887.6mil	8.1mil	15,639.7mil	11.8mil	13,592.9mil	16.33	2.40	0.67	0.0mil	0.0mil	20.7mil
2015	Export	8.9	92.5mil	313.0	474.9mil	372.1	863.4mil	8.3mil	11,741.6mil	8.9mil	8,544.7mil	10.34	1.52	0.52	0.0mil	0.3mil	18.3mil
2016	Export	0.1	868.3	5.0	4.5mil	389.0	1,034.5mil	8.9mil	11,467.9mil	8.6mil	7,815.5mil	6.08	0.89	0.49	0.0mil	0.0mil	18.7mil
2017	Export	0.0	398.8	1.5	2.0mil	591.7	1,528.3mil	11.1mil	15,480.9mil	12.3mil	11,912.8mil	9.54	1.40	0.52	0.0mil	0.0mil	24.7mil
2000	Import	9.0mil	3,424.3mil	134.8mil	3,725.2mil	2.0	26.0mil	3.3mil	996.3mil	1760	245.2mil	0.38	0.03	0.27	9.0mil	134.8mil	3.5mil
2001	Import	554.0	1,135.6mil	41.6mil	6,408.8mil	0.0	49.5mil	26.0mil	10,071.6mil	470	74.1mil	2.05	0.15	0.39	0.6mil	41.6mil	26.0mil
2002	Import	4.3mil	10,083.1mil	20.2mil	19,515.9mil	7.0	18.3mil	913.6	560.4mil	1260	144.8mil	2.37	0.96	0.48	4.3mil	20.2mil	1.0mil
2003	Import	10.1mil	19,454.3mil	24.4mil	10,802.6mil	9.7	41.7mil	21.3	35.2mil	1860	233.2mil	1.93	0.44	0.95	10.1mil	24.4mil	0.2mil
2004	Import	6.9mil	15,941.1mil	19.7mil	14,174.7mil	97.0	401.0mil	1.8mil	2,332.4mil	2870	392.0mil	2.30	0.72	0.92	6.9mil	19.7mil	2.1mil
2005	Import	7.2mil	13,632.6mil	22.1mil	13,790.0mil	27.0	75.9mil	8.4mil	1,751.5mil	1690	284.7mil	1.90	0.62	0.20	7.2mil	22.1mil	8.6mil
2006	Import	8.8mil	22,138.4mil	33.5mil	39,560.1mil	57.1	141.5mil	3.8mil	8,007.4mil	2710	533.5mil	2.51	1.18	1.79	8.8mil	33.5mil	4.1mil
2007	Import	13.8mil	35,189.3mil	52.5mil	47,464.1mil	27.0	93.8mil	2.8mil	6,958.4mil	7190	1,179.5mil	2.54	0.90	1.63	13.8mil	52.5mil	3.5mil
2008	Import	7.0mil	28,201.7mil	15.1mil	57,124.3mil	35.0	164.1mil	557.0	8,099.2mil	7550	1,710.4mil	4.00	3.78	3.20	7.0mil	15.1mil	1.3mil
2009	Import	6.7mil	26,469.8mil	21.4mil	27,470.7mil	21.0	187.5mil	1.4mil	10,215.4mil	1720	386.3mil	3.95	1.28	5.82	6.7mil	21.4mil	1.5mil
2010	Import	13.7mil	33,365.1mil	43.7mil	34,633.8mil	448.0	1,397.8mil	6.1mil	14,616.6mil	5.7mil	13,546.5mil	2.44	0.79	1.12	13.7mil	43.7mil	12.2mil
2011	Import	19.8mil	73,660.1mil	63.5mil	76,460.8mil	476.0	1,802.1mil	11.3mil	34,896.8mil	5.8mil	10,990.0mil	3.71	1.20	1.49	19.8mil	63.5mil	17.5mil
2012	Import	17.7mil	59,617.7mil	56.6mil	61,884.5mil	505.3	2,216.6mil	8.2mil	29,498.0mil	5.3mil	12,830.7mil	3.37	1.09	1.58	17.7mil	56.6mil	14.1mil
2013	Import	26.6mil	73,055.1mil	85.2mil	75,832.8mil	531.5	2,052.2mil	8.6mil	28,693.3mil	4.6mil	11,621.6mil	0.0	0.89	1.59	26.6mil	85.2mil	13.8mil
2014	Import	24.3mil	75,983.7mil	77.8mil	78,872.8mil	594.3	2,354.8mil	7.2mil	25,473.8mil	5.1mil	11,985.7mil	3.13	1.01	1.49	24.3mil	77.8mil	12.8mil
2015	Import	23.7mil	59,252.7mil	75.8mil	61,505.7mil	998.5	4,180.1mil	10.0mil	33,889.3mil	5.1mil	15,161.2mil	2.50	0.81	1.64	23.7mil	75.8mil	16.0mil
2016	Import	16.6mil	34,246.6mil	53.3mil	35,548.8mil	326.8	1,275.0mil	6.4mil	19,928.3mil	11.7mil	16,169.3mil	2.06	0.67	0.93	16.6mil	53.3mil	18.5mil
2017	Import	25.9mil	72,745.0mil	83.0mil	75,510.9mil	519.7	2,236.5mil	9.4mil	25,861.5mil	9.1mil	14,365.5mil	2.81	0.91	1.03	25.9mil	83.0mil	19.1mil

Tabla 3-13. Costo y vol. de aceites, bases y aditivos (importación/exportación)

De lo anterior obtenemos valores promedio de exportación e importación de aditivos, bases y lubricantes en general:

	Promedio anual	Adit. Bases Lub (USD/Lts)	Bases Lub (USD/Lts)	Lub. General (USD/Lts)	Adit. Bases Lub (vol. m <sup>3</sup> )	Bases Lub (vol. m <sup>3</sup> )	Lub. General (vol. m <sup>3</sup> )
Promedio	Export	USD 5.18	USD 0.83	USD 0.66	0.9mil	18.7mil	30.8mil
Promedio	Import	USD 2.59	USD 0.97	USD 1.47	13.5mil	51.3mil	9.8mil
2017	Export	USD 9.54	USD 1.40	USD 0.52	0.0mil	0.0mil	24.7mil
2017	Import	USD 2.81	USD 0.91	USD 1.03	25.9mil	83.0mil	19.1mil
Tasa cambio	Export	0.699	0.085	0.009	-157.490	-3825.207	22.111
Tasa cambio	Import	0.079	0.030	0.059	1282.685	1614.310	745.620

Tabla 3-14. Promedio exportación/importación de aditivos, bases y lubricantes.

Del cuadro anterior, resulta que importar aceite lubricante en el año 2017, tiene un costo de aproximadamente USD 1.03 FOB<sup>29</sup>. Si aplicamos un coeficiente de 1.8 del valor de la mercadería para agregar el costo de transporte, fletes, seguros, gastos de aduana, etc. vemos que, por ejemplo:

- Si analizamos el caso del aceite base:

El costo del aceite base importado es de  $USD\ 0.91 * 1.8 = USD\ 1.64$

Si consideramos un dólar de \$20 esto sería:  $USD\ 1.64 * \$20 = \$32.76$

- El costo del aceite importado es de  $USD\ 1.03 * 1.8 = USD\ 1.85$

Si consideramos un dólar de \$20 esto sería:  $USD\ 1.85 * \$20 = \$37.08$

O sea, si pudiésemos evitar la importación del aceite lubricante, habría un ahorro de:  $USD\ (1.03-0.52)/Lts. = 0.51\ USD/Lts.$

### Precios de venta al público

Para establecer el cálculo del valor promedio de venta de aceite lubricante, vamos a analizar el mercado nacional e identificar el porcentaje de participación de los distintos tipos de lubricantes.

<sup>29</sup> Las siglas (acrónimo del término en inglés Free On Board, «franco a bordo, puerto de carga convenido») se refieren a un incoterm, o cláusula de comercio internacional, que se utiliza para operaciones de compraventa en que el transporte de la mercancía se realiza por barco (mar o vías de navegación interior).

Considerando este volumen y el precio promedio (por litros) de venta en el mercado nacional de las distintas marcas comerciales vamos a determinar un valor ponderado del litro de lubricante que nos va a permitir evaluar el proyecto de inversión de la planta de tratamiento del aceite usado.

En la tabla inferior, se detalla el mercado de lubricante a nivel nacional por empresa y la comparativa entre el año 2016 y el 2017<sup>30</sup>:

MERCADO TOTAL PAIS - ACUMULADO				
LUBRICANTES	AÑO 2016	PART. DE MERCADO %	AÑO 2017	PART. DE MERCADO %
YPF	112.721	37,9%	113.193	39,5%
SHELL	53.700	18,1%	51.758	18,1%
ESSO	35.613	12,0%	35.291	12,3%
TOTAL ESP.	36.995	12,4%	35.677	12,4%
PETROBRAS	14.752	5,0%	15.303	5,3%
PETRONAS	14.891	5,0%	14.730	5,1%
RESTO	28.781	9,7%	20.723	7,2%
TOTAL	297.454		286.676	

Tabla 3-15. Mercado de lubricantes en Argentina. Participación por empresa

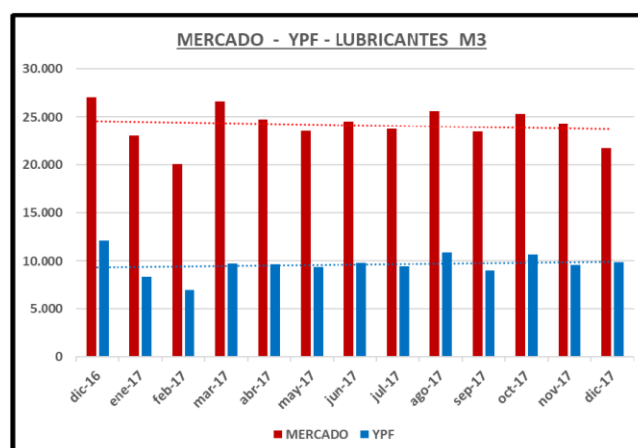


Fig. 3-19. Evolución mensual consumo lubricantes.

Por razones técnicas y económicas las empresas productoras impulsan en sus puntos de ventas los productos de mayor valor agregado (Semi Sintético y Sintético). Los motores modernos requieren este tipo de aceites lubricantes, que incluso son explícitamente recomendados en los manuales y fichas técnicas de los autos.

<sup>30</sup> <http://www.aoyfp.org/wp-content/uploads/2018/02/MERCADO-DE-HIDROCARBUROS-DICIEMBRE-2017-VF.pdf>

Mercado de Aceites Lubricantes Argentina		
<i>Volumen de Mercado por Sub Segmento tipo de aceite</i>		
Segmento	Volumen (m3)	Participación (%)
Sintético y Semi Sintético	99.073	53%
Monogrado	47.548	26%
Otros (Agro, Motos, Otros diesel, etc)	39.197	21%
<b>TOTAL</b>	<b>185.819</b>	<b>100%</b>

Fig. 3-20. Mercado del aceite lubricante en Argentina. Analizando el mercado nacional de lubricantes, los precios promedio de venta al público para los distintos tipos de aceite de cada fabricante son:

Tipo Aceite	Empresa	Nombre	Env. (lts)	Precio	Precio/lts	
Sintetico	YPF	Aceite Sintetico F50 5w30 Elaion	4	\$1,200.00	\$300.00	
		Ypf Elaion F50e X4lt 100% Sintético 5w-30	4	\$1,400.00	\$350.00	
		Ypf Aceite Elaion F50 5w40 Sintetico 4	4	\$1,320.00	\$330.00	
		Tambor 205 Lts Ypf Elaion Sintetico 5w30	205	\$27,235.00	\$132.85	
	Shell	Aceite Shell Advance Ultra 4t 15w50 X 1lt - Sintetico	1	\$290.00	\$290.00	
		Aceite Shell Helix Ultra 5w30 X 4lts - Sintetico	4	\$1,250.00	\$312.50	
	Esso-Mob	Mobil1 Aceite Lubric. sintet 5w50	4	\$1,790.00	\$447.50	
		Orig.mercedes Benz Lubrione				
	Semi-sintetico	YPF	Aceite Motor Mobil 1 5w30 Sintetico 5 Litros Repuestodo	4	\$2,055.00	\$513.75
			Elaion Ypf F30 Semi-sintetico X4lts	4	\$682.00	\$170.50
Shell		Ypf Extravida Xv500 10w40 Semi-sintetico X205l Tambor	205	\$28,698.00	\$139.99	
		Aceite Shell Helix Hx7 10w40 Semi Sintetico X 4 Litros	4	\$750.00	\$187.50	
Esso-Mob		Aceite Mobil Super 2000 Formula P 10w40 Semi-sintetico X 4lt	4	\$762.00	\$190.50	

Tabla 3-16. Precio promedio del aceite lubricante en Argentina

Consideramos un valor promedio del aceite lubricante para la venta al público de **\$280.40 /litros**

### Tasa de cambio

Otra variable a considerar es la variación de la moneda argentina en función del dólar estadounidense (USD) y el euro (moneda de la comunidad europea). Para ello vamos a determinar la tasa de cambio de estas monedas en función del tiempo (en años) para luego considerarla en nuestro proyecto de la instalación de la planta de tratamiento de aceite usado. Nos basamos en datos del Mercado de cambio – Evolución de una moneda del Banco Central de la República Argentina (BCRA)<sup>31</sup>

<sup>31</sup> [http://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Evolucion\\_moneda\\_2.asp](http://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Evolucion_moneda_2.asp)

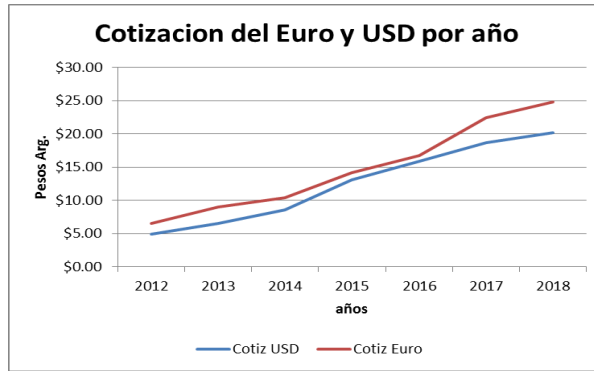


Fig. 3-21. Tipo de cambio del dólar y euro respecto al peso argentino por año

Correlativo a la figura anterior es la tabla siguiente y describe la variación anual de estas monedas extranjeras:

Año	Valor del dólar	Valor del euro
2012	\$4.9	\$6.5
2013	\$6.5	\$9.0
2014	\$8.6	\$10.3
2015	\$13.0	\$14.2
2016	\$15.9	\$16.7
2017	\$18.6	\$22.4
2018	\$20.2	\$24.8
Tasa de variacion (Moneda/año)	2.766	3.152

Tabla 3-17. Variación anual del dólar y del euro respecto al peso argentino

La tendencia de la inflación en Argentina desde el 2014 hasta el 2018 con un valor del 15% para el 2020, se muestra a continuación:

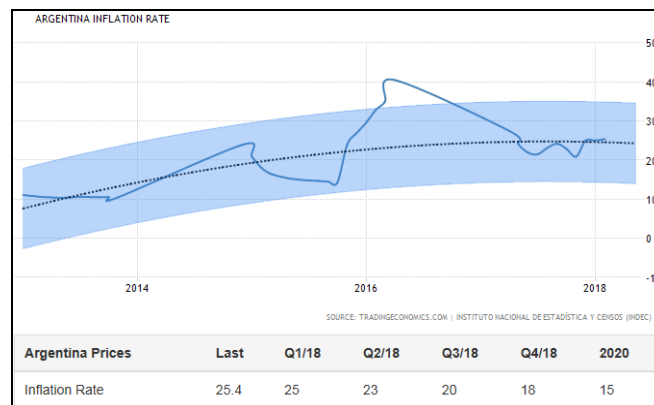


Fig. 3-22. Gráfico de la tasa de inflación anual. Año 2014 al 2018<sup>32</sup>



Hoy, un barril de crudo a nivel mundial, produce<sup>33</sup>:

Producto	Litros	Por.
Gasolina	79.5	52.5%
gasoil y destilados	34.0	22.4%
Lubricantes	15.0	9.9%
combustible para reactores	11.5	7.6%
residuos más pesados	11.5	7.6%
	151.5	100.0%

Tabla 3-18. Cantidad de los derivados del petróleo obtenidos de un barril

Una de las clasificaciones referida al origen de las bases lubricantes utilizados para la composición del producto<sup>34</sup> son:

- Lubricante mineral: la base se produce a partir del petróleo. Es de menor costo de producción, menor contenido de aditivos y menor valor agregado al negocio.
- Lubricante sintético: la base es fabricada en laboratorio mediante procesos físico-químicos. Resulta más costosa pero de mejores propiedades y prestaciones. Con alta proporción de aditivos es la de mayor valor agregado al negocio.
- Lubricante sema-sintético: es una mezcla de bases lubricantes minerales y sintéticas, en proporciones de acuerdo a las características del lubricante.

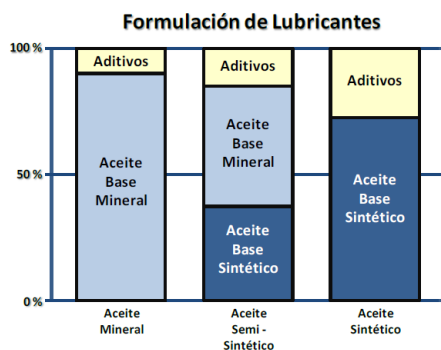


Fig. 3-23. Formulación de lubricantes

En el año 2017, según informe de la Secretaria de Energía de la Nación Argentina, los subproductos obtenidos de las refinerías nacionales son:

<sup>32</sup> <http://www.tradingeconomics.com/argentina/inflation-cpi/forecast>

<sup>33</sup> <http://www.monografias.com/trabajos35/petroleo/petroleo.shtml>

<sup>34</sup> Gustavo Nervo Montero, Reproceso y Comercialización de Aceite Lubricante Usado, Universidad Del CEMA, Noviembre De 2011

concepto	Total	concepto	Total
Gasoil Grado 2 (Común)	25.95%	Otros Tipos de Naftas	1.53%
Nafta Grado 2 (Súper)	15.43%	Lubricantes automotrices	0.54%
Nafta Grado 3 (Ultra)	6.92%	Solventes Aromáticos	0.36%
Nafta Virgen	6.28%	Destilado de Vacío	0.32%
Fueloil	5.97%	Lubricantes industriales	0.29%
Gas de Refinería	4.71%	Bases Lubricantes	0.26%
Otros Productos Livianos	4.59%	Solventes Alifáticos	0.19%
Aerokerosene (Jet)	4.51%	Solventes Hexano	0.14%
Gasoil Grado 3 (Ultra)	4.27%	Aguarras	0.12%
Coque	3.81%	Otros Tipos de Gasoil	0.10%
Otros Productos Medianos	3.30%	Kerosene	0.03%
Butano y Otros C4	2.47%	Diesel Oil	0.03%
Propano y Otros C3	2.31%	Grasas	0.02%
Mezclas IFO	2.02%	Nafta Grado 1 (Común)	0.02%
Otros Productos Pesados	1.81%	Lubricantes marinos	0.02%
Asfaltos	1.67%		

Tabla 3-19. Volumen de subproductos de principales refinerías argentinas

Los lubricantes (automotrices, industriales, marinos, grasas y bases) representan apenas el 1.13% del volumen total procesado

Con los datos suministrados por dicha secretaria, podríamos evitar la importación del aceite base y reemplazarlo por el aceite base recuperado. En el año 2017 la importación fueron dadas principalmente por las empresas Eso, YPF y Shell (suman 93.1% del mercado) tal como se describe en la tabla siguiente:

Empresas	Vol (m3)	Porc. Vol	Monto (USD)
ESSO S.A.P.A.	34086	41.08%	35,799,825.0
YPF S.A.	23388	28.19%	20,709,711.0
SHELL C.A.P.S.A.	19830	23.90%	13,678,383.0
PETROBRAS ARGENTINA S.A.	3622	4.36%	2,934,107.1
PETRONAS LUBRICANTS ARGENTINA S.A.	1500	1.81%	1,950,000.0
Nynas Argentina S.A.	432	0.52%	333,303.0
Destilería Argentina de Petróleo S.A.	69	0.08%	52,000.0
BRUERRE-EME	50	0.06%	53,590.7

Tabla 3-20. Principales importadoras de lubricantes (incluyen bases y grasas)

Si pudiésemos demostrar que el costo de recuperación del aceite base es menor al del aceite base virgen (importada o de origen nacional), sus costos de fabricación de lubricantes en general serían menor con la consecuencia de un margen de ganancia mucho mayor.

La evaluación de un proyecto en términos de elección, o selección de oportunidades de inversión, consiste en comparar los beneficios generados asociados a la decisión de inversión y su correspondiente desembolso de gastos. El proceso de evaluación de un proyecto se realiza a través de ciertos indicadores o parámetros de evaluación, cuyos resultados permiten tomar, entre otra cosa, una decisión de aceptación o

rechazo. Se inicia con la verificación de presupuestos de costos y los cuadros auxiliares de gastos e ingresos, por su respectiva tasa de descuento en el horizonte de planeamiento y finaliza con la determinación de las alternativas de inversión, a base de los siguientes indicadores: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación de la inversión (PRI). La aprobación de la inversión se realiza en base de los resultados de los indicadores cuyos valores con signos de mayor, menor o igual permiten recomendar como un proyecto aceptado, proyecto postergado o rechazado respectivamente.

## Interpretación del flujo de caja del proyecto

En el cuadro siguiente se exponen los conceptos explicados anteriormente:

#	Conceptos	Inflac.	Tasa crec.	Inver sión	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
1	Valor del dólar vs. pesos		USD/año 2.77		\$21.00	\$23.77	\$26.54	\$29.31	\$32.08	\$34.85	\$37.62	\$40.39	\$43.16	\$45.93
2	Valor del euro vs. pesos		Eur/año 3.15		\$25.00	\$28.15	\$31.30	\$34.46	\$37.61	\$40.76	\$43.91	\$47.06	\$50.22	\$53.37
3	Tasa recolección aceite usado/vol consum.		5%		50%	53%	56%	59%	62%	65%	69%	72%	76%	80%
4	Costo regeneración (\$/Th)				\$2,250.00	\$2,533.68	\$2,817.36	\$3,101.04	\$3,384.72	\$3,668.40	\$3,952.08	\$4,235.76	\$4,519.44	\$4,803.12
5														
6	Inver sion Planta Tratamiento (19MEur/60mT)			\$3,800.0M										
7	Inver sion Plantas d'almacenamiento provinciales + Equipamiento			\$1,148.3M										
8	Costo regeneración de planta (\$/tn). (incl. costo operativos e insumos)	20%		\$437.8M	\$654.7M	\$805.7M	\$981.4M	\$1,185.5M	\$1,421.9M	\$1,695.3M	\$2,010.9M	\$2,374.5M	\$2,792.8M	
9	Costo transporte (retiro de prov. a planta)	20%		\$193.3M	\$232.0M	\$278.4M	\$334.0M	\$400.8M	\$481.0M	\$577.2M	\$692.6M	\$831.2M	\$997.4M	
10	Costo mant. planta provinciales (recepción de expendedores de la zona)	20%		\$574.2M	\$689.0M	\$826.8M	\$992.1M	\$1,190.6M	\$1,428.7M	\$1,714.4M	\$2,057.3M	\$2,468.7M	\$2,962.5M	
11	Costo de transporte (de punto recepción a planta de almacenamiento provincial)	20%		\$96.7M	\$116.0M	\$139.2M	\$167.0M	\$200.4M	\$240.5M	\$288.6M	\$346.3M	\$415.6M	\$498.7M	
12	Costo anual de amortización inver sion de planta de tratamiento y plantas de almác.			\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M	\$494.8M
<b>13</b>	<b>Total Costo</b>				<b>\$1,796.7M</b>	<b>\$2,186.4M</b>	<b>\$2,544.8M</b>	<b>\$2,969.4M</b>	<b>\$3,472.1M</b>	<b>\$4,066.9M</b>	<b>\$4,770.3M</b>	<b>\$5,601.9M</b>	<b>\$6,584.8M</b>	<b>\$7,746.2M</b>
14	Costo base lts/regenerado (en \$/lts)			\$15.81	\$17.39	\$18.29	\$19.28	\$20.37	\$20.37	\$21.56	\$22.85	\$24.25	\$25.75	\$27.37
15	Costo base lts/regenerado (en USD/lts)			USD 0.75	USD 0.73	USD 0.69	USD 0.66	USD 0.63	USD 0.63	USD 0.62	USD 0.61	USD 0.60	USD 0.60	USD 0.60
16	Consumo lubricante(Th/año)		5%	311,305	326,870	343,214	360,375	378,393	397,313	417,179	438,038	459,939	482,936	
17	Tasa recup aceite base (comp. Asfalto 27%)			73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%	73%
18	Valor estimado import. aceite usado		0.03	USD 0.91	USD 0.94	USD 0.97	USD 1.00	USD 1.03	USD 1.06	USD 1.09	USD 1.12	USD 1.15	USD 1.18	
19	Costo importación base lub(USD/lts) FOB		50.0%	USD 0.46	USD 0.47	USD 0.49	USD 0.50	USD 0.52	USD 0.53	USD 0.55	USD 0.58	USD 0.60	USD 0.62	USD 0.64
20	Costo importación base lub nacional (\$/lts)		1.8	\$17.20	\$20.11	\$23.17	\$26.38	\$29.74	\$33.25	\$36.91	\$40.71	\$44.67	\$48.78	
21	Vol. importación base lub (volum m3)		0.2%	113.6mil	125.8mil	139.2mil	154.0mil	170.5mil	188.6mil	208.8mil	231.0mil	255.7mil	283.0mil	
<b>22</b>	<b>Ahorro p/importación base (venta interna)</b>				<b>\$1,954.3M</b>	<b>\$2,528.8M</b>	<b>\$3,224.4M</b>	<b>\$4,062.8M</b>	<b>\$5,068.9M</b>	<b>\$6,271.6M</b>	<b>\$7,704.5M</b>	<b>\$9,406.4M</b>	<b>\$11,421.9M</b>	<b>\$13,802.9M</b>
23	Flujo total de caja			-\$4,948.3M	\$342.3M	\$679.6M	\$1,093.4M	\$1,596.8M	\$2,204.7M	\$2,934.2M	\$3,804.4M	\$4,837.2M	\$6,056.7M	
24	PRI - Periodo Recuperación de Inver sion			5.5										
25	TIR - Tasa Interna Retorno			24.4%										
26	VAN 20% - Valor Actual Neto			\$1,340.8M										

Tabla 3-21-. Flujo de caja para Instalación de planta de reciclado de aceite usado

Los mismos cuenta con un índice en la primera columna desde el 0 hasta el 26.

Las columnas representan los años (1 a 10) del proyecto. Están identificados también, la inflación anual, la tasa de crecimiento y el monto de la inversión.

En la fila 13 del concepto “Total Costo” se visualiza el costo anual para el funcionamiento y mantenimiento de la planta con una tasa de recolección variable que va desde un 50% hasta un 80% definido en la fila 3.

Según estos parámetros, el costo para el tratamiento del aceite usado es de 15.81 \$/litros en el primer año (fila 14) que es muy por debajo del costo de importación del aceite base nacionalizado (\$17.20/litros). Esto representa una ventaja para la fabricación de lubricantes en nuestro país debido al costo del aceite base recuperada.

La fila 18 describe el costo estimado del aceite base importado (USD/lit) por año. Si el aceite recuperado lo vendiésemos al mercado interno a un precio por debajo, o sea del 50%, del valor del importado (fila 19) estaríamos dando una alternativa a los fabricantes nacionales de lubricantes de reducir sus costos de fabricación y, por consiguiente, reducir el precio de venta al público. Aun considerando el 50%, este valor es menor al costo de recuperación del aceite usado (fila 15).

La fila 22 de la tabla del flujo de fondo describe el ingreso por la venta del aceite base recuperada a los fabricantes nacionales de lubricantes. La fila 23, expone el resultado de los flujos de entradas y salidas de caja para cada periodo.

De los parámetros usados para la evaluación, vemos que el PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión) es del 5.5 (fila 24) esto quiere decir que en 5.5 años recuperamos la inversión realizada para la puesta en marcha de la planta.

El indicador TIR (Tasa Interna de Retorno, fila 25), conocido también como tasa de rentabilidad financiera representa aquella tasa porcentual que reduce a cero el valor actual neto del Proyecto. En nuestro caso es del 24.4% que es superior a la tasa de corte tomada del 20% lo que indica que el proyecto es factible de realizar.

El indicador VAN (Valor Actual Neto, fila 26) se conoce como el valor del dinero actual que va recibir el proyecto en el futuro con una tasa de interés y un periodo determinado, a fin de comparar este valor con la inversión inicial. Esto quiere decir que en nuestro caso, si consideramos 10 años de uso de la planta, bajo las condiciones establecidas en el flujo de caja, tendremos una ganancia de \$1,340.8M con la tasa de corte del 20%.

## Conclusiones

- De los resultados del estudio comparativo sobre la factibilidad de implantar tecnologías disponibles y económicamente viables para la recuperación de aceites lubricantes usados en Argentina se realizó un estudio comparativo. Se analizaron los siguientes métodos mundialmente utilizados: Proceso MEINKEN, Proceso Selecto Propano ácido-arcilla, Proceso selecto Propano-Hidroterminado, Proceso K.T.I, Kinetics Technology International, Proceso BERC, Bartlesville Energy Research Center, Proceso PROP, Procesos de Regeneración por Extracción con Propano. ***Se concluye la conveniencia de seleccionar el Proceso de Regeneración por Extracción con Propano por su enfoque tecnológico y la posibilidad de escalabilidad del proceso y conveniencia económica.*** Las otras tecnologías dificultan y encarecen el crecimiento.
- Del ***estudio de alternativas, la ubicación estratégica de la planta principal de recuperación del aceite usado se ubicaría en la ciudad de La Plata*** (Buenos Aires) en virtud de que el análisis de volúmenes y la tendencia estadística señalan que el 56% del aceite lubricante producido está ubicado en el cordón industrial bonaerense y si incluimos el 20% producido en la ciudad de Campana (BsAs) alcanza al 76%. El resto se distribuye en la región cercana al cordón industrial Rosario-La Plata y otros puntos del país.
- El resultado del ***estudio referente a la cantidad de plantas de almacenamiento temporal de aceites usados*** indica 141 unidades distribuidas estratégicamente en la región citada y en las principales ciudades de la República Argentina.
- Se demuestra que ***el costo de fabricación de lubricantes en el país es menor debido al bajo costo del aceite base recuperado***, comparándolo con el costo del aceite base importado como lo ***demuestra el análisis del Flujo de Caja.***
- Los resultados y las conclusiones de la investigación señalan que ***es posible alcanzar la recuperación del aceite base de alta calidad por medio del aceite usado reduciendo la importación hasta un 80% a través de procesos que***

*permiten emplear el residuo tratado como sustituto de materias primas o combustibles.*

- *El proceso de recuperación del aceite usado contribuye a una mejora en la balanza comercial de la Argentina al reducir la importación de aceites bases debido a la importante recuperación que se realizaría industrialmente.*
- *Los indicadores de VAN, TIR, PRI demuestran que el proyecto es factible desde el punto de vista económico.*
- *El margen positivo de ganancia, según lo descrito en el flujo de caja, podrá emplearse para financiar un Sistema Integrado de Gestión Ambiental y destinar recursos para trabajos de investigación y desarrollo con Universidades y Empresas Privadas para la búsqueda de tecnologías más eficientes y económicas a favor del medio ambiente.*
- Este documento científico-tecnológico constituye una base técnica científica que permite establecer políticas, por ejemplo, *elaborar un Plan Maestro para la Gestión Integral del Aceite Usado*. Este Plan permitiría asegurar un mecanismo eficaz en la Recogida, Transporte y Valorización del aceite industrial usado, además de desarrollar medidas de protección ambiental y optimizar recursos.
- *Resuelve el impacto actual por Contaminación Ambiental que causa la incineración y vertido de los residuos del tratamiento del aceite usado en los Recursos Naturales por que se utiliza tecnología que impactan severamente los recursos aire, agua y suelo en la República Argentina.*

# **Anexos**



## Anexo 1: Descripción de las características del aceite

Se indica a continuación una breve descripción de lo que hace cada aditivo:

- Los **detergentes** ayudan a mantener limpio el motor reaccionando químicamente con los productos de oxidación para evitar la formación y los depósitos de compuestos insolubles. Los detergentes que se usan hoy en día son sales metálicas llamadas: sulfonatos, fenatos, fosfenatos o salicilatos.
- Los **agentes alcalinos** ayudan a neutralizar ácidos. Los detergentes son también fuertes neutralizantes de ácidos, tornando los ácidos de la combustión y oxidación en inofensivas sales neutralizadas.
- Los **inhibidores de oxidación** ayudan a impedir el aumento de viscosidad, el desarrollo de ácidos orgánicos y la formación de materia carbonácea. Estos antioxidantes son las siguientes sustancias químicas: ditiafosfatos de zinc, sulfuros de fenato, aminas aromáticas, esterres sulfurizados y feholes.
- Los **dispersantes** ayudan a impedir la formación de sedimentos, diseminando los contaminantes y manteniéndolos en suspensión. Los tipos comunes de dispersantes incluyen los succinimidas polisobutilénicos y los esterres succínicos polisobutilánicos.
- Los **agentes antidesgaste** reducen la fricción formando una película sobre las superficies de metal, protegiéndolas contra la acción corrosiva. Los tipos principales de agentes son detergentes alcalinos, ditiafosfatos de zinc y ditiocarbamatos.
- Los **dispersantes del punto de fluidez** mantienen el aceite fluido a bajas temperaturas impidiendo la acumulación y aglomeración de cristales de cera. Estos dispersantes son polimetacrilatos, poliesters a base de estirenos, fenoles y naftalenos alquílicos.
- Los **mejoradores del índice de viscosidad** evitan el enrarecimiento del aceite a altas temperaturas. Los mejoradores del índice de viscosidad son productos químicos que “mejoran” (reducen) los cambios de viscosidad causados por los cambios de temperatura. Las sustancias que se usan como mejoradores de VI son los polisobutilánicos, polimetacrilatos, poliesters a base de estírenos, copolímeros a base de estílenos y copolímeros etilónicos propilénicos.

## Numero de base total (TBN)

Para comprender el TBN (Total Base Number) hay que conocer primero el contenido de azufre en el combustible y del aceite crudo de base y/o del proceso de refinamiento por el cual se extrajo. *Una de las funciones del aceite lubricante es neutralizar los derivados de azufre*, especialmente los ácidos sulfurosos y sulfúrico para retardar la acción corrosiva del motor. Los aditivos (principalmente los detergentes) en el aceite contienen compuestos alcalinos especiales para neutralizar estos ácidos. *La medida de esta reserva de alcalinidad del aceite se conoce como TBN*. Generalmente, cuanto más alto el valor TBN, mayor será la reserva de alcalinidad o capacidad de neutralización de ácidos que contiene el aceite.

## Viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades más importantes del aceite. Tiene que ver con su resistencia a la fluencia. *La viscosidad tiene una relación directa con la capacidad de lubricación del aceite*, formando una película para separar las superficies que pueden tener contacto entre sí, *indiferente* de la temperatura ambiente o de la del motor, *un aceite debe fluir libremente para asegurar la lubricación adecuada de todas las piezas móviles*.



Fig. A1-1. Viscosidad

Cuanto más viscoso (o espeso) es un aceite, más gruesa será la película de aceite. Cuanta más gruesa la película se adherirá mejor a las superficies que lubrica. Sin embargo, *si el aceite es demasiado espeso perderá su fluidez a bajas temperaturas y puede no llegar con la suficiente rapidez a aquellas piezas que requieren lubricación*. Por esto, es sumamente importante que el aceite tenga la viscosidad

correcta tanto a la temperatura más alta como a la más baja en las que va a operar el motor. La medida de la proporción de enrarecimiento del aceite se llama “índice de viscosidad” (o VI). Las modernas técnicas de refinamiento y el desarrollo de aditivos especiales (mejoradores de VI) que aumentan el *índice de viscosidad* del aceite, *ayudan a reducir los cambios de viscosidad debidos a cambios de temperatura del aceite.*

La norma SAE J300 del sistema de clasificación de aceites de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) categoriza los aceites de acuerdo a su viscosidad (con un sistema de numeración como SAE 10W, SAE 30, SAE 15W40, etc.). En los grados de viscosidad identificados con la letra “W”, *la viscosidad del aceite se define a 100°C y a la temperatura más baja para arranques y bombeo.* O sea, significa que el aceite es adecuado para usar en tiempo de frío. Para los grados sin la letra “W”, la viscosidad del aceite se define a 100°C solamente.

## **Limpieza**

La operación normal del motor genera distintos contaminantes desde partículas microscópicas de metal hasta sustancias químicas corrosivas. *Si no se mantiene limpio el aceite mediante un sistema de filtrado, el aceite acarreará esta contaminación a través del motor.*

*Los filtros de aceite están diseñados para impedir la entrada de estas partículas al sistema de lubricación.* El uso de un filtro por un período más largo que el indicado puede resultar en su taponamiento y hará que se abra la válvula de desviación y deje entrar aceite sin filtrar al sistema y acarreará todas las partículas directamente al motor. Cuando permanece abierta una válvula de desviación, las partículas que habían quedado atrapadas en el filtro pueden ahora salir por la válvula de desviación abierta y circular por el sistema de lubricación.

*El taponamiento del filtro puede también causar la deformación del elemento.* Esto sucede cuando aumenta la diferencia en presión entre el interior y el exterior del elemento de filtro. La deformación puede llegar a romper o rasgar el papel filtrante

permitiendo la entrada de partículas al motor que pueden causar averías a sus componentes.

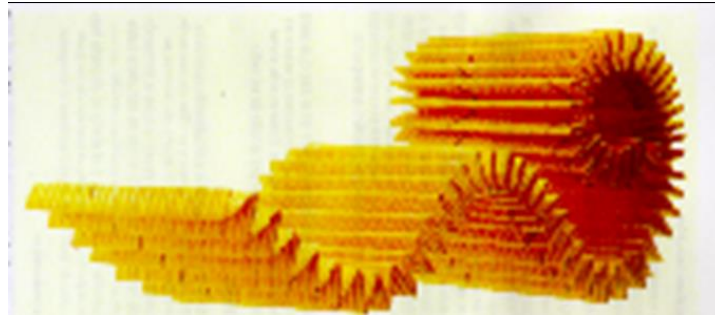


Fig. A1-2. Parte interna del filtro

## Contaminación

*La contaminación indica la presencia de materia o contaminantes indeseables en el aceite.* Los seis contaminantes más comunes en el aceite son:

- **Elementos de desgaste:** son aquellos cuya presencia indica desgaste de ciertas piezas o componentes. Entre ellos se encuentran el cobre, hierro, aluminio cromado, plomo-estaño, molibdeno, níquel y magnesio. Indiferente de la calidad del aceite, siempre habrá algo de desgaste y esto es normal. Se hace un análisis de tendencias para definir el desgaste normal y para indicar cuando ocurre un desgaste excesivo que pueda cortar la vida útil del motor. La entrada de polvo en el aceite lo indica un aumento en silicio en el análisis del aceite usado. Puede haber una pequeña cantidad de silicio en el aceite como aditivo antiespuma.
- **Polvo:** puede llegar al aceite en el aire que pasa más allá de los anillos y adhiriéndose al aceite en las paredes de los cilindros. Polvo puede entrar en un compartimento por la falla de un sello.
- **Hollín:** es combustible parcialmente quemado. El humo negro de escape y un filtro de aire sucio indican su presencia. El diseño del sistema de combustión del motor puede afectar la formación de hollín en el aceite. El aceite se oscurece cuando el aditivo dispersivo mantiene el hollín en suspensión. Sin embargo, si el aceite se degrada hasta el punto que aumente el tamaño de las partículas de hollín, este puede acelerar el desgaste.

- **Combustible:** su exceso en el aceite indica un fallo del sistema de combustible, como un inyector roto o de alguna pieza del sistema de alimentación de combustible, que permite la entrada de combustible en el aceite.
- **Agua:** es un derivado de la combustión y sale, por lo general, por el tubo de escape. Se puede condensar en el cárter si la temperatura de operación del motor es demasiado baja.
- **Glicol / anticongelante:** su presencia indica contaminación de refrigerante en el aceite y se debe corregir inmediatamente el problema. El glicol causa la formación de depósitos que pueden taponar el filtro.

## Degradación

*Además de los contaminantes existen otros factores que disminuyen la eficacia del aceite. Estos factores no “contaminan” necesariamente el aceite como lo hacen el hollín o el polvo, pero contribuyen a su degradación.* Estos son:

- **Temperatura en la operación:** *los lubricantes* derivados del petróleo *son hidrocarburos, éstos se descomponen cuando están sometidos a altas temperaturas*, esto hace que el aceite se oxide o se polimerice<sup>35</sup>. A temperatura ambiente el aceite puede mostrar algún grado de deterioro, el cual no incide apreciablemente en su duración, a temperaturas menores de 50° C la velocidad de oxidación es bastante baja como para no ser factor determinante en la vida del aceite. Mientras más baja sea la temperatura de operación, menores serán las posibilidades de deterioro.
- **Agua:** esta se encuentra principalmente por la condensación del vapor presente en la atmósfera o en algunos casos se debe a fugas en los sistemas de enfriamiento del aceite. El agua presente en el aceite provoca emulsificación del aceite, o puede lavar la película lubricante que se encuentra sobre la superficie metálica provocando desgaste de dicha superficie.

---

<sup>35</sup> Polimerización es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero. Este proceso conduce a la formación de residuos en los motores. (Fuente: Wikipedia)

- **Combustibles:** se encuentran en los aceites debido a su paso hacia la cámara de combustión y de esta hasta el cárter, al interactuar con el aceite ocasionan una dilución del mismo.
- **Sólidos y polvo:** *se deben principalmente a empaques y sellos en mal estado, permitiendo que contaminantes del medio entren al aceite.* Otros contaminantes menos frecuentes aunque igualmente perjudiciales son: tierra y partículas metálicas provenientes del desgaste de las piezas, hollín y subproductos de la combustión de combustibles líquidos<sup>36</sup>.

*La evolución de las regulaciones en materia ambiental y demuestran que la gestión del aceite usado constituye una preocupación clave en la agenda de los gobiernos de todo el mundo, siguiendo esa tendencia, constituirá también una importante necesidad para nuestra sociedad. Se ha planteado también los graves efectos que el aceite mineral usado ocasiona sobre el medioambiente y el cuerpo humano. De esta manera se demuestra qué los aspectos señalados han dado lugar a la necesidad del desarrollo de soluciones definitivas a este problema.*

Ejemplos de degradación del aceite:

### Hollín

Efectos	Causas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución propiedad lubricante</li> <li>• Corte película por aglomeración</li> <li>• Contribución al aumento de viscosidad</li> <li>• Saturación de filtros</li> <li>• Formación de depósitos en los pistones</li> <li>• CENIZA SULFATADA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro de aire sucio</li> <li>• Marcha en vacío excesiva / Sobrecarga</li> <li>• Aceleración / Desaceleración excesivamente rápida</li> <li>• Mala puesta a punto del motor</li> <li>• Inyectores de combustible desgastado</li> <li>• Combustible de baja calidad</li> <li>• Turbocompresor dañado</li> </ul>

Tabla A1-1. Efectos y causas del hollín

<sup>36</sup> Según la Ley N° 25.745, combustibles líquidos son: a) Nafta sin plomo, hasta 92 RON 70% b) Nafta sin plomo, de más de 92 RON 62% c) Nafta con plomo, hasta 92 RON 70% d) Nafta con plomo, de más de 92 RON 62% e) Nafta virgen 62% f) Gasolina natural 62% g) Solvente 62% h) Aguarrás 62% i) Gas Oil 19% j) Diesel Oil 19% k) Kerosene 19%

## Oxidación

Efectos	Causas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducción de las propiedades lubricantes del aceite</li><li>• Formación de lacas en pistones produciendo agarre de los aros</li><li>• Incremento de la viscosidad</li><li>• Taponamiento de filtros de aceite</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alta Temperatura / Sobrecalentamiento</li><li>• Excesiva carga</li><li>• Vejez del aceite</li><li>• Contaminación con agua y aire</li><li>• Catalizadores como cobre y etilen glicol</li></ul>

Tabla A1-2. Efectos y causas de la oxidación

## Nitración

Efectos	Causas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reducción de las propiedades lubricantes.</li><li>• Incremento viscosidad del aceite.</li><li>• Taponamiento de filtro.</li><li>• Formación de depósito.</li><li>• Contribución para la corrosión.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mala proporción aire / combustible</li><li>• Tiempo impropio de ignición</li><li>• Baja temp. operación por mal mant. sist. de enfriamiento y/o baja carga</li><li>• Alta humedad del aire</li><li>• Tendencia formación de nitrocompuestos</li></ul>

Tabla A1-3. Efectos y causas de la nitración

## Sulfuración

Efectos	Causas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ataque de los metales en guía de válvulas, aro de pistón y camisas, en sus superficies</li><li>• Contribuye al agarre de los aros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alto contenido de azufre en combustible</li><li>• Alto contenido de humedad en el aire</li><li>• Presencia de agua en el cárter</li><li>• Formulación del aceite (TBN)</li><li>• Baja temperatura de operación</li></ul>

Tabla A1-4. Efectos y causas de la sulfuración

Los aditivos detergentes en un aceite lubricante contienen derivados de metal, como el bario, el calcio y el magnesio, los cuales son fuentes comunes de ceniza. *Estos compuestos metal orgánicos en los aceites proporcionan el TBN para la alcalinidad del aceite.* Un exceso de ceniza dejará depósitos de ceniza que pueden reducir la eficiencia y la potencia del motor.

## Pruebas de diagnóstico<sup>37</sup>

El Análisis Programado de Aceite es una serie de pruebas de diagnóstico que sirven para identificar y medir la contaminación y degradación en una muestra de aceite. Se compone de tres pruebas básicas:

- **Análisis de Desgaste:** se hace con un espectro fotómetro. Esencialmente la prueba *vigila el ritmo de desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de elementos de desgaste (en ppm) en el aceite.* Basados en datos conocidos de concentración normal se establecen límites máximos de los elementos de desgaste. Después de tomar tres muestras de aceite, se establecen las tendencias de los diferentes elementos de desgaste de un motor determinado. Se puede identificar el riesgo de fallas cuando las tendencias difieren de la norma establecida. Se limita a detectar el desgaste de componentes y la contaminación gradual por el polvo. Las fallas por fatiga de componentes, pérdida repentina de lubricación o entrada imprevista de polvo ocurren con demasiada rapidez para poder pronosticarlas con este tipo de prueba.
- **Pruebas químicas y físicas:** *detectan agua, combustible y anticongelante en el aceite y determinan si las concentraciones exceden los límites máximos establecidos.* La presencia y cantidad aproximada de agua se detectan por la prueba de “chisporroteo”. Se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura entre 230° y 250°F. Si se forman burbujas es una indicación de agua (0,1% a 0,5% es la gama aceptable), siendo 0,5% el límite máximo. La presencia de combustible se determina con un probador de destello. Se calibra el probador para cuantificar el porcentaje de combustible (4% es la concentración máxima permisible de combustible). La presencia de anticongelante se determina con una prueba química. Cualquier indicio que se encuentre es inaceptable.
- **Análisis del estado de aceite:** se determina haciendo un análisis infrarrojo. Esta prueba determina y *mide la cantidad de contaminantes como hollín, azufre y productos de oxidación y nitración.* Aunque puede también detectar la presencia de agua y anticongelante en el aceite, para poder hacer un diagnóstico

---

<sup>37</sup> Caterpillar, El Aceite lubricante y su Motor, Estados Unidos, Caterpillar Inc. 2005.



preciso el análisis infrarrojo debe ir siempre acompañado por el análisis de desgaste y las pruebas químicas y físicas. El análisis infrarrojo sirve también para adaptar (reducir, mantener o extender) los intervalos de cambio de aceite de acuerdo a las condiciones de operación y aplicaciones determinadas.

### **Las grasas lubricantes<sup>38</sup>**

*Constituyen una clase especial de lubricante, a diferencia de los aceites clásicos que hemos visto hasta ahora, son sólidas o semisólidas y están compuestas de un agente espesante que se mantiene por una condición físico – química.* Como en el caso de los aceites líquidos, el agregado de aditivos específicos puede mejorar algunas propiedades o dar características especiales. Actualmente la mayoría utiliza como espesante jabones y un aceite mineral como medio dispersante.

En términos generales se puede decir que las grasas cumplen con las funciones lubricantes de un aceite, pero tienen limitaciones fundamentales, como no proveer enfriamiento al mecanismo ni facilitar la limpieza del mismo por circulación. Como ventaja presentan la posibilidad de permanecer en el mecanismo, cuando la configuración del mismo no permite re-lubricación y el tiempo de funcionamiento debe ser prolongado. Otra ventaja apreciada es la barrera que presenta a la entrada de contaminantes, que se contrapone a su falta de habilidad para limpiar el mecanismo desde adentro. *Las partículas metálicas que pudieran desprenderse de los cojinetes, por escamado o gripado de las superficies, en el caso de los aceites este los arrastrara en su fluir y los depositara en el cárter, mientras que la grasa los mantendrá circulando en el mecanismo, aumentando los daños.*

Los beneficios que debe esperar un mecanismo de una grasa se pueden resumir en:

- Adecuada lubricación, reducir fricción y desgaste.
- Protección contra la corrosión.
- Sellado de la entrada de contaminantes.
- Permanencia, evitando ser expulsado.
- Resistencia a los cambios de estructura con el uso prolongado.
- Mantener la consistencia adecuada tanto a baja como alta temperatura.

---

<sup>38</sup> Alberto Cerutti, La Refinación del Petróleo TOMO III, Año 2002, pág. 98

- Compatibilidad con los materiales de sello, elastómeros. etc.
- Tolerar algún grado de contaminación, por ejemplo agua.

### **Estructura de las grasas lubricantes**

*Los componentes primarios de las grasas son jabones y aceite mineral.* Los jabones, encargados de dar cuerpo a la grasa, aportan con su catión las más importantes características del producto final y son dispersados en el líquido por medios térmicos. El aceite, casi con exclusividad mineral, corresponde a viscosidades ligeras o medias, con Índices de Viscosidad generalmente menores de 60, provenientes de crudos nafténicos con poco tratamiento.

### **El cambio de aceite**

Los modernos lubricantes del automotor *tienen, entre otros, aditivos detergentes y dispersantes. La acción del detergente es limpiar el motor desprendiendo las partículas carbonosas que, de acumularse, formarían costras, mientras que el dispersante las mantiene en suspensión en el seno del aceite.* Esta acción combinada hace que a poco de cambiar el aceite este comience a oscurecerse, en un proceso que debe considerarse normal.

La viscosidad es otra de las propiedades del lubricante que varía con el uso, o sea, a mayor tiempo mayor viscosidad. *Es decir, si esta disminuye, debe sospechar seriamente de una contaminación con combustible en el cárter. Si lo que se produce es un espesamiento, un aumento de la viscosidad, el aceite se está oxidando,* pudiendo llegar en situación extrema hasta transformarse en una pasta gelatinosa.

Es importante *determinar oportunamente el comienzo del deterioro por oxidación del aceite,* dado que rápidamente se produce un efecto combinado de: aumento de viscosidad, aumento de fricción, mayor aumento de temperatura, menor circulación del aceite, menor refrigeración por parte del aceite que llevará a colapsar el lubricante, transformándolo en una pasta.

## Composición de los aceites usados y principales fuentes

Los aceites lubricantes nuevos están constituidos por una base lubricante y una serie de aditivos. Dependiendo del uso del aceite, la base lubricante será mineral (proveniente del petróleo crudo), sintética o vegetal, siendo el uso mayoritario las bases lubricantes minerales<sup>39</sup>.

En la siguiente tabla se presentan valores típicos de composición de los aceites minerales, indicando la función de los diferentes aditivos, los cuáles en términos generales permiten aumentar su rendimiento, eficiencia y vida útil.

Composición media de un aceite lubricante	
<b>Hidrocarburos totales (85 - 75%)</b>	
<b>Alcanos</b>	45-76%
<b>Cicloalcanos</b>	13-45%
<b>Aromáticos</b>	10-30%
<b>Aditivos (15 - 25%)</b>	
<b>Antioxidantes</b>	Ditiofosfatos, fenoles, aminas
<b>Detergentes</b>	Sulfonatos, fosfonatos, fenolatos
<b>Anticorrosivos</b>	Ditiofosfatos de zinc y bario, sulfonatos
<b>Antiespumantes</b>	Siliconas, polímeros sintéticos
<b>Antisépticos</b>	Alcoholes, fenoles, compuestos clorados

Fig. A1-3. Composición del aceite

Los aceites lubricantes usados *adquieren concentraciones elevadas de metales pesados como plomo, cadmio, cromo, arsénico y zinc*. El origen de estos metales es principalmente por el desgaste del motor o de la maquinaria.

Con frecuencia se encuentran solventes clorados tales como tricloroetano, tricloroetileno y percloroetileno, provenientes del proceso de refinación del petróleo y de la reacción del aceite con compuestos halogenados de los aditivos. Otros contaminantes presentes son el azufre y hollín generados en la combustión.

<sup>39</sup> Guía para la gestión integral de residuos peligrosos, Fichas Temáticas, Tomo II; Aceites Usados, pág. 35

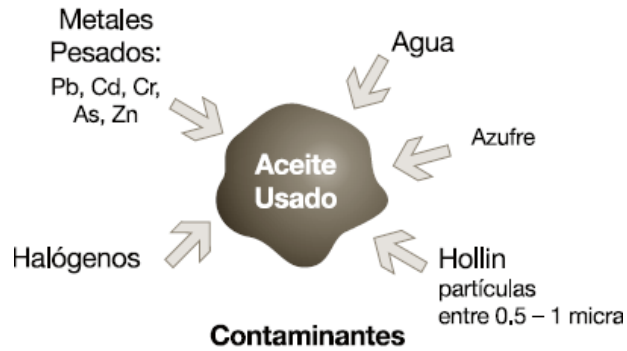


Fig. A1-4. Contaminantes del aceite usado

Durante su uso se contamina con distintas sustancias, tales como:

- Agua,
- Partículas metálicas, ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción,
- Ácidos orgánicos o inorgánicos originados por oxidación o del azufre de los combustibles,
- Compuestos de azufre,
- Restos de aditivos: fenoles, compuestos de cinc, cloro y fósforo,
- Hidrocarburos polinucleares aromáticos (PNA).

### **Peligros**

Los aceites vírgenes contienen o pueden contener cantidades pequeñas controladas de PHA's (compuestos aromáticos policíclicos) que durante el funcionamiento del lubricante, mediante la descomposición de los distintos componentes, así como, reacciones catalizadas por metales, incrementan su presencia en el aceite usado. Muchos de estos PHA's tienen un efecto marcadamente cancerígeno plenamente demostrado, y de una forma u otra son arrojados a la atmósfera que respiramos cuando es utilizado el aceite usado como combustible.

Los aceites tienen tendencia en acumularse en el entorno, todo aquel aceite que se pierde por las calles, montes, cuando llueve se arrastra a ríos, lagos, acumulándose en sus sedimentos.

El 40 - 70 % de los PHA's que se emiten en los gases, proceden del aceite de motor, otro 30 -60 % se origina en el proceso de combustión del combustible, la utilización de ésteres sintéticos ayuda a reducir considerablemente estas emisiones. A continuación algunos de los efectos de los componentes de aceite usado:

- GASES que contienen aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> son irritantes y actúan sobre el tejido respiratorio superior, ahogos, asma, bronquitis, enfisema pulmonar, efectos mutantes, cáncer.
- ELEMENTOS como Cloro, NO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>, Sb (antimonio), Cr (cromo), Ni (níquel), Cd (cadmio), Mn (manganeso), Cu (cobre) actúan sobre el tejido respiratorio superior y tejido pulmonar.
- OTROS ELEMENTOS como CO, disolventes halogenados (tri, per.) SH<sub>2</sub> producen: Efectos asfixiantes (impiden el transporte de oxígeno y por tanto la respiración de la célula), los disolventes halogenados tienen efectos anestésicos y narcóticos (se acumulan en el hígado con posibles efectos cancerígenos).
- METALES como Pb (plomo), Cd (cadmio), Mn (manganeso), tienen efectos tóxicos sobre el riñón, el cadmio efectos cancerígenos sobre la próstata y el cromo sobre el pulmón.
- COMPUESTOS AROMÁTICOS como tolueno, benceno, pueden llegar a provocar leucemias, otros hidrocarburos más ligeros se acumulan en la sangre y podrían llegar a producir parálisis

## **Anexo 2: Programas mundiales del Aceite Usado**

Algunas definiciones importantes para esta sección:

### **Reciclado**

Tecnologías para el reciclado

### **Reprocesados:**

Remoción de contaminantes insolubles y productos de la oxidación

Tratamiento térmico, filtrado, sedimentación, decantación, deshidratación, centrifugación, etc.

Uso: Mezclas o cortes (Blending) con o sin el agregado de aditivos.

Característica: Producto de calidad similar o equivalente al original.

### **Recuperados:**

Separación de sólidos y agua

Calentamiento, filtración, deshidratación y centrifugación.

Uso: Combustible tipo fuel

Característica: Menor calidad, el proceso en general no elimina metales pesados, PCBs, aditivos (vg: inhibidores de la corrosión), etc.

### **Regenerado:**

Remoción de contaminantes (metales pesados) productos de la oxidación y aditivos

Re-refinado (Predestilación, tratamiento ácido, extracción con solventes, sulfatado, deshidratación)

Uso: Aceites bases para nuevos lubricantes.

Característica: Alta calidad, el proceso es similar al original.

### **Reúso:**

- Combustible Alternativo: Hornos Ladrilleros, Cementeros, Incineradores
- Membranas Asfálticas
- Pinturas y breas asfálticas
- Caminos de ripio y mejorados
- Control de malezas en vías férreas y uso agrícola

## Observaciones sobre los programas mundiales del Aceite Usado

Una de las conclusiones principales de este análisis por cada país es que los programas de *manejo del aceite usado se han desarrollado de manera diferente y no existe un estándar "o la mejor práctica"*. Algunas consideraciones son:

- Los programas de manejo de aceite usado en diferentes países han evolucionado en gran medida sobre la base a las *diferentes percepciones de los gobiernos y los consumidores en cuanto a cuál es el problema y la mejor forma para recoger y gestionar el aceite usado*.
- *Quemar aceite usado se ha convertido en la práctica más frecuente debido al bajo precio en comparación con los aceites nuevos en virtud que sus cualidades más objetables se pueden corregir a un costo relativamente bajo* (extracción de agua, filtración, etc.)
- Los *consumidores son cada vez más conscientes del medio ambiente y son cada vez más reacios a desechar el aceite usado de una manera no amigable ambientalmente*, por lo que la magnitud del impacto al medio ambiente está disminuyendo. Sin embargo, es necesaria una atención especial en relación al segmento del consumidor que conoce el costo pero no es consciente de las consecuencias ambientales por la disposición inapropiada del aceite usado.
- En algunos casos, grupos de negocios de la recuperación del aceite usado han presionado a gobiernos para que apoye a la nueva actividad a escala mundial. En muchos casos, *los gobiernos proporcionan una combinación de incentivos y penas que animan a refinar el aceite usado*.
- *La aceptación de los aceites recuperados en el mercado está mejorando*. En un principio, cuando estos aceites se usaron en el motor, *la industria utilizó el etiquetado de advertencia* para indicar que era reciclado. *Esa práctica ya no existe* y se pueden utilizar los mismos, siempre y cuando cumplan los requisitos de certificación. En los Estados Unidos, los programas de contratación pública dan preferencia a los aceites recuperados, demostrando que estos productos son técnica y comercialmente viable. Estos programas son muy eficaces para la aceptación del consumidor.
- El *gravamen del gobierno con impuestos también tienen un impacto sustancial* en la gestión de los aceites usados, por ejemplo, en el *Reino Unido (RU)*, *la exención total impositiva en la quema de aceite usado como combustible lo*

*hace muy atractivo para los procesos de combustión* y esta es la razón por la que las importación al Reino Unido de grandes cantidades de aceite usado de otros países de la UE provoca *una escasez de materia prima para la refinería*. Esta es una característica distintiva del mercado del Reino Unido en comparación con la mayoría de otros países de Europa.

- Actividades recientes de la Comisión Europea en lo que refiere a *la gestión de aceites usados muestra que sigue siendo un tema controvertido con opiniones variadas*. Cabe destacar que son cada vez más las restricciones ambientales en la combustión de aceite usado.
- *En 2005 fueron colocados más controles estrictos a la combustión de los aceites usados debido a las continuas preocupaciones sobre contaminación del aire*.

### **Las partes interesadas del negocio del aceite usado**

En esta parte se resumen las características de los diversos segmentos de la industria del aceite usado y los cuales incluyen:

- Generadores
- Recuperación / Transporte
- Procesamiento
- Re-refinería
- Quemadores de Aceite Usado

*La industria del aceite usado* (incluyendo las refinerías, quemadores, recuperación, re-refinadores y reguladores) *ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de un programa de reciclaje y, al hacerlo, creó un mercado activo, abierto y libre para lo que antes era únicamente residuo*. Además, los generadores de aceite usado, incluyendo talleres mecánicos, concesionarios de vehículos, instalaciones de cambio rápido de aceites y actividades municipales de recuperación también han desempeñado un papel importante en el reciclado de los aceites usados.

*La industria del aceite usado tiene una función muy útil y productiva en esta gestión y en otros productos de la flota automotriz tal como* los filtros de aceite usados, anticongelantes, líquidos de freno y otros fluidos. *Además, se han adaptado*



*equipos y procesos para aceptar el aceite usado como combustible y para producir aceite lubricante a través del proceso del recupero.*

Sin el desarrollo de este mercado, la disposición adecuada de aceite usado sería un problema ambiental muy serio. También es interesante observar que varios de los representantes de la industria han comentado que el valor del aceite usado se ha desarrollado hasta el punto que ya es un producto muypreciado.

### **Análisis de Disposición de Aceite Usado**

La tabla siguiente presenta una *tabulación combinada de las disposiciones importantes de aceite utilizado en base* a dos estudios realizados durante 1995-1996. Aunque la información que se presenta es anticuado, la demanda total de aceites lubricantes ha sido relativamente plana, por lo que muchas de las observaciones siguen siendo hoy válidas. Una de las medidas concretas que podrían tomarse como resultado de este informe *es realizar una actualización exhaustiva e integral de los flujos de la industria de aceite usado de mucho valor para validar las hipótesis clave*. La tabulación sirve para destacar el impacto del consumidor (DIY: Do It Yourself - Hágalo Ud. mismo) y *su papel en la generación de aceites usados indebidamente*, al igual que los otros puntos de venta más importantes en las industrias de los quemadores.

Ítem	Mil millones galones/año	Comentarios
Total demanda anual (1)	2.363	60% aceites de automóviles
Consumo en operación	0.992	No disponible para la recuperación (Nota 2)
Balance disponible para la Recuperación	1.371	58% de la demanda total
1. Estimación de la cantidad de aceite efectivamente recuperados	0.945	69% del disponible
Quemado	0.780	Como combustible
Re-refinado	0.165	12% del disponible

Ítem	Mil millones galones/año	Comentarios
2. Eliminado en forma indebida (balance)	0.426	31% del disponible
De DIY (Hágalo Ud. mismo)	0.297	únicamente 16% del total del volumen reciclado
No es aceite de motor	0.129	

Tabla A2-1. Disposición de Aceite Usado (datos de 1995)<sup>40</sup>

Nota: (1) Incluye todos los aceites: motor, industriales, de proceso y grasas. Factor de conversión: 1 galón = 3.78 litros. (2) Incluye lo más representativo del consumo de aceite, que sustituye el aceite quemado o aceite que ha sido consumido internamente en el motor de un automóvil.

*Casi el 42 por ciento del consumo total de aceite lubricante, o sea 0.992 millones de galones de aceites lubricantes al año, se consumen en operaciones de aplicaciones en las que no es posible o resulta impráctico su recuperación.*

### **Energía y el impacto en el medio ambiente por refinación de los usados**

El Departamento de Energía de los EUA, en el 2005, evaluó un proceso para comparar el consumo energético entre preparar el aceite para la quema o para el re-refinado. Ambos pasos consumen volúmenes iguales de aceites usados:

- Paso 1: Cálculo de la energía requerida para preparar el aceite utilizado para la combustión en una caldera o un horno de cemento;
- Paso 2: Alternativamente, el cálculo del nivel de consumo de energía necesaria para procesar el aceite usado en aceite base refinados y la energía ahorrada en no producir ese volumen equivalente de aceite de base virgen en una refinería de petróleo de crudo.

<sup>40</sup> Fuentes: a) "Evaluación de oportunidades para incrementar la recuperación y el reciclado de aceites usados" por DJ Graziano y EJ Daniels, el Departamento de Energía del Laboratorio Nacional de Argonne agosto de 1995, página 9, y b). Programas usados Collection Motor Oil and Reciclaje 1997 proyecto de informe; <http://www.recycleoil.org/usedoilflow.htm>

Mediante la comparación de la energía requerida en el paso 1 frente al 2, el refinado presenta mayores ventajas desde la conservación de la energía total como se muestra en la tabla siguiente:

Balance de energía (miles de Btu / Bbl de aceites usados)	Proceso quema de combustible (A)	Refinado (B)	Diferencia	%[4]
Transporte [1]	-144	-198	-54	-0.9
Consumo procesamiento [2]	-294	-742	-448	-7.6
Ahorro procesamiento [3]	745	1722	997	16.6
Energía recuperada	5567	5564	0	0
Energía neta recuperada	5871	6346	474	8.1

Tabla A2-2. Ahorro de energía del refinado versus quema del aceite usado<sup>41</sup>

Nota:

- [1] Columna A: transporte desde los centros de recuperación hacia las instalaciones de quemado; columna B, transporte hacia las instalaciones de refinería, tiene en cuenta indirectamente el transporte de aceite crudo.
- [2] Columna A: reducir el contenido de agua y sedimentos; columna B, consumo de energía en el proceso de re-refinación (incluida la destilación por hidrotatamiento).
- [3] Columna A: energía ahorrada para producir combustible alternativo de combustión; columna B, ahorro de energía en el refinado del aceite base virgen.
- [4] porcentaje de 5871 Btu / Bbl (energía neta recuperada para el Proceso de quema de combustible)

Teniendo en cuenta el volumen de petróleo usado que se recupera y quema, estimado en 780 millones de galones por año (Tabla A2-1), el análisis anterior concluiría que, en total, el ahorro de energía teórico neto para la refinación en comparación con la

<sup>41</sup> Fuente: Evaluación de oportunidades para aumentar la recuperación y el reciclado de aceite usado por DJ Graziano y Daniels EJ, el Departamento de Energía de Argonne National Laboratory, agosto de 1995, página 50.

Nota:

BTU (British Thermal Unit)= 252 calorías = 1055.056 julios. Ej: 1 BTU/h = 0.25Kcal/h.  
BBL (oil barrel: barril de petroleo)= 42 US gallons = 158.98 litros

quema es de 8.1 por ciento que equivale a un ahorro de energía anual de hasta 63 millones de galones.

El análisis anterior es conservador si se compara con un estudio independiente realizado por la EPA<sup>42</sup>. Específicamente, la EPA concluyó que la energía consumida en el re-refinado del aceite es del 50 a 85 por ciento menos en comparación con el refinado de aceite base virgen.

Para el estudio el DOE (Departamento de Energía -1995) se supuso un factor de 57% que está por debajo del 85 definido por la EPA. Como referencia, si se utiliza este valor en el cálculo de la energía según el estudio del DOE, entonces el ahorro global de energía será del 16% en comparación con el 8,1% primeramente.

### **Impacto de los aceites sintéticos**

Como las cualidades del aceite motor han mejorado en coincidencia con la extensión de los intervalos de cambio de aceite y el uso de lubricantes sintéticos, las implicaciones energéticas a favor de refinación son aún más beneficiosas. Como se indica en un estudio realizado:<sup>43</sup> "en los mercados de hoy en día, las cantidades de compuestos sintéticos y semi-sintéticos han aumentado significativamente y sigue en aumento. Estos aceites más sofisticados y estables requieren mucha más energía para producirse y permiten la re-refinación de aceites base de alta calidad con más facilidad porque la calidad inherente del aceite recogido es sustancialmente mejor".

El estudio IFEU<sup>44</sup> (Instituto de Investigación de Energía y Medio Ambiente Alemán) evaluó el impacto de los aceites sintéticos y concluyó que, en comparación con la producción de aceites de base normales, el impacto energético de los sintéticos fue más del doble que en el grupo I de bases de aceite mineral.

---

<sup>42</sup> "Managing Used Motor Oil", U.S Environmental Protection Agency report number EPA/625/R-94/010, December, 1994; page 23.

<sup>43</sup> "Ecological and Energetic Assessment of Re-refining Used Oils to Base Oils"; IFEU, February 2005, page 1.

<sup>44</sup> David Fitzsimons, Oakdene Hollins LTD, Horst Fehrenbach, IFEU, correspondencia personal febrero 2006

El crecimiento de lubricantes sintéticos seguirá siendo fuerte. Según un estudio<sup>45</sup>, el total de la demanda mundial de lubricación es relativamente plana con un crecimiento modesto del 2,2 por ciento anual. Sin embargo, el crecimiento de la demanda de los aceites sintéticos se estima hasta un 20 por ciento anual y los factores predominantes de esta tendencia se deben a la calidad exigida en los aceites motores y de transmisión. Estos factores, relacionados con la calidad, sugieren que el consumo de energía para la producción de aceite base virgen son probablemente más altas si el impacto de los aceites sintéticos se tiene en cuenta. ***Como la calidad del aceite usado aumenta con un alto contenido de aceite sintético, entonces la calidad del aceite re-refinado también aumentará desplazando así al aceite base virgen de mayor calidad.***

#### **Alcance del análisis del valor actual de mercado de los aceites base**

La tabla de abajo, muestra el rango actual de precios spot (al contado) de Estados Unidos a las distintas clases de producto<sup>46</sup> y destaca el hecho de que los aceites lubricantes de base es un producto de petróleo de primera calidad y ***que cuentan con una prima de mercado del 52 al 68 por ciento respecto de los productos convencionales como la gasolina motor y el combustible de calefacción.***

Producto del petróleo	USD/galón	Precio Premium del lubricante (%)
Aceite base lubricante	2.50-2.80	-
Gasolina de motor	1.53-1.64	+68
Combustible de calefacción	1.73-1.74	+52
Fuel Oil	1.06-1.19	+134
Aceite sintético	5.30-11.00	N/A

Tabla A2-3. Valor de mercado de los aceites base y derivados del petróleo

<sup>45</sup> “Estudio del Pronóstico de Crecimiento para Lubricantes” por Tim Sullivan, Lube Report, Volumen 5, Número 8 23 de febrero 2005

<sup>46</sup> “Refined Product Prices”, Oil & Gas Journal, November 21, 2005, Volume 103.43, page 73.

El punto de esta comparación es que los aceites de base lubricante son productos Premium altamente refinados y que es más conveniente recuperarlo del aceite usado que la quema. *Esta diferencia de precios refleja principalmente el rigor del procesamiento con un coste más alto en la fabricación de los aceites base en comparación con los productos estándar del petróleo.* En el caso de re-refinación se tiene un valor más alto que el destinado a la calefacción.

Este análisis es un tanto conservador, ya que no tiene en cuenta el impacto de los aceites sintéticos mencionados que son cada vez más populares en el mercado del aceite motor. Se observa en la composición de los aceites usados porcentajes crecientes de materiales sintéticos. Esto mejora el valor de aceite usado debido a sus características físicas y químicas que puede ser parcialmente recuperado en el proceso de re-refinación. Como referencia, el aceite sintético en el mercado actual está en un intervalo de 2 a 4 veces más caros que los aceites base de Grupo I (mineral). Además de las consideraciones de conservación de recursos, los factores económicos implican que la contribución de los aceites sintéticos brinda un apoyo adicional al refinado que solo a la quema del aceite usado para su valor calorífico únicamente.

### **Partes claves involucradas en el manejo del aceite usado en Estados Unidos**

Para comprender mejor los factores clave en la recuperación del aceite usado y el negocio de la re-refinación, es importante establecer las funciones y roles de los mismos.

A continuación se describe el rol de los actores claves de este negocio y algunas características importantes y las limitaciones de su operación<sup>47</sup>. Cabe señalar que en algunos casos la distinción entre los tipos de actores puede ser un poco engañoso, ya que muchos cumplen múltiples roles en función de los clientes específicos involucrados:

### **Generadores**

---

<sup>47</sup> "Revisión de los intereses de los participantes en la Industria del Aceite Usado", Hidrocarburos PetroTex, noviembre de 2005

Término utilizado para caracterizar al grupo de usuarios de los aceites lubricantes que generan aceite usado (por su vejez, suciedad o desgaste) reemplazando por un aceite nuevo. El mayor volumen y los usuarios más comunes se relacionan con los productos de lubricación para automóviles, pero los usuarios de aceites industriales también son una parte muy importante del proceso de gestión del aceite usado.

Se divide en dos grandes grupos: DIY (Do It Yourself: Hágalo Ud. mismo) y DIFM (Do It For Me: Hágalo por mi):

- **Grupo de usuarios DIY:** El desafío más importante es lograr la correcta eliminación del aceite recuperado. Se ha estimado que más del 80% de esta actividad resulta en la eliminación inadecuada del aceite usado. La comodidad es un factor importante a fomentar en el consumidor para recoger y reciclar el aceite. Hay muchos mecanismos que se utilizan para proporcionar puntos de recolección incluyendo estaciones de servicios, talleres mecánicos, talleres de cambio rápido de lubricación, centros municipales de reciclaje y los servicios de acopios en la acera. Independientemente de los servicios de colección disponibles, hay un cierto segmento del público consumidor que no está convencido de que una pequeña cantidad de aceite a eliminar sea lo suficientemente significativo para causar daños graves al medio ambiente. Cambiar los hábitos de consumo de reciclaje es una actividad a largo plazo que requiere refuerzo con frecuencia a partir de los programas de educación y sensibilización. Hay signos alentadores de progreso en este sentido pero es necesario un esfuerzo continuo.
- **Grupos de usuarios DIFM:** Aparte de la comodidad que ofrecen los medios DIFM a sus clientes en cuanto al servicio de cambio de aceite, en muchos estados en Norteamérica, estos operadores juegan un papel importante ya que recogen los aceites usados de DIY de forma gratuita. La experiencia ha demostrado que los costos adicionales al manejo de este aceite pueden ser compensados por los ingresos percibidos en la venta del mismo. No es una operación libre de riesgo ya que proporciona la libertad a los usuarios DIY de realizar la descarga ilegal de otros contaminantes tales como pinturas, solventes y gasolina que contaminan.

*Aunque la encuesta API de 1997 evaluó que sólo el 66 por ciento del aceite usado DIFM se recogió y se recuperó, hoy en día los analistas indican que esencialmente 100 por ciento del aceite usado que se recoge en los sitios DIFM se recicla.* Una parte se recicla a las necesidades de calefacción de hogares, y el resto se vende a los recolectores. Una señal muy alentadora de progreso es que hay una tendencia creciente hacia los cambios de aceite DIFM por parte del público consumidor. La tabla siguiente muestra cómo la popularidad de los cambios de aceite DIFM ha crecido casi un 40 por ciento en los últimos 10 años.

	% DIY	% DIFM
1997 <sup>48</sup>	60	40
2004 <sup>49</sup>	45	55

Tabla A2-4. Ventas de aceites de motor: Tendencias DIY vs DIFM

### **Recolector/Transporte**

El recolector acopia el aceite usado de los generadores y realiza pruebas para asegurar que se cumplen con los requisitos mínimos de calidad, consolida volúmenes en cantidades comerciales y vende a los usuarios finales (re-refinadores). En algunos casos, pagan al generador por el aceite usado y, en otros casos (dependiendo del volumen, la distancia y de la calidad), se les paga para recoger.

El recolector debe encontrar un margen entre el generador y el usuario final del aceite usado. El generador quiere deshacer su aceite usado de la manera más económica, mientras que el "usuario final" no quiere pagar más de lo necesario. Los generadores venderán al mejor postor ya sean recolectores, re-refinadores o transportistas independientes. En muchos casos, las refinerías hacen sus propias recolecciones por lo que compiten directamente con los recolectores independientes que generalmente venden a los clientes que queman el aceite usado para la generación de calor en un proceso. En los lugares donde los refinadores y recolectores operan, cuando el precio del aceite es alto, los quemadores y los recolectores pueden pagar precios más altos por los aceites usados. Estas dinámicas del mercado pueden afectar la rentabilidad de las refinerías.

<sup>48</sup> American Petroleum Institute, <http://www.recycleoil.org/Usedoilflow.htm#Re-Refining>

<sup>49</sup> Kline and Company "Opportunities in Lubricants, North America", Volume II, Consumer Automotive, 2004.



## Refinerías del aceite usado y la economía de la refinación

Actualmente hay numerosas empresas de refinerías en los Estados Unidos que procesan el aceite usado para la fabricación de aceites bases limpias y que son aptos para la mezcla en el aceite de motor u otros productos lubricantes. En general, las refinerías también operan sus propias instalaciones de recuperación para competir con los recolectores independientes de los aceites usados que venden a baja calidad. En cambios, los refinadores se distinguen por dos factores:

- utilizan la misma tecnología que los refinadores parciales (regeneradores con tecnología de hidrogenación) u otras tecnologías para eliminar el azufre, mejorar la estabilidad y controlar las características de color y olor de los aceites usados, y
- ***producen un aceite de base que se puede utilizar en la producción de aceites de motor y aceites industriales similar a los aceites de base vírgenes.*** Estos aceites cumplen con la certificación API y las normas del ILSAC (Comité Internacional de Aprobación y Estandarización de Lubricante). Estos pueden ser objeto de publicidad y se muestra en el embalaje del producto<sup>50</sup>

Entre las cuestiones importantes de los re-refinadores es que la inversión necesaria para construir y operar una planta es mucho mayor que un procesador de aceite usado.

El factor de costo importante es la etapa de hidrogenación y la etapa de destilación al vacío. No existen diseños estándar de la industria o buenas referencias públicas disponibles para nuevas instalaciones y es importante mencionar que la industria tiene varios ejemplos de intentos fallidos. Se observa en el siguiente cuadro tres estimaciones de la inversión para una nueva planta de refinado:

Rango de Inversión, \$ Millones	Rango de capacidad, millones de galones / año de aceite de base	Comentarios
4-17 <sup>51</sup>	5-24	Requiere Fuente de hidrógeno.

<sup>50</sup> Instituto Americano del Petróleo sitio web: <http://www.recycleoil.org/index.htm>

<sup>51</sup> J. Voogd, Inversiones Evergreen, Inc. "Los nuevos desarrollos en la refinación de Aceites Usados", diciembre de 2005.

Rango de Inversión, \$ Millones	Rango de capacidad, millones de galones / año de aceite de base	Comentarios
5-7 <sup>52</sup>	7-10	Arcilla de regeneración
17-21 <sup>53</sup>	15	La hidrogenación parcial, en proceso de ser comercializado.

Tabla A2-5. Costo de inversión para una planta de refinado, en U\$\$ Millones

Como se ha señalado, *la inversión en una planta está en función de la tecnología empleada* y la hidrogenación es un determinante muy importante en el costo.

Además, el refinador *tiene que soportar el costo de la certificación de sus aceites base para que cumplan con los exigidos por API y de otros requisitos de calidad de la industria de lubricantes bases*. Sin esta certificación su producto final no sería capaz de alcanzar el máximo valor en el mercado ya que se limitaría su uso como un aceite industrial o componente de combustible.

Es posible que algunos realicen múltiples funciones en la gestión de los aceites usados, por ejemplo, no sería raro que los refinadores actuaran como colectores y en algunos casos como procesadores para clientes específicos.

### **Economía de la re-refinación**

Hay dos factores económicos principales que deben tenerse en cuenta. El costo de la materia prima para re-refinación (aceite usado) es una función de los costos del combustible e, indirectamente, del petróleo crudo y los ingresos por el producto base.

<sup>52</sup> Bill Briggs, Aceite Re-Refining Company, correspondencia personal, noviembre de 2005.

<sup>53</sup> Martin MacDonald, Hidrocarburos PetroTex, correspondencia personal, noviembre de 2005.

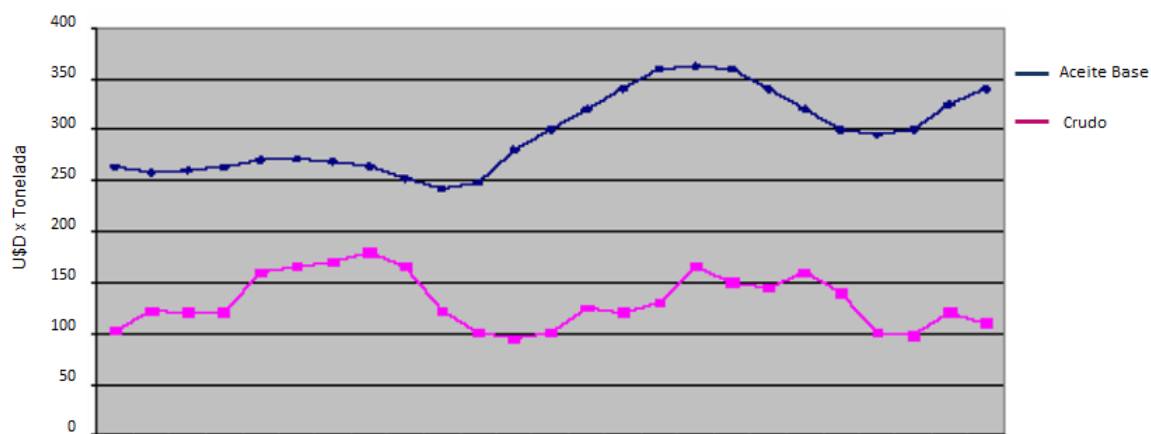


Fig. A2.1. Relación precio del crudo y del aceite base (1997-2003) en USD/Tn

La tabla siguiente presenta un resumen muy simplificado y aproximado de la economía de refinado. Incluye el impacto de los costos de las materias primas, su elaboración y los ingresos recibidos por el producto base<sup>54</sup> de aceite considerando el precio del crudo entre \$US 45 - \$US 55 por barril. Esto sirve para cuantificar la magnitud relativa de los parámetros de costos clave y su impacto en la rentabilidad.

Un punto importante es que los costos del aceite usado son muy variables y son impulsadas directamente por el precio del combustible. Por otro lado, los precios del aceite base tienen un retraso de largo tiempo con respecto al precio del crudo y del combustible, y como tal, la rentabilidad del refinador pueden disminuir debido a este fenómeno. Por ejemplo, durante el tercer trimestre de 2005, los precios del combustible aumentaron dramáticamente con los precios del crudo y en ocasiones superó 0,50 \$ / galones. Del mismo modo, los costos de transporte y operación de la planta también se incrementaron teniendo un impacto negativo en la rentabilidad de la refinación.

Conceptos	USD/galón
Alimentación de aceite usado	0.30-0.45
Transporte del aceite usado	0.10-0.30
Costo operativo de re-refinería	0.50-0.75
Neto de realización	1.60-1.80
Transporte del producto	0.10-0.30

<sup>54</sup> Mike Ebert, Safety-Kleen Company, correspondencia personal, diciembre de 2005.

Conceptos	USD/galón
Gastos generales	0.20-0.30
Margen	(0.05)-0.60

Tabla A2-6. Economía en la refinación, USD/galón

### **Quemadores de Aceite Usado**

La mayoría del aceite usado recogido se recicla y se quema en calderas industriales (fábricas, empresas de servicios públicos, plantas de cemento, plantas de asfalto y calentadores domésticos). Esto equivale a 780 millones de galones al año. Grandes consumidores industriales queman el aceite por el poder calorífico e incorporan dispositivos para la reducción de la contaminación y minimizar los efectos ambientales (se han hecho una excepción para los quemadores domésticos siempre y cuando la capacidad no exceda de 500.000 Btu/hr).

Si no fuera por los aceites usados, las empresas quemarían gas natural o fuel-oil de grado industrial, por lo tanto, esto les ofrece la oportunidad de reducir los costos con un descuento 25-35 por ciento en comparación con el combustible alternativo.

### **Consumo de aceite en la operación**

Una de las dificultades implicadas en la evaluación total de los volúmenes de aceite usados y el progreso de reciclaje es que hay una porción significativa que se consume y nunca estará disponible para su reúso. Un cambio significativo ocurrió en el año 2007 que involucra a los motores de vehículos pesados debido a la aplicación de controles más estrictos en las emisiones de partículas con el uso de sistemas de catalizador y el uso de combustible diésel bajo en azufre. Además, la práctica actual de la quema de aceite usado en estos motores de vehículos pesados ya no se permite por el daño a los sistemas catalíticos.

### **Tecnología de Procesamiento**

El tratamiento (procesamiento o recuperación) es un proceso de bajo costo para el tratamiento de los aceites usados y se puede aplicar en las siguientes situaciones:

- El procesamiento de aceites industriales hasta el punto en que puedan ser reutilizados como aceites industrial o venderlos para aplicaciones de combustión; y
- Procesamiento de los aceites de motor usados de modo que puedan ser vendidos para la combustión.

La mayoría de los aceites industriales contienen aproximadamente hasta 2-5 por ciento de aditivos para mejorar el rendimiento. La tecnología de proceso implica<sup>55</sup>:

- Eliminación de agua y sedimentos pesados por decantación;
- Eliminación de las partículas por filtración, y
- Control de las cenizas de la mezcla.

Algunos procesadores de mayor volumen remueven agua, combustibles livianos y solventes clorados por destilación, empleando sistemas centrífugos, o utilizando un tratamiento químico para romper las emulsiones y reducir el contenido de cenizas y azufre.

Productos de este procesamiento se comercializan como combustibles de menor calidad en plantas de asfalto, calderas industriales, calderas domésticas, fábricas de acero, hornos de cemento, pulpa de caldera marina y las fábricas de papel.

En los últimos años el desarrollo<sup>56</sup> la industria de lubricantes y de la industria de re-refinado ha dado lugar a cambios en varios aspectos importantes tanto ambientales como económicos que afectan a la industria de la regeneración. Avances fundamentales a este respecto son:

- Nuevas tecnologías de regeneración con un mejor rendimiento se han desarrollado y aplicado;
- Los requisitos reglamentarios en materia de emisiones de vehículos de motor han mejorado la calidad de los lubricantes, y
- En los mercados actuales, las cantidades de compuestos sintéticos y semi-sintéticos utilizados han aumentado significativamente. Estos aceites más

---

<sup>55</sup> "Evaluación de oportunidades para aumentar la recuperación y el reciclado de aceites usados" By DJ Graziano y Daniels EJ, el Departamento de Energía del Laboratorio Nacional de Argonne, agosto de 1995, página 43.

<sup>56</sup> IFEU, Heidelberg, Evaluación ecológica y energética de los aceites re-refinación de aceites base utilizados en: Sustitución de aceites de base producidos principalmente incluyendo compuestos semisintéticos y sintéticos, Febrero 2005

sofisticados y estables requieren mucha más energía para producirlo y permite la obtención de aceites de base de alta calidad con más facilidad.

Con el fin de tener en cuenta estos importantes acontecimientos la GEIR<sup>57</sup> por medio de la comisión del Institut für Energie-und Umweltforschung (IFEU), en Heidelberg Alemania llevó a cabo un estudio LCA<sup>58</sup> de los beneficios ecológicos y energéticos de los aceites de refinación reutilizados. El enfoque del estudio se basa en el ciclo: *"Producción de aceite base → aceite usado → re-refinado de aceite base usado"*.

El objetivo del estudio es proporcionar una visión actualizada y progresista de los aspectos ecológicos y energéticos de re-refinado del aceite usado. Las conclusiones reflejarán la situación actual y los avances previstos en las décadas siguientes:

- Cinco técnicas avanzadas de re-refinado se evalúan teniendo en cuenta su impacto ambiental y sus beneficios ambientales debido a la sustitución de productos primarios.
- Un promedio de técnicas de avanzadas para el re-refinado son consideradas si se compara con la combustión.
- Los parámetros más decisivos serán resueltas de una manera transparente.

Dentro del alcance de este estudio, los flujos de energía y materiales de las técnicas más avanzadas de refinación, representadas por cuatro compañías que operan en Europa y una en los Estados Unidos, se analizan y evalúan para incluir los impactos de los procesos auxiliares, como la electricidad o el combustible. También se consideran los procesos de la industria de lubricantes primarios y del reciclaje de aceites bases. Para reconocer el problema de mejorar la calidad de las materias primas usadas y los productos re-refinados, se toma en cuenta un rango de 0 a 30% de componentes sintéticos en los análisis. La figura siguiente muestra un esquema fuertemente simplificado del límite del sistema.

La unidad funcional para el cálculo de inventario y los impactos se refiere al tratamiento de 1Tn de aceite usado recolectado y re-refinado. Todos los datos de inventario que ofrecen las empresas participantes de la re-refinación se toman como

---

<sup>57</sup> GEIR - Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération

<sup>58</sup> LCA: Life Cycle Assessment studies (Estudios de evaluación de ciclo de vida)

datos de referencia para identificar la calidad media de aceite usado para esta evaluación.

A los fines de normalizar los resultados, se tomará la cantidad de referencia de 600.000 Tn como máximo, que se supone que es la cantidad total anual de re-refinado aceite usado dentro de la Unión Europea. Hoy en día esta cifra ha aumentado a 800.000 Tn por año, según las estadísticas GEIR.

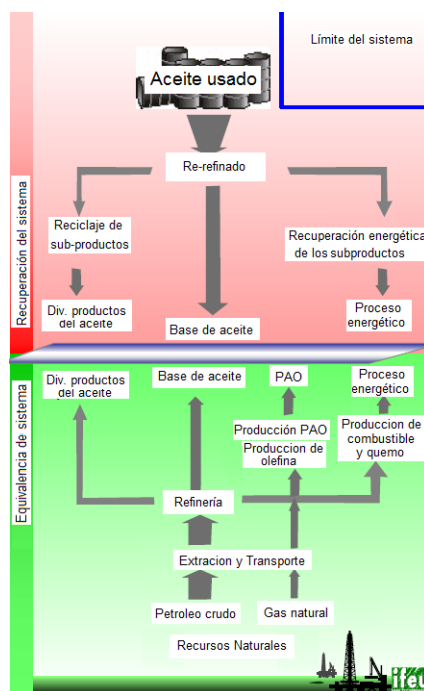


Fig. A2-2. Esquema simplificado del sistema de re-refinado<sup>59</sup>.

Arriba: el sistema de re-refinado en sí,

Abajo: el sistema funcionalmente equivalente de la producción primaria que está sustituido por nuevo refinado

Se calcula un inventario para cada una de las técnicas de refinado con respecto al transporte, la producción de energía y los tratamientos posteriores. El inventario se calcula también para los sistemas de equivalencia sustituidos por los beneficios del reciclaje y la recuperación.

Las categorías de impacto ambiental que deben analizarse son:

- agotamiento de los recursos (con respecto a los recursos energéticos fósiles);
- el calentamiento global;

<sup>59</sup> IFEU, Heidelberg, Evaluación ecológica y energética de los aceites re-refinación de aceites base utilizados en: Sustitución de aceites de base producidos principalmente incluyendo compuestos semisintéticos y sintéticos, Febrero 2005, pág. 3

- nitrificación terrestre;
- acidificación y
- toxicidad (con respecto a los contaminantes cancerígenos y partículas finas).

Las fuentes de datos para el cálculo de los inventarios comprenderán:

- Especificaciones dadas por las empresas de re-refinado (consumos específicos, emisiones y el rendimiento del productos con sus técnicas)
- Datos específicos evaluados por IFEU (refinado sobre aceites minerales, petroquímica procesos y procesos energéticos)
- Bancos de datos disponibles (ECOINVENT, APME, etc.)
- Bibliografía específica (por ejemplo, sobre la producción PAO)

Las tecnologías de re-refinación consideradas representan estándares técnicos avanzados. Las cinco opciones aspiran a productos de alta calidad. Cuatro de ellos están basados en la hidrogenación y la otra en tecnología de extracción. El rendimiento de recuperación del aceite base está comprendido entre un 55 y 77 por ciento. Esta es una alta tasa de reciclado en circuito cerrado debido a que los productos pueden ser reciclados varias veces. Los subproductos se aplican como combustible secundario. Las aguas residuales son tratadas en plantas de purificación avanzadas. Las técnicas consideradas están libres de residuos para su eliminación.

*Resultados:* Al evaluar el impacto general o el beneficio del re-refinado en relación con la sustitución de los productos primarios, el resultado de equilibrio entre el sistema de re-refinado y el sistema equivalente se pueden comparar directamente. Ambos sistemas son iguales en prestaciones, pero el primero genera residuos (aceite usado) y el segundo consume recursos primarios (petróleo crudo, etc.).

Restando el resultado del balance de los primeros con los segundos da un equilibrio general en favor de la re-refinación. Una visión general de todas las categorías de impacto ambientales considerados se muestra en la figura siguiente. Este gráfico muestra que el re-refinado del aceite base causa un impacto ambiental mucho menor que el procesamiento de base de petróleo crudo. Por lo tanto, el re-refinado claramente conduce a una disminución de las cargas ambientales.



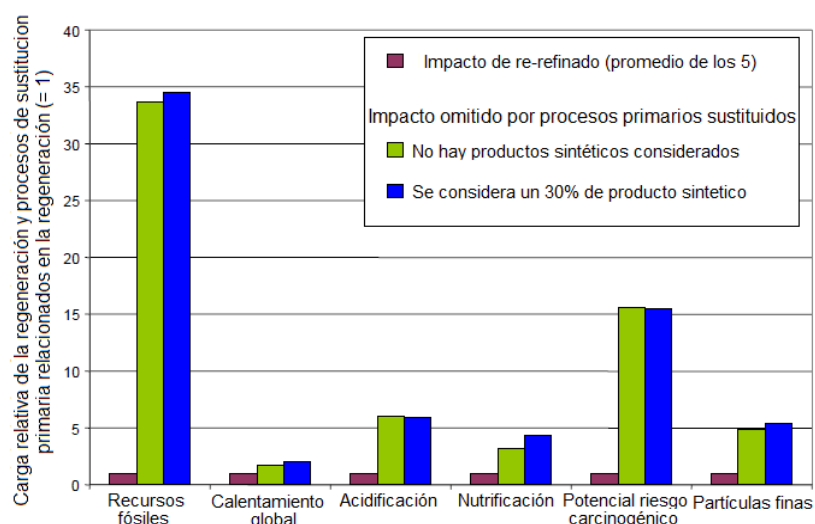


Fig. A2-3. Resumen de los resultados de evaluación del impacto<sup>60</sup>.

Todas las cifras están relacionadas con el resultado particular del "re-refinado", por ejemplo, un valor de cinco significa que el impacto de los procesos sustituidos es cinco veces mayor que el impacto de re-refinación.

A continuación evaluaremos que la combustión no puede ser más beneficiosa para el medio ambiente que el re-refinado. Para esto, tiene que ser definido el tipo de combustible que será sustituido por la combustión del aceite usado. Esto es difícil de definir, desde un punto de vista puramente científico. El aceite usado puede ser utilizado para alimentar una amplia gama de instalaciones. La mayoría de las evaluaciones del ciclo de recuperación de aceite usado ha considerado su uso en hornos de cemento, aunque es sólo una (aproximadamente 16%) de varias opciones se practica en la Unión Europea. Las principales fuentes de combustible de la industria europea del cemento son el carbón y el coque de petróleo.

A este respecto, se podría suponer que el carbón y el coque son los principales combustibles sustituidos. Sin embargo, para dar lugar a una operación de cocción óptima se requiere una porción de combustible líquido. Como tal, no hay evidencia en general en cuanto a qué tipo de combustible es el que se va a sustituir. Con respecto a otras instalaciones de combustión además de las cementeras, la cuestión de la fuente de es mucho más clara y se reemplaza principalmente el fuel oil. Para dar una visión general más clara ambos escenarios se abordan: la sustitución del

carbón y del aceite combustible como tipo de combustible. La figura siguiente muestra las diferencias relativas entre los impactos ambientales del re-refinado (aquí presumimos un 30% de aceite sintético) y la combustión teniendo en cuenta los dos escenarios de sustitución. Es evidente que, para ambos escenarios la mayoría de las ventajas están a favor de la re-refinación. Si no se consideraran los sintéticos las diferencias relativas se hacen más pequeñas y puede ser ligeramente a favor de la combustión en relación con nitrificación.

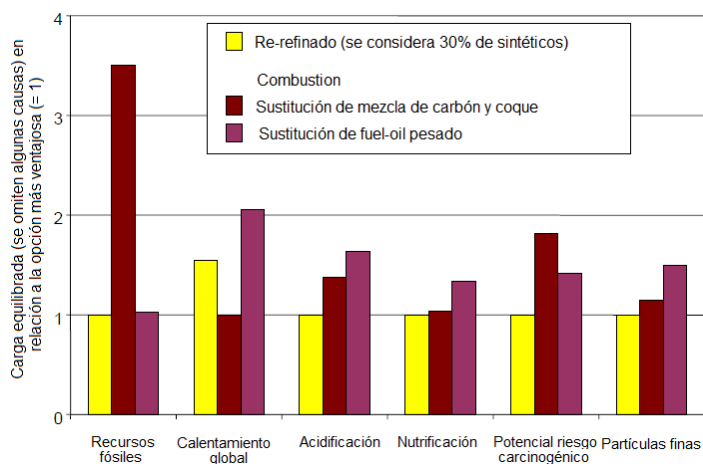


Fig. A2-4. Resumen de los resultados de evaluación de impacto<sup>61</sup>.

Donde todas las cifras están relacionadas con el resultado particular de "re-refinado", por ejemplo, un escenario con un valor de 2 es un medio tan beneficioso como el escenario con el valor 1.

La figura anterior no proporciona ninguna información sobre el orden de magnitud de las diferencias ni sobre la importancia de las categorías de los impactos individuales.

La figura siguiente muestra las diferencias entre el re-refinado y la combustión de una manera normalizada: los resultados de la evaluación de impacto se escalan considerando un volumen de 600.000 Tn de aceite usado y la diferencia de valores entre el re-refinamiento y la combustión se divide por la carga-per-cápita de una persona promedio (PEV, por ejemplo, 2,38 Tn equivalentes de petróleo bruto o 11,8 kg CO2 equivalentes por persona y por año). El gráfico muestra que en la mayoría de

<sup>60</sup> IFEU, Heidelberg, Evaluación ecológica y energética de los aceites re-refinación de aceites base utilizados en: Sustitución de aceites de base producidos principalmente incluyendo compuestos semisintéticos y sintéticos, Febrero 2005, Pág. 5

<sup>61</sup> IFEU, Heidelberg, Evaluación ecológica y energética de los aceites re-refinación de aceites base utilizados en: Sustitución de aceites de base producidos principalmente incluyendo compuestos semisintéticos y sintéticos, Febrero 2005, Pág. 6

las categorías hay una diferencia entre 10.000 a 30.000 personas PEV. En cuanto a la conservación de los recursos de la ventaja del re-refinado se extiende hasta 200.000 habitantes equivalentes. Suponiendo que la sustitución del carbón por combustión de aceite usado la particular ventaja de esta opción es también de aproximadamente 20.000 a 30.000 PEV en relación con el calentamiento global.

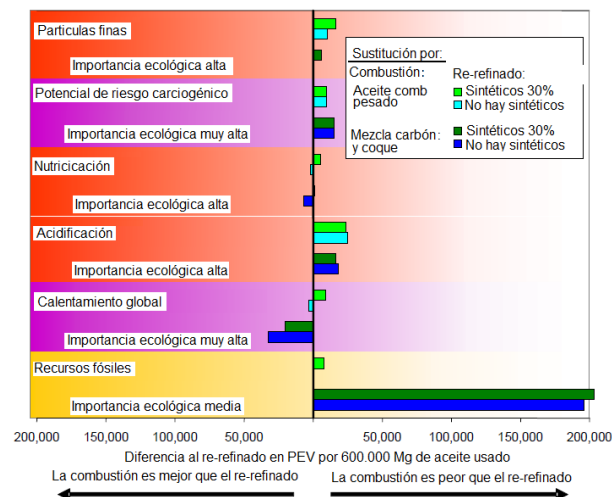


Fig. A2-5. Diferencias entre el promedio de re-refinación y combustión.

Nota: 1 PEV es igual en general per cápita de carga en promedio.

## Conclusiones

Esta evaluación lleva a las siguientes conclusiones principales:

1. De las cinco técnicas de re-refinación consideradas existen claros beneficios ambientales en la producción de base de aceites en comparación con las refinerías de petróleo convencionales. Esto es cierto para todas las categorías de impacto consideradas.
2. La tendencia hacia el uso de compuestos más sintéticos o semi-sintéticos en los lubricantes refleja un aumento significativo de los beneficios ambientales (la proporción de sintético en el aceite usado es hasta un 30% según este estudio).
3. El resultado de la comparación del re-refinado está fuertemente influenciada por la cuestión de que los combustibles primarios son sustituidos por residuos de la combustión de petróleo. Para la mayoría de las categorías, el impacto de la regeneración es más beneficiosa que la combustión directa. Esto afirma

categoricamente que el aceite usado puede sustituir al combustible o al gas pero cuando el carbón o el coque de petróleo son sustituidos, la combustión es más beneficioso en relación con el calentamiento global. Cuando la proporción de compuestos sintéticos aumenta en los aceites usados, el beneficio con respecto al calentamiento global se reduce significativamente con respecto a la quema. Por otra parte las ventajas aparentes del re-refinado permanecen estables o aumenta.

4. El análisis de algunos parámetros sensibles muestran aspectos adicionales en el desarrollo en favor de la regeneración, en particular con respecto al método de asignación y cuando el volumen creciente de combustibles secundarios que está empezando a competir se tiene en cuenta.

En resumen, el re-refinado del aceite usado conduce a la preservación de los recursos significativos y el alivio de las cargas ambientales en comparación con la producción de aceites base en refinerías de petróleo crudo a gran escala.

## Anexo 3: Comparativa de reciclados entre Argentina y Brasil

### Aspectos generales<sup>62</sup>

#### Argentina

##### Producción nacional, importaciones y consumo

Argentina no cuenta con información cierta sobre la cantidad de aceites lubricantes usados que se genera en el país. La Secretaria de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental a través de la Dirección Nacional de Registro tiene a su cargo el levantamiento de información de los generadores, transportistas y operadores de residuos peligrosos. No se ha finalizado con el censo de los formularios recibidos (por declaración jurada) ni se ha terminado de recibir la totalidad de los formularios que comprenderían el universo de los generadores de lubricantes residuales.

La producción del año 1999 de aceites lubricantes fue de 232.200 TN (toneladas), de las cuales 231.402 TN se vendieron en el mercado interno (Fuente: Página Web de la Secretaría de Energía de la Nación). Asumiendo que de ese total un 70% corresponden a aceites lubricantes destinados a automotores, tendríamos unas 162.400 TN de aceites residuales provenientes de estaciones de servicio, talleres de reparación y/o de mantenimiento (service). El resto corresponden a motores estacionarios y fijos de diversas industrias y/o uso doméstico.

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) registró los siguientes datos de producción nacional de aceites lubricantes (en m3)

Año	1997	1998	1999
Producción Lubricantes	214.269	250.300	232.200
Venta Mercado Interno	266.622	263.690	231.402

Tabla A3-1. Datos de producción nacional de aceites lubricantes (en m3)

La producción de aceites lubricantes en mayo 2001 fue de 32.442 m3. Para el período junio 2000-mayo 2001 el total producido fue de 352.800 m3. (Fuente

---

<sup>62</sup> Pedro Ubiratan Escorel De Azevedo, Revisión Y Análisis De Las Experiencias De Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador Y México Respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados; Reporte Final Analítico, Junio/2.002, pág. 4

Secretaría de Energía y Minería de la Nación). Es decir que se trata de un mercado de 300.000 m<sup>3</sup>/año con una facturación de 500 millones de dólares a la salida de fábrica.

### **Empresas productoras y/o importadoras y tipos de productos vendidos**

Las firmas más conocidas elaboradoras de lubricantes son: Alumet, Esso, EG3, Castrol AR, Bardhal, Chevron, Dupont, Elf, Eurolube, Exxon Chemical, Petrobras, Reynold, Shell, Texaco, YPF-REPSOL. La mayoría adquieren el aceite base (en las destilerías YPF La Plata y SHELL) y luego les agregan los aditivos característicos de cada marca.

### **Infraestructura existente y capacidad de recolección y reciclaje**

La planta Shell CAPSA (Playa Sola, Barracas, Buenos Aires) elabora aceites y grasas lubricantes para el mercado local y países limítrofes (Uruguay, Paraguay, Brasil, etc.) En esta planta se realiza el Blending y el filling (llenado de envases. Opera desde 1928 y ha tenido varios procesos de modernización. En Septiembre 2001, se recogieron los siguientes datos abajo descritos.

La planta posee una capacidad de producción de 100.000 TN/año y es operada bajo estrictos controles de calidad mediante el sistema ABB (Automated Batch Blending) diseñado por Phillips Hamburg conjuntamente con Shell. Para almacenar el producto terminado la planta cuenta con un almacén de 1.300 metros cuadrados, con capacidad para 7.900 pallets estibados en racks de 4 niveles de altura. Todo este depósito está controlado por medio de un sistema (Lubrocole) que garantiza la rotación de los productos almacenados (First in- First out).

El petróleo que se obtiene en Argentina es mayoritariamente del tipo pesado. Para la obtención de los derivados resulta más conveniente partir de distintos tipos de hidrocarburos. Por tal motivo la mayoría de los países realizan exportaciones e importaciones tendientes a mejorar sus bases para la destilación. Esto se ha hecho cada vez más evidente a partir de las políticas nacionales de concesión de áreas de explotación a las empresas multinacionales. Para la producción de bases lubricantes en el país el tipo de petróleo más adecuado resulta el que se extrae de la cuenca

neuquina Medanitos. Es decir, que las destilerías instaladas en el país formulan sus bases lubricantes mediante el blending de hidrocarburos de distinta procedencia según las condiciones del mercado (costo del barril, fletes, facilidades arancelarias según procedencia (mercado común), etc.

### **Informaciones acerca de la minimización reciclado y destino final de aceites**

Actualmente el mercado se encuentra desregulado y abierto y las empresas se encontraron con la necesidad de competir con los productos importados (al principio de mejor calidad) mediante fuertes inversiones en publicidad, mercadeo, y mejoras en su productividad, calidad y empaque. Actualmente todas las empresas se encuentran trabajando bajo certificación ISO 9002, alineadas a nivel internacional en tecnología y calidad de producción. Del total producido el 20-25% son lubricantes industriales y el 75-80% restante son para motores.

*La posibilidad de recolectarlos bajo condiciones controladas se reduce al ámbito de las grandes ciudades y a los grandes generadores. En el medio rural y en los pequeños municipios la disposición de los mismos es incontrolada y hasta podría decirse que resulta prácticamente incontrolable y sólo con una insistente campaña educativa se podría superar o por lo menos minimizar el problema. De manera que se puede estimar en las 145.000 TN que pudiesen ser utilizadas con cierto registro. Como no todo el aceite nuevo que se emplea se puede recuperar como usado en cada cambio ya que se considera que el 50% queda en las piezas que se lubrican, la cantidad estimada de aceite usado a disponer sería de 72.250 TN.*

## **Brasil**

### **Producción nacional, importaciones y consumo**

La producción de aceites lubricantes en Brasil es de aproximadamente 900.000.000 litros/año. De este volumen, se consumen cerca de 510 millones de litros por quema o uso. Restan 390 millones de litros/año de aceites lubricantes usados. De estos, se reciclan en el re-refino, desde octubre del 2001 unos 270 millones de litros/año y los 120 millones tienen destino desconocido.

## **Empresas productoras y/o importadoras y tipos de productos vendidos**

La producción de aceites lubricantes es controlada por la Agencia Nacional de Petróleo (ANP), autarquía federal ligada al Ministerio de Minas y Energía (MME).

Así, las empresas productoras, distribuidoras, colectoras y re-refinadoras están todas catastradas en la ANP. En términos de producción de los 900 millones de litros, la distribución es la que se encuentra en la tabla siguiente:

<b>Distribuidoras</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
BR	21,30	21,80	20,30
Texaco	20,90	20,30	19,70
Shell	15,10	13,80	13,90
Ipiranga	14,60	12,90	13,70
Esso/Móbil	10,10	11,30	11,30
Castrol	4,10	4,20	4,50
Tutela/Wal	5,90	6,00	6,60
Otras	8,00	9,70	10,00
<b>Soma</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Tabla A3-2. Participación de firmas en mercado de aceites lubricantes<sup>63</sup>

## **Infraestructura existente y capacidad de recolección y reciclaje**

Es necesario fijar una característica del reúso de aceites lubricantes en Brasil, o sea, que debido al bajo porcentaje de aceite en el petróleo brasileño, los aceites lubricantes usados son considerados como un residuo valioso para el recupero.

Además, la legislación obliga que todo el aceite usado sea reciclado. La incineración es medida excepcional y bajo condiciones severas de control de emisiones.

Así es que, en Brasil, la industria del re-refino se capacitó para reciclar todo el aceite usado y debe hacerlo en los próximos años. Desde octubre del 2.001, la meta de reciclaje es de 30% del volumen producido, o sea 270 millones de litros año deben ser re-refinados. Estos son indicadores muy similares a los de los países de Europa y Estados Unidos.

Según datos de la ANP, hay 26 empresas colectoras de aceites lubricantes usados y 14 empresas re-refinadoras del producto, en todo el territorio nacional. La empresa

<sup>63</sup> Fuente: Sindilub – Sindicato de la industria brasileña de lubricantes



LWART–Lubricantes, ubicada en São Paulo en el municipio de Lençóis Paulista (300 km de la Capital), es responsable por 60% de todo el refino de Brasil, con centros de acopio en casi todo el país y dos plantas re refinadoras.( Lençóis, SP y Duque de Caxias, RJ)

En corto espacio de tiempo, se estima que será posible a la industria del re-refino en Brasil reciclar casi todo el aceite lubricante usado generado.

### **Informaciones acerca de la minimización, reciclado y destino final de aceites**

La minimización del uso de aceites lubricantes es un hecho en Brasil. Esto se debe, en gran medida a nuevas tecnologías que permiten un tiempo mayor entre los cambios de aceites lubricantes en vehículos automotores. Sin embargo, el número de litros de aceite usado generado por vehículo/año se encuentra igual a los niveles de Argentina (20 litros/vehículo/año).

No obstante el escenario descrito arriba aunque sea muy positivo, no hay datos seguros sobre el destino final de los aceites lubricantes usados que no se destinan al re-refino. Se estima que una parte del aceite lubricante usado es destinada a mezcla de combustible en calderas y ladrilleras y otra, pequeña, en la zona rural para tratamiento de maderas y ganado.

En cuanto a la quema en hornos cementeros, no hay datos precisos pero el control de emisiones es muy rígido. Basta considerar que en la convención de Estocolmo (mayo de 2.001) se recomendó que la incineración sea progresivamente o eliminada por los daños a la salud, principalmente por la generación de COPs (contaminantes orgánicos persistentes)

### **Aspectos tecnológicos<sup>64</sup>**

#### **Argentina**

#### **Tecnologías existentes en el país relacionadas a la minimización y reciclaje.**

---

<sup>64</sup> Pedro Ubiratan Escorel De Azevedo, Revisión Y Análisis De Las Experiencias De Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador Y México Respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados; Reporte Final Analítico, Junio/2.002, pág. 28

En líneas generales las alternativas para el tratamiento y destino de los aceites usados es ampliamente conocida, existiendo tecnologías limpias y adecuadas. Su destino final puede ser variado dependiendo muchas veces de la posibilidad de su empleo como insumo para la producción de otra materia prima o como fuente energética barata:

- Combustible alternativo

- En hornos ladrilleros

Esta es una alternativa no recomendable por la generación de emisiones gaseosas nocivas para el ambiente. Sin embargo existe, sobre todo en el medio rural, y por ende se requiere de acciones de la autoridad ambiental o de control para evitar este uso (reúso) furtivo. Se han encontrado mezcla de aceites usados en combustibles baratos de variado uso rural (hornos de leña, fogones, pinturas y barnices, etc.).

- En hornos cementeros con emisiones controladas

Esta alternativa es utilizada cuando existe la posibilidad de recolectar el aceite residual mediante transportistas habilitados para ser utilizado como combustible mezcla en hornos cementeros. En Buenos Aires operadores como RECYCOMB SA localizada en la localidad de Cañuelas y perteneciente a la misma empresa que la Cementera Loma Negra, recolectan en las estaciones de Servicio el lubricante residual y lo trasladan al horno cementero localizado en Olavarría, provincia de Buenos Aires. Esta operación se realiza con emisiones controladas a medio ambiente. Es importante señalar que la empresa transportista cobra para efectuar el retiro de los tambores donde se acumula el residuo. Lamentablemente esto es considerado un costo por los generadores de aceite residual y por ende si pueden encontrar otra alternativa más barata o de costo cero para deshacerse del residuo no dudan en hacerlo. Esto dio lugar a la proliferación de recolectores no habilitados que recogen el residuo (incluso pagando por ello) para destinarlo al uso de combustibles baratos o mezclas clandestinas, obviamente fuera de todo control ambiental.

## **Reciclado y Reúso**

El reciclado es un término genérico que incluye a los denominados aceites Reprocesados, Recuperados y Regenerados:

Para el **Reprocesado** se somete el aceite usado a distintas operaciones destinadas a remover contaminantes insolubles y productos de la oxidación por medio de tratamiento térmico (calentamiento), filtrado, sedimentación o decantación, deshidratación, centrifugación, etc. Según la calidad obtenida se lo utiliza para realizar mezclas o cortes (Blending), con o sin el agregado de aditivos para nuevos lubricantes. Mediante este proceso se obtienen productos con calidad similar o equivalente al original. En general el término reprocesado implica obtener un producto que puede destinarse al uso original.

El **recuperado** se realiza mediante separación de sólidos y agua a través de calentamiento, filtración, deshidratación y centrifugación. El uso del aceite recuperado es para combustible (fuel y fuel mezcla) ya que pueden permanecer luego del tratamiento varios contaminantes, como ser: metales pesados, sustancias aditivas (inhibidores de la corrosión), PCBs, etc.

El **regenerado** implica la remoción de contaminantes (en general metales pesados), productos de la oxidación y aditivos. Con este procedimiento se obtienen un aceites bases para la producción de nuevos lubricantes. Se realiza en refinerías y se trata en rigor de un re-refinado mediante pre-destilación, tratamiento con ácidos, extracción por solventes, desalfaltado en evaporadores de película, pasaje por carbón o arcilla activada y deshidratación. Este es un procedimiento mucho más completo y controlado que el utilizado para la categoría de aceite recuperado. La fracción asfáltica puede ser empleada para la fabricación de membranas y otros productos asfálticos (Pinturas, selladores, etc.)

## **Otros usos**

A partir de un tratamiento sencillo de los aceites usados se obtienen subproductos destinados principalmente al mercado de la construcción, como por ejemplo membranas asfálticas, pinturas asfálticas, breas, etc.

## **Implicaciones ambientales-sanitarias-económicas-sociales de las distintas alternativas tecnológicas desarrolladas**

### **Combustible alternativo**

La mayor fuente de aceites residuales proviene de las refinerías de petróleo, motores de plantas industriales, de generación eléctrica, y los derivados del sector automotriz. Los dos primeros son fuentes generadoras casi puntuales, es decir concentradas en determinadas localidades. Las fuentes provenientes del sector automotriz son altamente dispersas y requieren del establecimiento de un adecuado sistema de recolección y transporte. Las fuentes no industriales son de difícil control y para ello requieren del establecimiento de una eficiente infraestructura para la recolección, transporte y disposición final. Los barros provenientes de los tanques de almacenamiento de petróleo arrastran el óxido de hierro proveniente de la corrosión y diversas sustancias orgánicas e inorgánicas absorbidas en el sedimento oleoso. El fuel sobrenadante es removido por decantación y usado como fuente de energía barata. El barro restante, con alto contenido en tóxicos orgánicos, es sometido a oxidación química o térmica (calcinación) antes de su disposición final.

### **Reciclado**

El aceite usado puede ser reciclado o re-usado para varias alternativas. La primera opción es tratar de regenerarlo para mantenerlo en el uso del producto original (por ejemplo como lubricante). Es decir re-usarlo. La segunda opción es recuperarlo (reciclarlo) manteniendo lo más alto posible su valor agregado. De esta forma se logra minimizar el problema de su disposición final con el beneficio adicional de disminuir el uso de aceites nuevos. Sin embargo esta alternativa es muy sensible a factores de escala, de naturaleza económica relacionada con el costo de las operaciones involucradas en el reciclado y por el volumen mínimo requerido para el proceso de re-refinado. (Por ejemplo, 200 tn por refinería en operación).

El reprocesado y el re-refinado incluyen operaciones destinadas a separar y/o remover contaminantes siempre que el aceite original sea apropiado para el reúso. Los contaminantes removidos formarán parte de los residuos líquidos a tratar antes

de la disposición final. Los procesos que incluyen el reprocesado no alcanzan para obtener un producto comparable con el aceite original y por ende no son factibles para ser utilizados en cortes o mezclas. Su uso está limitado a motores con menores requerimientos que los recomendados para el aceite original. El re-refinado requiere procesos modernos de tratamiento lo que permite utilizarlos para el uso del aceite original sin ofrecer riesgos para el ambiente. Se obtienen productos secundarios como residuos de la destilación posibles de utilizar en derivados asfálticos, fuel oil para blending y filtros desmetalizados como material de base para la construcción de carreteras.

En realidad la factibilidad del reciclado no sólo depende de consideraciones económicas. Es muy importante considerar la calidad del aceite residual donde no deben encontrarse cantidades significativas de sustancias de difícil remoción como ser la fracción más pesada del fuel oil y de los hidrocarburos clorados. Estas sustancias afectan seriamente la performance técnica para los procesos de regeneración e impiden la obtención de un reciclado de buena calidad. Los procesos de regeneración implican la utilización de tecnología adecuada, con cierto grado de sofisticación, mediante una operación cuidadosa y en manos de expertos. El problema es que para aceites lubricantes de alta performance se debe partir de elementos de alta calidad inicial y raramente los aceites reciclados cumplen con ello. Por lo tanto para el fabricantes partir de aceites usados puede ser oneroso y no convenirle en términos de costo de producción. Sin embargo, como ecuación general, el reciclado reduce la cantidad de aceite usado para la disposición final, con el consiguiente beneficio económico. Este es, entonces, un tema que puede analizarse dentro de la utilización de los instrumentos macro económicos más adecuados para definir el destino de los aceites residuales.

### **Otras alternativas de reúso**

Además de las alternativas de re-refinación y combustión los aceites usados se los emplea en diferentes usos, tal vez los más comunes y los menos recomendables, como ser en la construcción conservación de caminos secundarios en mezclas ligantes de ripio, en la producción de asfaltos, procesos de separación por flotación oleosa, lubricantes secundarios, carrier para pesticidas y tratamiento fitosanitarios

(control de malezas), limpiadores industriales todo propósito, barnices para barcos y construcciones lacustres y marinas, protección de embarcaderos, etc. Estas alternativas están por lo general ligadas a factores económicos (precio barato del petróleo, actividades ilegales o de mercado negro, etc.) que lamentablemente pueden transformarse en la principal vía de reúso para el aceite residual.

### **Otras implicaciones a cerca de la reutilización de aceites usados**

Como ya fuera mencionado, los aceites lubricantes no se consumen totalmente durante su servicio, pero igualmente deben cambiarse en su totalidad luego de un tiempo de uso, pues desmejoran sus propiedades, se le incorporan sustancias provenientes del desgaste de las piezas bajo lubricación y se altera su calidad original. Pero además los aceites usados son considerados por la legislación nacional e internacional como residuos tóxicos y peligrosos.

En la composición de los aceites usados prevalecen los compuestos orgánicos donde son mayoría los hidrocarburos aromáticos polinucleares (PNA o PAH), los aditivos (sustancias inorgánicas con S, N y metales pesados), y disolventes clorados, que si bien algunos pueden venir del proceso de refinación la mayor parte se genera durante el uso.

La composición real para un determinado aceite residual puede ser muy variable en las cantidades de sus componentes, de manera que es necesario adoptar un criterio de selección para la reutilización de los mismos. Para ello se recomiendan los seguir los siguientes pasos:

- **Recogida**  
Efectuar una recolección desde los puntos de acopio, tratando en lo posible de identificar adecuadamente las fuentes generadoras
- **Almacenamiento**  
Efectuar el análisis químico del material recolectado y almacenado para proceder a su clasificación
- **Clasificación**  
De aquí se obtienen tres tipos básicos:

- Aceite Regenerable, es decir utilizable como aceite base
- Aceite para Combustión, uso como combustible alternativo
- Aceite para la Destrucción (residuo final a incinerar)

Es importante remarcar que estas vías son alternativas técnicas. En la práctica existen otros componentes de peso (variables económicas) como ser la relación entre precios y/o entre costos del aceite nuevo y usado, y de otros instrumentos económicos que pueden favorecer o desalentar alguna de las alternativas, incluso que pueden resultar imprevistamente favoreciendo un uso ilegal o inadecuado para el aceite usado.

Según las directivas europeas para la clasificación el primer criterio de selección para el reúso debe ser el contenido de PCBs, para lo cual recomienda no superar los 50 ppm. Superando este valor referencial el aceite usado debe ser sometido a la destrucción controlada. Una vez asegurado esto, existen dos alternativas para el aprovechamiento energético:

- 1) *Uso como combustibles alternativo* para la combustión en instalaciones de alta potencia térmica, alta temperatura y con alto consumo de combustibles (y por ende con alta producción de gases de escape). Requieren de un tratamiento previo y controle analíticos que permitan desclasificarlos como residuos tóxicos y peligrosos.
- 2) *Uso como combustible homologado* para instalaciones de menor potencia térmica o motores de combustión interna, calderas para producción de energía eléctrica en ciclos de cogeneración. Para estos usos se requiere tratamientos físico-químicos más complejos.

### **Datos existentes de costos de instalación/operación y valores del aceite usado**

Técnicamente es posible reutilizar el aceite usado, previo tratamiento, para incorporarlo a las bases lubricantes. Sin embargo esta alternativa está condicionada en el mercado local por:

- *Precio del petróleo crudo*. Cuando en la última crisis mundial el precio del barril superó los US\$ 32.00, las mismas destilerías salieron a comprar aceite usado. En condiciones más normales esta alternativa es poco atractiva pues

implica un mayor costo para las destilerías: Deben comprar a recolectores habilitados, tratar un aceite cuya composición es muy variable debido a la cantidad de aditivos que contienen o puedan contener, certificar su origen, etc.

- *Competencia entre marcas y procedencia.* En los aceites de buena calidad y alta performance se aclara que son productos originales. Además deben competir con aceites importados, muchos de los cuales poseen garantía de alta calidad y menor precio relativo
- *Origen del aceite usado.* Resulta incierto conocer el origen y calidad del aceite usado recolectado. En los talleres y estaciones de servicio se junta todo (de varias marcas, de varios tipos y calidades, con o sin aditivos, etc.) Esto transforma al recolectado en una mezcla con elevado nivel de impurezas metálicas, productos de la oxidación, sustancias extrañas aportadas por los aditivos, agua de arrastre y condensación, etc. Obviamente para una destilería esto es un serio y caro problema ya que debe analizar cada partida por separado y realizarle un tratamiento fuera de línea mucho más complejo que el habitual (proveniente de hidrocarburos sin sustancias extrañas)
- *Oferta de aceite recuperado.* En el mercado se vende aceite recuperado (con tratamiento simple, filtrado, neutralizado y a veces aditivado) en venta a granel (Tambores de 10 o más litros) sin marca registrada, control de calidad, etc., aunque los proveedores aseguran que se trata, por ejemplo, de aceite YPF recuperado. Salvo razones económicas, uso en automóviles que ya cumplieron con creces su vida útil, o inconciencia colectiva no se aconseja usar este tipo de aceite. Su precio en el mercado es el 50 % del precio del aceite original
- *Conducta de los usuarios.* La mayoría de los usuarios cuidan que durante el cambio de aceite el mismo sea realizado con buenas marcas o las que recomienda el fabricante, exigiendo al finalizar el servicio que les entreguen la lata vacía. Cuando el vehículo está en garantía es responsabilidad del concesionario utilizar el aceite correspondiente a la marca y modelo ante cada cambio de aceite.



**Instituciones y/o grupos de I&D que estén interesados o se encuentren realizando estudios sobre alternativas tecnológicas para el reciclado.**

La solución de los problemas ambientales generados por los residuos es un tema complejo que excede el análisis de sólo un aspecto de su problemática. Mientras no existan leyes o legislación suficiente, acuerdos de cooperación interprovinciales, estatales y/o regionales, organismos de control con capacidad operativa, acciones de educación comunitaria, difusión de nuevas tecnologías, etc., será difícil encontrar una solución integral. En Argentina los organismos oficiales (de todos los niveles), y sobre todo los institutos técnicos, si bien aún cuentan con cierta capacidad tecnológica se encuentran muy limitados presupuestariamente para encarar acciones de efectivo control. Por ejemplo, los generadores, operadores y transportistas de sustancias peligrosas efectúan sus declaraciones anuales por simple declaración jurada.

Sólo ante casos de denuncia o accidentes ambientales, y por orden judicial, se realizan análisis específicos. No se cuenta con fondos propios para llevar adelante programas o proyectos globales salvo actuar ante situaciones consumadas. En muchos casos estos fondos provienen de otros trabajos en ejecución y su recupero depende de la posibilidad de obtenerlos mediante acciones judiciales ante el sujeto contaminador.

Por lo tanto, no se trata en general de un *laissez-faire* de los organismos de gobierno, sino de la imposibilidad de actuar por falta de recursos económicos. Aquí tal vez convendría replantear el uso de instrumentos económicos para la formación de un fondo específico para encarar soluciones ambientales. De no contarse con la presión de las ONGs y del Gobierno las empresas “per se” no se interesan por solucionar estas cuestiones a las que las ven como un costo más a tener en cuenta en sus análisis económicos. Evidentemente, si el costo de no actuar es menor que el costo de actuar optaran por lo primero.

## Brasil

### **Tecnologías existentes en el país relacionadas a la minimización y reciclaje.**

Según el Sindicato de la Industria de Aceites Re-refinados (SINDIRREFINO) debemos reconocer que el manejo ambiental de aceites usados, así como de otros residuos peligrosos, debe partir del presupuesto de que es imperioso reciclar todo o lo que sea posible. Solamente de comprobarse la imposibilidad de hacerlo, el residuo debe ser eliminado por quema o incineración.

Considerado este supuesto, las directrices deben estar fundamentadas prioritariamente, en la:

- *prevención*: reduciéndose la generación en la fuente por alternativas tecnológicas y nuevos productos que se ofrezcan en el mercado;
- *revalorización de los residuos*: con prioridad de su utilización a través de la reciclaje o reúso;
- *tratamiento*: físico, químico o biológico de los residuos visando su eliminación, de ser posible con aprovechamiento de energía.

Así es que el SINDIRREFINO entiende que la mejor alternativa tecnológica para aceites usados es su reciclaje con el re-refino para:

- reducir la contaminación ambiental;
- aumentar la vida útil de las reservas naturales con economía de materias escasas;
- reducir el consumo de energía (en la reciclaje, el consumo es cerca de 15% del necesario para la producción primaria);
- traer economía de divisas con la disminución de las importaciones;
- generar impuestos y empleos con materiales aparentemente inservibles y
- disminuir el gasto público para la capacitación y eliminación de materiales contaminantes.

Como se mencionó antes, en Brasil el reciclaje de los aceites usados es una imposición legal y hoy 30% de todo el aceite generado es obligatoriamente re-refinado, o sea casi 70% de todo el aceite usado del país. El porcentaje arriba

indicado es igual al encontrado en Europa y en Estados Unidos en reciclaje de aceites lubricantes.

El Grupo LWART re-refina el 60% del aceite usado en Brasil. El proceso es totalmente hecho al vacío, o sea, casi sin emisiones.

La capacidad de la planta re-refinadora es de 11.000 litros/hora de aceite usado. El volumen de aceite re-refinado corresponde a 72% del aceite usado. La borra neutra para mantas corresponde a 12%. La agua es 6% y 1% son solventes y otros incondensables. Las borras ácidas representan 3,5% y la tierra fuller y cal 1,5%. Los 4% restantes corresponden al diésel recuperado.

En conclusión, puede decirse que en Brasil, la tecnología del re-refino es totalmente dominada para un completo reciclaje del aceite usado. Se puede decir que hay tecnología adecuada para el total reciclaje del aceite usado en Brasil, no obstante se tiene una gran cantidad de este residuo no re-refinado.

### **Implicaciones ambientales-sanitarias-económicas-sociales de las distintas alternativas tecnológicas desarrolladas**

Considerándose que el re-refino de aceites lubricantes es prácticamente la única alternativa tecnológica en Brasil, resta apenas mencionar que la quema en ladrilleras o calderas es muy difusa (así como los otros pequeños usos como tratamiento de madera o curado de ganado).

Indudablemente el re-refino es la mejor alternativa bajo el punto de vista ambiental, sanitario, económico y social.

Datos existentes sobre costos de su instalación/operación y valores del aceite usado  
Según el SINDIRREFINO no hay datos seguros a cerca de los costos, porque cada empresa tiene sus perfiles. Es una actividad privada con control estatal en el proceso y no en el mercado.

**Instituciones y/o grupos de I&D que estén interesados o se encuentren realizando estudios sobre alternativas tecnológicas para el reciclado.**

Según el SINDIRREFINO, en el área específica del re-refino no se dispone de conocimiento al respecto. La tecnología del re-refino fue desarrollada por varios años por los propios re-refinadores sin colaboración oficial.

Considera el sindicato que Brasil cuenta con tecnología eficiente y adaptada a las necesidades del país, sin subsidios o ayudas gubernamentales. La sociedad, por lo general, tiene óptima aceptación de la actividad en la medida de su creciente conocimiento y preocupación con la necesidad de protección al ambiente.

Hay, no obstante, acciones bajo la ley del petróleo, que incentiva a través de sus directrices el desarrollo tecnológico de la industria del petróleo, indicando a la ANP la tarea de “estimular la investigación y adopción de nuevas tecnologías para exploración, producción, transporte, refino y procesamiento”. La responsabilidad por la administración de programas de amparo a la investigación y desarrollo tecnológico es del Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología del Sector de Petróleo y Gas Natural – CTPETRO.

Las acciones del CTPETRO se desarrollan por la Financiadora de Estudios y Proyectos FINEP y el CNPQ. Se destinan a incineradores licenciados el aceite de transformadores que es considerado residuo peligroso (askarel).

**Aspectos jurídicos<sup>65</sup>**

**Argentina**

**Bases legales existentes que permitan sustentar el manejo ambientalmente adecuado de estos residuos**

Así como otros en otros países, Argentina es una república con características federativas, en la cual hay una unión de competencias y poderes provinciales.

---

<sup>65</sup> Pedro Ubiratan Escorel De Azevedo, Revisión Y Análisis De Las Experiencias De Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador Y México Respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados; Reporte Final Analítico, Junio/2.002, pág. 56

Las principales normas jurídicas respecto al tema están ubicadas en nivel constitucional (nacional o provincial) y en leyes específicas. La constitución nacional estableció el principio general de protección al ambiente en el Art. 41 que la Nación debe dictar los presupuestos mínimos y en el Art.121 que las Provincias conservan todo el poder no delegado en la Nación.

Dice el artículo 41: *“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales”*

Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso en el territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radioactivos. Hay importantes y variadas menciones de la legislación nacional y de las leyes provinciales respecto al manejo de residuos en el contexto de la protección del ambiente. Es relevante indicar algunas de ellas.

*La ley nacional N° 24051*, conocida como Régimen de Desechos Peligrosos, fue sancionada en diciembre de 1991. En su artículo primero establece que la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos quedan sujetos a las disposiciones de la ley, cuando se tratare de residuos generados o ubicados en lugares sometidos a la jurisdicción nacional y a otros situaciones cuando estén fuera de ella. En su artículo dos establece que será considerado peligroso, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

Un elemento importante que se crea mediante la ley es un registro de generadores y operadores de residuos peligrosos, que deberá llevar la autoridad de aplicación y en el que se inscribirán las personas físicas o jurídicas responsables de la generación,

transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos, luego de lo cual emitirá el “Certificado ambiental” que permitirá a las personas actuar en los temas previstos en la ley. Merece destacar el artículo que se refiere al valor de la tasa ambiental, que tiene por objeto el mantenimiento del registro de generadores y operadores, ya que se determina en función de la peligrosidad y cantidad de residuos que produjeren y que no puede ser superior al 1% de la utilidad presunta promedio de la actividad.

Respecto a aceites lubricantes, son considerados peligrosos bajo la Ley 24.051 y leyes provinciales. Se utiliza la clasificación de la Convención de Basilea (Y23, Y5, Y9, Y31) que es también adoptada en otros países.

La ley, conocida con el nombre de Ley de Protección del Medio Ambiente y Recursos Naturales, si bien extensa, abunda en normas relacionadas con el planeamiento y ordenamiento ambiental, en las medidas de protección de las áreas naturales, en los sistemas de información y en la confección de informes de impacto ambiental, nada dice en materia de cómo incentivar de manera concreta y definida, un plan para minimizar el uso de los recursos naturales escasos, un plan de incentivos para que las actividades económicas de producción y de consumo, usen mejor los recursos y de esa manera ahorrar para el futuro y generar hoy una menor cantidad de residuos. En un apartado de la ley se hace referencia a los incentivos a la investigación, producción e instalación de tecnologías relacionadas con la protección del ambiente. Además se establece que el gobierno provincial priorizará en su política de crédito, de desarrollo industrial, agropecuario y fiscal, aquellas actividades de investigación, producción e instalación de tecnologías vinculadas con la protección del ambiente. Si bien éstas son medidas que pueden encuadrarse como instrumentos económicos, revisten el carácter de subsidios, útiles pero de difícil aplicación, toda vez que significan derogaciones públicas.

#### **Autoridades gubernamentales facultadas a regular y controlar el aceite usado**

Las autoridades ambientales nacionales y provinciales son facultadas a controlar el aceite usado así como lo hacen respecto a otros residuos domiciliarios, aunque peligrosos.

No se identificó articulaciones intergubernamentales (involucrando por ejemplo las autoridades nacionales y provinciales) o dentro de los gobiernos alguna autoridad que sea responsable por el control del proceso productivo de los derivados de petróleo.

### **Información sobre éxitos o fracasos en la aplicación de los ordenamientos legales en la materia**

Hay problemas de aplicación de los ordenamientos, sea por la dificultad de control de datos de las fuentes móviles, sea por el relevamiento en puertos y aeropuertos, terminales y pasos fronterizos en el área del Mercosur.

El impacto regulatorio es notado también porque los aceites son tomados como residuos universales, una parte de ellos se mezclan con otros desechos de la industria y no hay un interés específico a su respecto. Se mencionan también las ventas clandestinas como combustible barato de los aceites en estos impactos. Además, una cuestión relevante (tal vez la principal) respecto al impacto regulatorio dice con la falta de instrumentos económicos adecuadamente establecidos en la legislación

Los que desean que la disposición final del aceite usado se realice de acuerdo a normas vigentes, debe pagar para ello. Los que los derivan a un uso no autorizado evitan pagar y hasta pueden tener ingresos. Así que se considera importante la adecuación jurídica de instrumentos económicos como instrumento económico ideal para aceites es el de cargo al producto nuevo. Desde la Constitución Nacional, las constituciones provinciales, las leyes nacionales y provinciales y hasta las reglamentaciones de los gobiernos locales, se pueden encontrar normas claras en cuanto al uso sustentable de los recursos naturales. Lamentablemente, si bien las normas están, falta la decisión política para encarar tan complicado tema.

## **Brasil**

### **Bases legales existentes que permitan sustentar el manejo ambientalmente adecuado de estos residuos**

Como Argentina, Brasil es una república federativa, formada por la unión de Estados y Municipios. La constitución de la república establece en el artículo 225 las bases legales de la protección ambiental.

Antes mismo de la actual constitución (1988) y de las constituciones de los Estados (1989) la ley federal 6.938/81 estableció en SISNAMA – Sistema Nacional del Medio Ambiente, bajo de lo cual el CONAMA – Consejo Nacional del Medio Ambiente tiene autoridad para expedición de normas específicas de calidad ambiental.

En la materia de aceites lubricantes, hay una particularidad importante, o sea, que las leyes que regulan su producción, regulan también su manejo ambiental.

Se puede afirmar que del hecho de que hay monopolio estatal federal de la producción de petróleo, fue un factor importante para esta regulación, que creó condiciones de diferenciar los aceites lubricantes usados de otros residuos peligrosos y/o no peligrosos, es decir, no hay y no hubo discusiones al respecto de la competencia de las autoridades federales en materia de aceites usados y además es un hecho la articulación intra-gubernamental que existe respecto a este residuo. Así es que nadie contesta las normas federales respecto de los aceites lubricantes, que se bajaran y por las cuales el re-refino (reciclaje) es prácticamente la única alternativa de disposición final de tales residuos. La posibilidad de incineración, aunque existe no es considerada también por aspectos económicos que se tratará adelante.

La norma más importante es la Resolución CONAMA 9, de 31 de Agosto de 1993, que establece que todo el aceite lubricante será reciclado y solamente de demostrarse la imposibilidad de re-refino en cuanto medida excepcional, será permitida su incineración bajo condiciones severas.



Además de la CONAMA 9/93 y por su comando, se bajó la Portaria Interministerial n. 1, del 29 de Julio de 1.999, de los Ministros de Minas y Energía Y Medio Ambiente que estableció la responsabilidad del productor, importador, revendedor y consumidor de aceite por su recogida y el productor o importador por su acopio y destino final en proporciones que se han cumplido sobre el volumen del aceite comercializado. Desde el octubre del 2001, el volumen mínimo de aceite usado colectado debe ser de 30% del volumen comercializado.

Complementariamente, la Agencia Nacional del Petróleo bajo las Portarias ANP 125, 126, 127, 128, 130 e 131 que tratan del tema y regulan todo el proceso de distribución, acopio y reciclaje de los aceites lubricantes.

Autoridades gubernamentales facultadas a regular y controlar el aceite usado que serán objeto de los programas de acopio y reciclaje

Las autoridades que regulan y controlan el proceso son la ANP e IBAMA, como también los organismos estatales

En esto contexto es importante una mención a la Ley Federal de los Crímenes Ambientales (n. 9.605 de 1998) que es un gran instrumento para la fiscalización y control por parte de los organismos gubernamentales en la cuestión de la protección del ambiente.

### **Información sobre éxitos o fracasos en la aplicación de los ordenamientos legales en la materia**

Según el SINDIRREFINO, la legislación que reguló la actividad de producción de aceites lubricantes es muy eficiente en el sector, por el hecho que las obligaciones de cada etapa y agente son bastante claras, con normas que:

- Establecen parámetros para los diversos grados de viscosidad de los aceites básicos producidos por el re-refino;
- Crean la figura del recolector con obligaciones claras;
- Crean documentos de certificación de recolección y recepción, el primero con eficacia de documento fiscal; y

- Despiertan conciencia en las autoridades de la Promotoría del Ambiente para las acciones de represión a las actividades ilegales de quema en calderas o ladrilleras.

Esos mecanismos de control son bastante positivos en términos de impacto regulatorio y el indicador es que el sector está cumpliendo la legislación sin grandes problemas. Las medidas que necesitan algunas pequeñas correcciones son están ubicadas en el sector del comercio (Talleres, Supermercados etc.) que todavía se están adaptando a la legislación y se considera que la actividad de la Procuraduría del Ambiente en estos sitios hará mejoras en el escenario.

### **Experiencias sobre la aplicación de convenios voluntarios para lograr los mismos fines**

Como el impacto regulatorio es positivo, no se identificó estas experiencias con significancia nacional.

### **Aspectos de capacitación<sup>66</sup>**

#### **Argentina**

No se logró obtener datos al respecto de los aspectos de capacitación.

#### **Brasil**

### **Programas y materiales de apoyo de capacitación en el aceite usado o similar considerando diferentes grupos de actores/sectores.**

En Brasil se identifican varios niveles de capacitación. Los más significativos son los que se desarrollan en el nivel gubernamental (federal y estatal) respecto a programas de educación ambiental. El Congreso Nacional aprobó y el Presidente de la

---

<sup>66</sup> Pedro Ubiratan Escorel De Azevedo, Revisión Y Análisis De Las Experiencias De Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador Y México Respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados; Reporte Final Analítico, Junio/2.002, pág. 84

República sancionó la Ley Federal n. 9.795, de 27 de abril de 1999, por la cual se estableció la Política Nacional de Educación Ambiental y son incumbidos el Poder Público, las instituciones educativas, los órganos del SISNAMA, los medios de comunicación masiva y las empresas.

Específicamente acerca de los aceites lubricantes no se lograron encontrar programas oficiales. Los papeles destinados todavía a la ANP y al Departamento Nacional de Combustibles s, en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía y los Ministerios de Educación e Medio Ambiente, son relevantes. El SINDIRREFINO considera adecuado involucrar las empresas responsables por el comercio minorista y creemos que las distribuidoras y revendedoras pueden (no lo hacen todavía) ampliar sus papeles en la capacitación, bajo de la nueva ley. Es importante también involucrar las empresas de comunicación (TV y radio)

### **Instrumentos desarrollados y aplicados para evaluar las actividades y materiales de capacitación**

Según el SINDIRREFINO es adecuado estimular los minoristas (talleres de cambio de aceite, reventas) con algún incentivo económico. La ley arriba indicada puede iniciar un proceso masivo de educación ambiental que llegará con tiempo a los agentes económicos. LWART todavía utiliza materiales para divulgación de su proceso a los revendedores como instrumento para obtener nuevos clientes.

Estudios realizados para identificar experiencias de capacitación para impulsar programas de acopio y reciclaje de aceites usados u otros similares así como materiales de apoyo para brindar tal capacitación. No se conocen estudios al respecto, sino las iniciativas del sector y ANP bajo condiciones específicas.

### **Estrategias y medios para difusión de información o impartición de cursos de manejo de residuos**

No se logró obtener informes al respecto, pero en general, se nota que los círculos empresariales son más capacitados que la sociedad civil que necesitaría campañas de comunicación masiva para conocer los peligros del aceite usado y exigir mejores y

mayores acciones. Es oportuno nombrar que no obstante en Brasil se solucionó el problema (en los niveles tecnológico y jurídico), hay un pasivo ambiental grande (120 millones de litros de aceite usado/año) que no se sabe adónde se descartaría.

### **Participación comunitaria<sup>67</sup>**

Tradicionalmente se ha concebido como participación comunitaria al aporte en trabajo que puedan hacer las comunidades que reciben del estado u otro organismo alguna obra o proyecto que beneficie a su comunidad, este aporte lógicamente abarataría los costos de la inversión externa y como una respuesta lógica de protección a su aporte, la comunidad cuidaría dichas obras. “Lo que les costó un esfuerzo es más probable que lo cuiden”. En un enfoque más moderno se enlaza el término “Desarrollo comunitario” como una estrategia que funciona en la ejecución de infraestructura sanitaria que mejora las condiciones materiales (físicas) de los sectores rurales de los países en vías de desarrollo. En esta visión las comunidades son consideradas como aportantes de datos para diagnósticos que se diseñan, se ejecutan, se analizan y se controlan por las instituciones estatales apoyadas por organismos internacionales.

Como corolario de este enfoque, se logró establecer organizaciones. Comunitarias con capacidad de administrar, operar y mantener la infraestructura construida, con el tutelaje de algún ente supervisor. Actualmente en lo concerniente a la “Teoría” de la participación comunitaria, se la describe como un proceso sistemático que nace desde el interior de la comunidad, a partir de un trabajo conjunto para resolver problemas comunes. Su principal objetivo es la autogestión comunitaria, y la autonomía frente a las instituciones de apoyo. Las claves para este empoderamiento de la comunidad radican en su participación protagónica en la toma de decisiones, partiendo de la base si quiere o no quiere tal o cual obra (Demanda), hasta la realización de una evaluación del impacto de la misma al interior de la estructura de organización comunitaria, (la obra fue pretexto para un crecimiento y aprendizaje positivo en el desarrollo del capital humano de la comunidad).

---

<sup>67</sup>RED PANAMERICANA DE MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS (REPAMAR), Fundación Ecuatoriana Para La Gestión Ambiental (GEA) “Estudio para definir los instrumentos de

### **Conceptos que ayudan**

- *Demanda*.- Las acciones que emprende una comunidad para satisfacer una necesidad.
- *Enfoque de género*.- Visión integral de los proyectos, tomando en cuenta las características y necesidades tanto de hombres como mujeres, respetando sus igualdades y diferencias.
- *Sostenibilidad*.- Capacidad de permanencia en el tiempo de los diferentes proyectos y programas, en condiciones de prestar servicio con eficiencia y eficacia.
- *Gestión Comunitaria*.- Capacidad organizativa y administrativa que poseen las comunidades para planificar, construir, operar y mantener un servicio comunitario con una característica de eficiencia.

### **Como lograr la participación comunitaria**

Una de las premisas fundamentales para la participación comunitaria es la conciencia y comprensión de la Salud y del Medio Ambiente”. Los mecanismos utilizados para lograr participación comunitaria en el área de saneamiento ambiental, tradicionalmente han sido:

- Comunicación social
- Promoción de la salud
- Capacitación
- Fortalecimiento comunitario

Cada uno de estos mecanismos, por separado se ha ido desarrollando hasta alcanzar en la actualidad un nivel de aporte más o menos valido para lograr la tan ansiada participación comunitaria.

### **Comunicación social**

A principios de los años 60 en América Latina se fijaron esperanzas de que a través de un intervencionismo estatal en los medios de comunicación, se promovería el uso

---

participación comunitaria en el Ecuador y en la región, para el manejo integral de aceites lubricantes

de estos en una función social, mediante la inclusión de una mayor cantidad de mensajes con contenido educativo y cultural, lo que redundaría automáticamente en un gran desarrollo social; como era de esperarse, para finales de los setentas este optimismo, había disminuido, por cuanto los resultados esperados no se presentaban. A inicios de los años ochenta se realizan alianzas estratégicas entre la antigua Educación para la Salud y la Comunicación Social, creando la nueva Comunicación para la Salud, definida como la comunicación en un más amplio sentido de la palabra, agrupando nuevos canales y medios, trascendiendo a los programas educativos tradicionales. Se hace una revisión histórica de “Políticas de Salud” como punto de arranque para una revolución conceptual y operativa en materia de Salud Pública, haciendo énfasis en la “Promoción de la Salud”.

Al proclamarse a la salud como un derecho universal y fundamental, las “Nuevas Políticas” tienden a que la salud esté en manos de las comunidades permanentemente olvidadas y sumidas en la miseria. Los mensajes tienden a conquistar el apoyo de la opinión pública y a buscar la toma de decisiones y acciones a favor de su propia salud. Conceptos como “educar entreteniéndolo” permiten al “aburrido” mensaje educativo adaptarse y competir con la poderosa gama de programas que genera la industria del entretenimiento, cuyos fines son netamente comerciales.

La asociación entre artistas, productores, guionistas y profesionales de la salud, han permitido avanzar en la generación de productos de mejor calidad, con atractivos para el comercio así como para el público, con mensajes sociales potentes y correctos. Se renueva el concepto de Marketing Social definido como el diseño, implementación y control de programas calculados para influir y controlar la aceptabilidad de las ideas sociales y las consideraciones relacionadas con el marketing (planificación, precio, comunicación, distribución e investigación sobre productos).

Las raíces del marketing social tienen como base el enfoque de información el cual a su vez se subdivide en cuatro áreas o sub-enfoques:

- Educativo,
- Persuasivo,

- Modificación del comportamiento y
- Enfoque de la Influencia Social.

Actualmente se han abierto posibilidades de lograr un marketing social con fines de lucro, en donde empresas comerciales gastan miles de dólares apoyando y/o adoptando una causa social; su objetivo es verse bien haciendo el bien, mejorar su imagen y finalmente mejorar su negocio. Otras empresas van más allá, y generan productos sociales que a su vez generan ganancias, como por ejemplo los que fabrican productos que ayudan a dejar el hábito de fumar, productos para adelgazar, etc. Esta alianza entre el marketing y los productos sociales, a pesar de ser una forma de pensar relativamente nueva, ya ha sido utilizada en diferentes niveles y relacionados con diferentes problemas tales como el daño ambiental, hábitos personales perjudiciales, enfermedades, extinción de los animales, decadencia de la moral, pérdida de costumbres culturales, etc. No está por demás señalar que en comunicación social a través de medios masivos de comunicación, se han escrito páginas de fracasos y errores rotundos; pero a pesar de ellos se debe insistir y buscar mecanismos innovadores, originales y cargados de creatividad que logren superarlos.

Conceptos importantes que aporta el marketing social son sin lugar a dudas los que tienen que ver con la segmentación del mercado, (niños, mujeres, adultos, etc.), el análisis de los canales de influencia y sobre todo la aplicación de estrategias definidas para su aplicación:

- Definir el problema (escuchar)
- Establecer metas ( planificar )
- Dividir y definir los mercados objetivos
- Analizar a los consumidores
- Analizar los canales de influencia
- Implementar y
- Monitorear

### **Promoción de la salud**

Para la Promoción de la Salud los socios innatos y de mayor expectativa serán los niños, conjuntamente con toda la infraestructura escolar; es así como a través del

tiempo se han concentrado los esfuerzos en la dotación de infraestructura básica sanitaria a las mismas, se han concentrado programas de capacitación a los maestros en temas de saneamiento ambiental, se han generado cuadernos y guías de trabajo también con estos temas, se ha fomentado la elaboración de material educativo, juegos, dinámicas, teatro, títeres, etc., para llegar de manera adecuada y con el mensaje correcto hacia estos agentes de cambio que en la práctica son los niños.

La promoción de la salud en las comunidades rurales tiene algunas herramientas aplicables como son:

- *Las visitas domiciliarias*: Permiten al promotor educar de manera personal, se la aplica usualmente con familias que tienen mayores dificultades para mejorar sus comportamientos sanitarios, a pesar de la sencillez que reviste esta técnica, se necesita que sea planificada, sobre todo en lo que tiene que ver con sus objetivos.
- *La charla educativa*: Son las explicaciones que en forma dosificada se van compartiendo con los diferentes grupos de la comunidad, aprovechando los temas de Interés de la comunidad, siendo muy necesaria su respectiva planificación y el empleo de técnicas participativas de capacitación.
- *Asambleas generales*: Espacios aprovechados principalmente para la promoción, información, consensos y resoluciones que afecten los programas a ejecutarse. Para el manejo adecuado de estas asambleas el promotor deberá tener conocimientos sólidos de procedimiento parlamentario.
- *Conformación de Redes Sociales*: Le permite al promotor ampliar la educación personal con grupos familiares afines, generar acciones puntuales que requieren un trabajo de equipos, permite dosificar la transferencia de conocimientos mediante reuniones de capacitación con un número adecuado de participantes, que a su vez difundirán el mensaje educativo al resto de familiares.
- *Conformación de Comités Locales de Educación Sanitaria y Ambiental*: Al crear organismos de apoyo a la gestión de promoción de la salud, se logra dar un enfoque de auto gestión comunitaria, ya que estos organismos requieren de apoyos mínimos por parte de las instituciones de apoyo externo, para lo cual es necesario en la etapa de conformación realizar las actividades de capacitación, motivación y planificación de metas y objetivos realizables, de acuerdo a sus propias capacidades.



- *Manejo de Reuniones Participativas Efectivas*: Mecanismo ideal que permite trabajar con segmentos de la población que poseen características comunes (madres de familia, líderes barriales, miembros de las JAAPs, jóvenes, etc.). Su importancia radica en la capacidad de concertación de actividades de planificación, traducido en cronogramas de trabajo con tiempos, responsables y productos esperados.
- *Aplicación de Encuestas CAP*: Herramienta necesaria para la elaboración de la Línea de Base, la misma que nos permite tener una idea clara de donde estamos, cuales son las debilidades relacionadas a las prácticas sanitarias y que deberán ser consideradas en los programas a ejecutarse, así como también nos permitirán la elaboración de los indicadores necesarios para una futura evaluación.
- *Manejo de diferentes dinámicas participativas*: Para todo trabajo grupal el promotor – facilitador de cambios y procesos, deberá manejar un gran abanico de dinámicas que le permitan tanto generar confianza como las reflexiones y análisis que permitan la socialización del conocimiento.

## **Capacitación**

La capacitación como proceso continuo de entrenamiento y mejoramiento de capacidades técnicas y administrativas del personal relacionado con la promoción y educación sanitaria, ha sido considerada como el instrumento clave para lograr una efectiva participación comunitaria. Existen quizá muchas metodologías que se han aplicado a programas de capacitación, de las cuales las más significativas son:

- *Ciclo experiencial de Aprendizaje*: Esta metodología empleada en el diseño de sesiones de capacitación, inician con una experiencia cognitiva concreta que puede ser: lectura de impresos, visualización de imágenes, charlas, demostraciones, observaciones, etc.

A continuación se procede al análisis o procesamiento de la experiencia, que no es más que la profundización del conocimiento a través de reflexiones individuales o colectivas.

En un tercer momento se procede a la generalización que nos permite visualizar un campo más amplio de aplicación del conocimiento adquirido, asociarlo y/o diferenciarlo de otros conocimientos, llegar a conceptualizaciones y a nuevas

conclusiones. El proceso como es cíclico termina o continúa con la aplicación del conocimiento en el correspondiente medio de trabajo. El objetivo básico de la Capacitación Participativa es el de ayudar a la población objetivo, a desarrollar las perspectivas, la competencia, la confianza en sí misma y el empeño que garantice un esfuerzo comunitario sostenido, más allá de la duración de cualquier proyecto.

- *Metodología SARAR*: Esta metodología participativa de educación de adultos difiere de los métodos tradicionales formales, los cuales se centran en el educador o capacitador, como transmisor de conocimientos. La metodología SARAR tiene como principio fundamental, el reconocimiento y la afirmación de las habilidades innatas de la gente. Sus siglas están conformadas por las primeras letras, de las palabras en inglés, de sus características principales:
  - *Self-esteem.- Confianza en sí mismo*; Los grupos y las personas reconocen y aumentan su confianza en sí mismos cuando comprenden que tienen la capacidad creativa y analítica para identificar y resolver sus propios problemas.
  - *Associative strength.- Fuerzas asociadas*; La metodología reconoce que cuando las personas se unen en grupos, se vuelven más fuertes y desarrollan la capacidad de actuar en conjunto.
  - *Resourcefulness.- Ingenio*; Cada persona es un posible recurso para la comunidad. Mediante este método se procura desarrollar el ingenio y creatividad de las personas y los grupos para solucionar problemas.
  - *Action planning.- Planificación de la acción*; La planificación de la acción para resolver problemas es crucial para el método. El cambio sólo puede lograrse si los grupos planifican y llevan a cabo medidas apropiadas.
  - *Responsibility - Responsabilidad*; El grupo asume la responsabilidad de las actividades de seguimiento. Las medidas planificadas deben llevarse a cabo.

Sólo mediante una participación responsable es posible lograr resultados significativos.

Este enfoque participativo está basado en la persona que aprende, e implica un proceso que abarca desde el contacto inicial que incluye las actividades necesarias para ganar la confianza del grupo y lograr la apertura suficiente para iniciar el proceso de educación no formal. El conocimiento y dominio por parte de los

promotores o facilitadores de cambio social de estas herramientas de capacitación participativa, son la base del éxito de esta metodología participativa.

### **Fortalecimiento comunitario**

Entendido como el proceso donde se consolida la apropiación y responsabilidad comunitaria y que definitivamente asegura la sostenibilidad de los proyectos. Se fortalece el liderazgo y la capacidad organizativa de la comunidad, buscando mecanismos autónomos para operar y mantener las obras de saneamiento de manera eficaz y eficiente. Para que este instrumento sea efectivo, debe estar considerado y buscado en el transcurso de todas las etapas de un proyecto, tanto es así que como mecanismos para el fortalecimiento comunitario se encuentran los siguientes:

1. Diagnóstico participativo
2. Marco Lógico para los Proyectos
3. Uso de tecnologías adecuadas
4. Evaluación Participativa
5. Sistematización

### **Diagnóstico Participativo**

Entendido como un proceso de investigación sobre una realidad determinada que nos permite conocer las situaciones que más afectan a los pobladores de una comunidad. Lo de participativo tiene que ver mucho con la metodología empleada y sobre todo sobre quienes asumen el protagonismo de su planificación, ejecución, análisis de resultados, conclusiones y posteriormente su evaluación. Tanto es el protagonismo comunitario que bien podría también llamarse autodiagnóstico.

Un resumen corto de este proceso será pues las respuestas que demos a las siguientes preguntas.

- ¿Qué vamos a investigar?
- ¿Para qué?
- ¿Dónde lo vamos a hacer?
- Cuando lo vamos a hacer
- Con que recursos

- Quienes lo vamos a hacer

Algunas técnicas que ayudarán en este proceso serán las relacionadas con el manejo de: Las preguntas, la observación, la entrevista, los cuestionarios, las encuestas, las entrevistas focales, etc.

También conocida como la planificación participativa de las comunidades. Este mecanismo se basa en el aporte de todos los involucrados en un proyecto, tanto como actores internos como externos, los mismos que mediante consenso elaboran una plantilla o cronograma de actividades donde se fijarán necesariamente las metas y los objetivos del proyecto, los resultados finales esperados, indicadores de avance del mismo, indicadores de impacto, fechas clave para la verificación del avance de la obra, mecanismos de verificación, y los factores externos deseables que permitirán llegar al éxito final del proyecto.

### **Uso de tecnologías adecuadas**

Uno de los principales factores para la sostenibilidad de los proyectos radica en la tecnología que se emplea, ya que las consideraciones tales como el empleo de materiales del medio, capacidad técnica instalada en el sector, conocimientos y destrezas de la población, grado de empatía de la población hacia las tecnologías utilizadas, etc. permiten que la población mantenga niveles de independencia en la operación y mantenimiento de su infraestructura sanitaria que redundará en un manejo eficiente y/o eficaz.

### **Evaluación participativa**

Evaluar tiene una connotación que se refiere a Valorar, o dar valor a una cosa, en este caso será el balance retrospectivo de todo un proceso desarrollado al interior de una comunidad, con la finalidad de detectar que puntos fueron los más débiles, las fortalezas encontradas o desarrolladas, éxitos, fracasos, para al final toda esta información proyectarla hacia los trabajos futuros. El fortalecimiento y la capacidad de análisis de la comunidad se desarrollan a medida que ella asume y se apropia del proceso de evaluación, el mismo que se puede resumir en lo siguiente:

- ¿Por qué evaluar?
- ¿Qué evaluar?
- ¿Para qué evaluar?
- ¿Cuándo evaluar?
- ¿Con quiénes evaluar? y
- ¿Cómo evaluar?

Las respuestas que se den a estas preguntas irán constituyéndose en la guía lógica a seguir para culminar un proceso de auto evaluación comunitaria.

### **Otras consideraciones**

Es de anotar la necesidad de que cada etapa de un proyecto sea considerada como una oportunidad para compartir conocimientos. No existen comunidades con cero conocimientos por lo tanto debemos partir de sus capacidades y destrezas heredadas a través de los tiempos, respetándolos y fortaleciéndolos. Un mecanismo externo a la comunidad, pero con igual importancia que los aquí señalados para lograr la participación, son las políticas claras que las instituciones y el estado en general provean al sector de Saneamiento Ambiental, lo que permitirá conocer a todos los involucrados, cuáles son las reglas del juego y las respectivas áreas de acción.

### **Aspectos de participación social<sup>68</sup>**

#### **Argentina**

No se logró identificar en los reportes compilados aspectos de participación social

#### **Brasil**

Estudios realizados para identificar estrategias para involucrar la participación social en el diseño e instrumentación de programas de acopio y reciclaje. Experiencias en el

---

<sup>68</sup> Pedro Ubiratan Escorel De Azevedo, Revisión Y Análisis De Las Experiencias De Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador Y México Respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados; Reporte Final Analítico, Junio/2.002, pág. 94

involucramiento de la participación social en estas Actividades. Considerándose que los programas de acopio y reciclaje involucran las empresas previamente catastradas por la ANP, no es exacto afirmar que hay una estrategia para involucrar la participación social (aquí entendida como los consumidores y no las oficinas de cambio/reventa). Las estrategias para involucrar la participación social en los programas de acopio y reciclaje en Brasil son limitadas a los agentes del comercio mayorista y menos lo minorista.

Instancias promotoras y coordinadoras de la participación social. Materiales de poyo empleados para promoverla. Indicadores de desempeño de la participación social.

Según el SINDIRREFINO, el sector de los recicladores es el gran responsable por la promoción y divulgación del re-refino.

La ANP y el IBAMA/CONAMA son las instancias encargadas de promover la participación social, no obstante lo que arriba fue dicho, o sea, que los sectores involucrados son los comerciantes y no los consumidores.

La meta establecida en octubre, 2001 (30% de recolección del aceite comercializado) es un indicador de general de desempeño de la industria del re-refino, pero no se considera que los consumidores sean informados satisfactoriamente acerca de tan importante proceso.

## **Instrumentos económicos<sup>69</sup>**

### **Argentina**

#### **Instrumentos económicos existentes relacionados con el manejo ambiental de aceites usados u otros residuos similares.**

La República Argentina está viviendo una grave crisis, que en materia económica se manifiesta en una caída en la actividad. Simultáneamente, frente a los altos niveles de evasión fiscal y con un gasto público estructuralmente difícil de disminuir ha llevado a un déficit fiscal considerable. En este contexto, hablar de instrumentos

---

<sup>69</sup> Pedro Ubiratan Escorel De Azevedo, Revisión Y Análisis De Las Experiencias De Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador Y México Respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados; Reporte Final Analítico, Junio/2.002, pág. 116

económicos para un mejor manejo de los recursos naturales, resulta sumamente complicado. Pensar en que los costos ambientales sean cubiertos por los que los generan, y no por la sociedad toda, no es tarea fácil en la actual situación política, económica y social.

Cualquier reforma tiene que estar insertada en un plan nacional ambiental y éste para que sea aceptado por la sociedad debe surgir luego de un amplio debate y tiene que formar parte de una reforma fiscal también global. Desde hace muchas décadas las sucesivas reformas impositivas, todas con carácter netamente fiscalizadoras, fueron introduciendo grandes distorsiones, de manera tal que introducir impuestos o cargos ambientales, no harían más que agravar la tan injusta situación actual. Todo sistema fiscal debe ser ante todo justo. Para poder introducir una verdadera reforma ambiental que contemple el uso de instrumentos económicos, es decir que simulen condiciones de mercado, se debe contemplar básicamente el principio “el que contamina paga”. Todo esto requiere un amplio debate, la población debe ser bien informada de los beneficios de introducir instrumentos económicos en el manejo de la problemática ambiental. Si no lo acepta, la solución deberá pasar por otro lado.

Cumplir con el principio “el que contamina paga” no quiere decir, otorgar una licencia para contaminar, quiere decir asumir los costos que al contaminar se le producen a la sociedad toda, quiere decir pagar un cargo por el servicio ambiental, el que no es gratuito y que consecuentemente debe entrar en las consideraciones económicas de los agentes que operan en la economía, los productores y los consumidores fundamentalmente. Los que desean que la disposición final del aceite usado se realice de acuerdo con las normas vigentes, debe pagar para ello, tienen un costo. Los que logran derivarlo a algún uso autorizado o no, se evitan pagar y hasta pueden tener ingresos, tienen beneficios. Esta situación desalienta a los primeros.

### **Marco teórico**

Bajo condiciones de competencia perfecta, es por demás conocido que los mercados asignan de manera eficiente los recursos productivos escasos. Sin embargo, no garantiza que el óptimo también lo sea desde el punto de vista social o que se logre el más alto nivel de bienestar social. El costo de la recolección de la basura y del

sistema de disposición final, no se reflejan en el precio de la mercancía empaquetada, de manera que alguien, la sociedad toda, paga esos costos.

El mercado de por sí es incapaz de incorporar en el precio de los bienes los costos ambientales. Ante esta situación se hace necesaria la intervención del Estado, para evitar o morigerar los efectos negativos, mediante diversos mecanismos de regulación. En el caso ambiental en particular, el costo no está reflejado en el precio del bien, cuya producción produce el daño ambiental. Es decir, la sociedad sufre una pérdida en el bienestar comparado con el deseable u óptimo nivel de bienestar.

Cuando los costos de la contaminación o el uso de los recursos naturales no se reflejan en los precios, se producen ineficiencias pues se producen y consumen cantidades de bienes por encima de lo que es socialmente óptimo. Las externalidades existen pues el ambiente es un bien público.

En ausencia de derechos de propiedad debidamente definidos para el mantenimiento de ciertos bienes públicos (aire limpio, aguas limpias, por ejemplo), los agentes económicos usan los servicios ambientales sin tener en cuenta el impacto que sus decisiones tienen en otros agentes económicos y en las generaciones futuras. En la medida en que esos costos externos no se internalicen, es decir no se incluyan en el precio de mercado del bien o actividad en cuestión, la asignación de los recursos no será eficiente.

Los impuestos ambientales o cargos por contaminar, los sistemas de depósito reintegro y los permisos negociables son los instrumentos económicos más conocidos y utilizables por los gobiernos para internalizar los costos ambientales en los costos de las empresas y en los consumos. Estos instrumentos difieren de los mecanismos de regulación de comando y control ya que brindan a los contaminadores incentivos para que, por la vía de los precios, modifiquen sus conductas en la producción y el consumo de bienes. Una de las principales ventajas de estos instrumentos es que los agentes económicos tienen la posibilidad de elegir cómo responder ante las señales de los precios, asumiendo que actuarán de manera racional y en consecuencia se logrará una mejor asignación de los recursos, disminuyendo de esa manera el sobreuso y la contaminación.



#### **Anexo 4: Algunas consideraciones sobre el aceite usado<sup>70</sup>**

- *El aceite industrial que consumen los vehículos y la maquinaria industrial, se convierte en uno de los residuos peligrosos más contaminantes que existen:*

Los aceites industriales son una mezcla de hidrocarburos obtenidos por destilación de crudos petrolíferos (aceites minerales) o por síntesis a partir de productos petroquímicos (aceites sintéticos). Durante su uso, el aceite se va degradando, perdiendo sus propiedades y dando lugar a una nueva sustancia, el aceite usado, una mezcla muy compleja en la que cerca de una tercera parte corresponde a residuos: compuestos orgánicos derivados de la oxidación del aceite original, partículas procedentes del desgaste de los metales que conforman la maquinaria, agua y otros elementos químicos (cinc, cloro, fósforo o azufre). Estos componentes hacen del aceite usado un residuo altamente contaminante, debido a su toxicidad, baja biodegradabilidad, bioacumulación, emisión de gases y su degradación química. Por todo ello, la eliminación inadecuada de los aceites usados puede provocar graves perjuicios al medio ambiente.

- *Tan sólo 1 litro de aceite usado puede contaminar una superficie de 4.000 m<sup>2</sup>, lo equivalente aproximadamente a un campo de fútbol:*

Los vertidos de aceite usado en los suelos contaminan tanto el propio suelo como las aguas superficiales y subterráneas. Los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que se adhiere al suelo y destruye el humus vegetal, afectando gravemente a la fertilidad del suelo al alterar el normal desarrollo de su actividad biológica y química.

- *El vertido de 1 litro de aceite usado en el agua es capaz de contaminar un volumen de 1.000 m<sup>3</sup>*

El vertido de aceite usado sobre las aguas puede originar, debido a su viscosidad, una fina película que se convierte en una separación física entre la atmósfera y el agua, impidiendo que el oxígeno del aire penetre en el agua y distorsionando el equilibrio biológico de las aguas durante un intervalo largo de tiempo (está comprobado que en el mar un compuesto hidrocarbonado puede perdurar 10 o 15 años). A ello se añade la presencia de componentes tóxicos en el aceite usado

---

<sup>70</sup> Revista SIGAUS, Numero 6, Noviembre 2009, pág. 10

que pueden llegar a la cadena de alimentación de las especies acuáticas a través del agua. En cualquier caso, el daño realizado repercute enormemente sobre el medio, sobre todo si se producen grandes vertidos. Cada litro de aceite usado es capaz de contaminar 1.000 m<sup>3</sup> de agua, de forma que con poco más de dos litros del residuo, aproximadamente lo que contiene el cárter de un coche cuando se cambia el aceite, se podría contaminar un volumen de agua similar al de una piscina olímpica (50 metros de largo por 25 de ancho).

- *La regeneración de los aceites usados tiene un efecto favorable en la lucha contra el cambio climático*

Se estima que las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes en la fabricación de lubricantes mediante regeneración de aceites usados son del orden del 40% inferiores<sup>71</sup> que las que se producirían si el proceso de su obtención fuese el refinado del petróleo. En este sentido, algunas empresas gestoras<sup>72</sup> señalan que por cada tonelada de aceite usado destinado a regeneración se evita la emisión a la atmósfera de 3 toneladas de CO<sub>2</sub>. Con la regeneración de tan sólo 4,5 litros ahorramos la emisión de 12 kg de CO<sub>2</sub>, que es la capacidad de absorción de un árbol medio adulto durante todo un año<sup>73</sup>.

- *Un solo litro de aceite usado contiene energía suficiente como para poner 11 lavadoras*

Tras un proceso de tratamiento previo, el aceite usado puede utilizarse como combustible en la generación de energía eléctrica o calorífica. 7,5 litros de aceite usado procesados de esta forma pueden generar suficiente electricidad para el funcionamiento de un hogar medio durante casi 24 horas. En el mismo sentido, un solo litro de aceite usado contiene energía suficiente como para poner 11 lavadoras<sup>74</sup>.

- *La combustión incontrolada de aceite usado emite gases tóxicos originando graves problemas de contaminación*

---

<sup>71</sup> Fuente: Informe “Ecological and energetic assessment of re-refining used oils to base oils” - Groupement Européen de l’Industrie de la Régénération (GEIR).

<sup>72</sup> Fuente: Catalana de Tractament d’Oils Residuals (CATOR).

<sup>73</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Sobre esta afirmación se ha estimado el número de hectáreas equivalentes al CO<sub>2</sub> ahorrado teniendo en cuenta la plantación de árboles de tipo medio separados 5 m. entre sí (441 árboles por hectárea).

<sup>74</sup> Environmental Protection Agency. US Government, a partir de la afirmación “one gallon of used oil processed for fuel contains about 140,000 British Thermal Units (BTUs) of energy” y datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) sobre consumos energéticos de electrodomésticos: “Guía Práctica de la Energía 2008”.

Tan solo 5 litros de aceite usado quemados en una estufa pueden ocasionar la contaminación de un millón de metros cúbicos de aire, que es la cantidad de aire respirada por una persona durante tres años. Los compuestos de cloro, fósforo y azufre presentes en el aceite usado producen gases de combustión tóxicos que pueden afectar al aire, las personas y los animales. Antes de su combustión, el aceite usado debe someterse a diversos tratamientos físico-químicos que permiten eliminar sus compuestos contaminantes y hacer posible la producción de un combustible asimilable a otros utilizados en la industria.

- *Para producir 50.000 toneladas de combustible hacen falta aproximadamente 1 millón de toneladas de petróleo*

Estimando un rendimiento, en cuanto a cantidad de combustible resultante, de entre el 85 y el 90% en volumen del aceite usado así tratado, podría afirmarse que estos procesos generaron alrededor de 50.000 t de combustible. Para producir una cantidad similar de fuel oil pesado de uso industrial procedente del refinado del petróleo habrían hecho falta aproximadamente 1 millón de toneladas de petróleo (7,33 millones de barriles)<sup>75</sup>.

---

<sup>75</sup> Fuente: American Petroleum Institute. Cada barril de petróleo, tras su destilación, produce aproximadamente 2,3 galones de fuel oil pesado.

## **Anexo 5: Procesos utilizados en la regeneración de los aceites usados<sup>76</sup>**

Existen varios procesos de los aceites usados, entre los que destaca:

### **Proceso convencional ácido-arcilla**

La carga de lubricante usado es sometida a una evaporación de aquellos productos ligeros como agua e hidrocarburos del rango de la gasolina. Después de éste paso previo la carga se trata con ácido sulfúrico obteniéndose un rendimiento de 85% aproximadamente en relación con el producto tratado. El resto constituye un desecho aceitoso y ácido.

El producto obtenido después del tratamiento ácido es enviado a filtración con arcilla y cal, para mejorar su color y su acidez. En éste proceso de filtración se obtiene un desecho del 3 al 4 por ciento constituido por una mezcla de aceite ácido y arcilla. En la siguiente etapa el aceite se fracciona para separar destilados livianos del tipo gas-oil y así obtener finalmente la base lubricante. El proceso tiene un rendimiento global de 65% en peso.

A medida que ha progresado la ciencia y la tecnología de la refinación, ha cobrado importancia el uso de sustancias químicas (ácidos) para contribuir al tratamiento de los crudos y derivados. Entre los ácidos son varios los que se utilizan en los procesos: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, ácido fosfórico. La utilización de ácidos trae el aspecto de corrosión de los equipos y para que éstos sean más durables y funcionen mejor hay que recurrir al uso de metales y aleaciones apropiadas para su fabricación, y durante las operaciones la implantación de un programa muy estricto de mantenimiento. En el tratamiento ácido-arcilla, el ácido sulfúrico actúa como un removedor de material asfáltico y resinoso, y la arcilla sirve para absorber esos materiales. La purificación y tratamiento final de la carga se efectúa en un agitador que contiene más arcilla y cal, y en el exprimidor, tipo prensa.

---

<sup>76</sup> Leal Herrera, Edgar Leandro; Peña Ruiz, Victoria Alejandra “Evaluación de tecnologías aplicadas a la recuperación de aceites gastados para el rendimiento de los motores a gasolina”, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Abril de 2009.

La carga que alimenta a esta etapa de la refinación proviene de las plantas de destilación al vacío, desparafinación con disolvente y de exudación de parafinas.

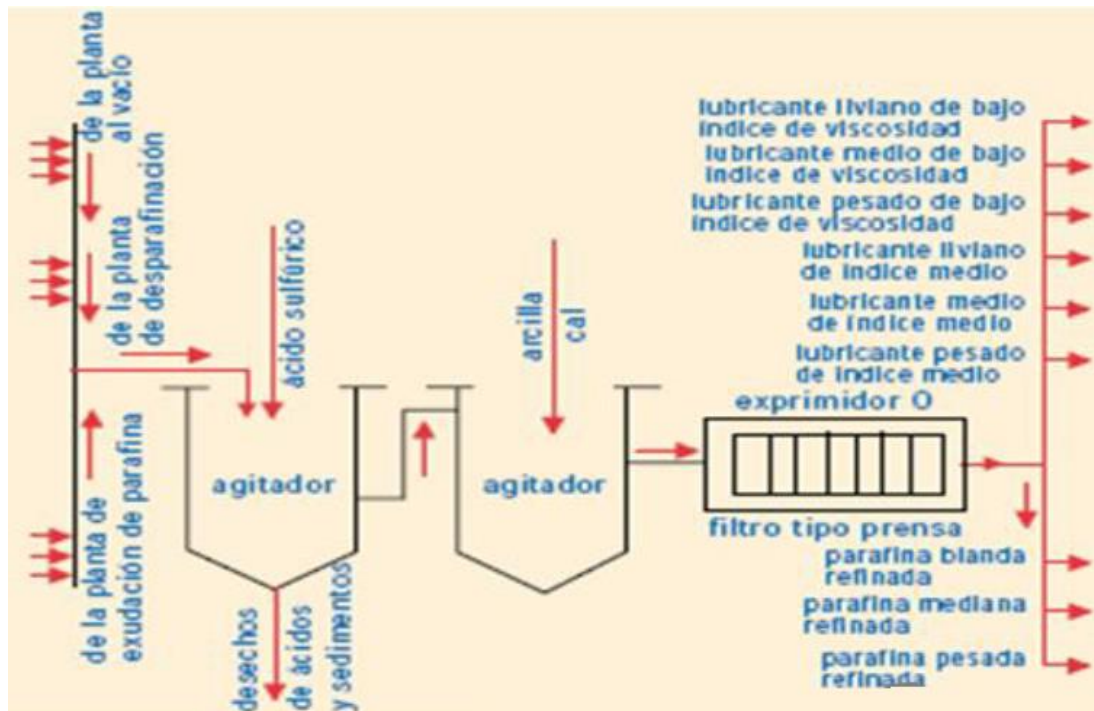


Fig. A5-1. Proceso de tratamiento con ácido-arcilla.

### Proceso Meinken

La carga de aceite usado es previamente deshidratada para eliminar el agua existente y otros contaminantes de bajo punto de ebullición. Posteriormente el aceite se pasa a través de una unidad de termocracking, la cual permite reducir los desechos, por el tope de esta unidad se obtiene un destilado que unido al producto de la unidad de vacío, formaran después de la redestilación el "spindle oil". El producto de salida de la unidad de termocracking se bombea a la unidad de tratamiento ácido, en la cual se pone en contacto con el ácido sulfúrico, obteniéndose de esta operación el aceite ácido, resultante del tratamiento y un desecho ácido, el cual representa el 10.5% en peso en relación a la carga. Este aceite ácido se lleva a la unidad de vacío donde se despoja de la fracción de gas oil y finalmente se trata en la unidad de filtración-neutralización, donde se obtiene un básico de alta calidad.

El porcentaje de recuperación en base de aceite es del 70% en peso con relación a la carga, sin contar un 12% de gas oil y 7.5% de combustible pesado, obtenidos como productos secundarios. Este proceso es el más difundido mundialmente por su versatilidad y eficiencia.

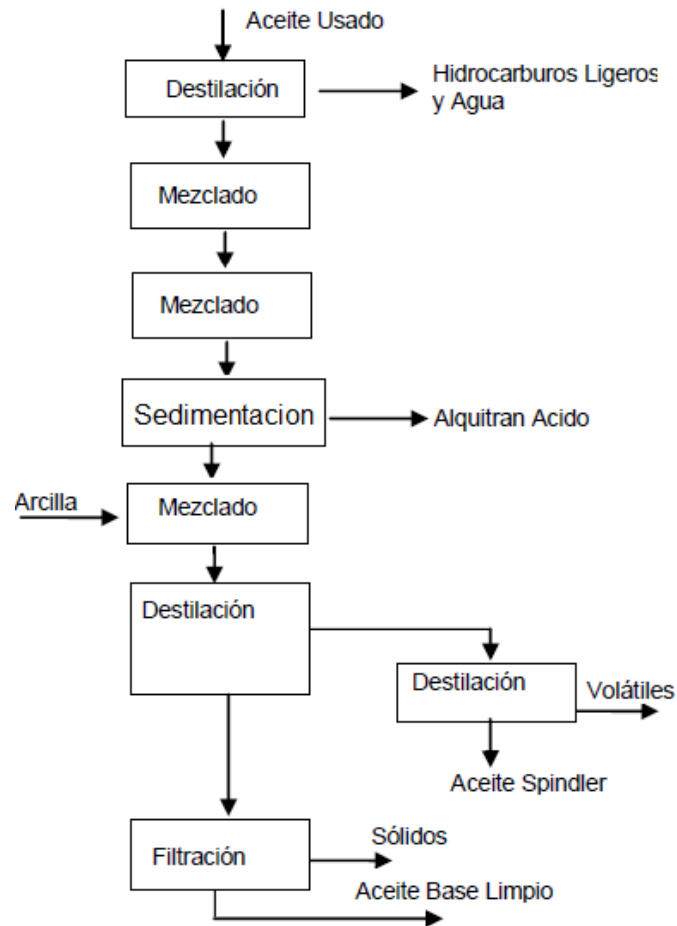


Fig. A5-2. Diagrama de proceso Meinken

### Proceso selecto propano ácido-arcilla

Es una modificación del proceso ácido-arcilla convencional. En éste proceso, se incluyen nuevas unidades con el objeto de disminuir el consumo de ácido sulfúrico y por consiguiente la producción de desechos.

El rendimiento del proceso en relación con la carga es 65% en peso y un 16% de gasoil, 14% combustible pesado, y el volumen de residuos se limita a un 5%.

### **Proceso selecto propano-hidroterminado**

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

Los destilados obtenidos se bombean a la unidad de hidrotratamiento, en donde son hidrogenados. Las bases hidrogenadas se destilan en tres cortes, los cuales se filtran y almacenan. Las bases obtenidas del tipo "spindle oil", neutral y bright-stock representan un 83.2% en peso con relación a la carga, se obtiene además un 6% de gas oil, 1.5% de gas combustible y un 5% de combustible pesado y 4.3% de desechos irre recuperables.

### **Proceso KTI (Kinetics Technology International)**

Éste proceso no deja productos de desecho y consiste en las siguientes etapas:

**Pretratamiento y destilación al vacío:** el aceite usado es deshidratado y son eliminados parte de los hidrocarburos livianos, subsiguientemente el aceite se envía a una torre de destilación al vacío, donde se extraen los livianos remanentes por la cabeza y contaminantes diversos por el fondo.

Esto último es considerado de suma importancia para minimizar el consumo de hidrógeno en el hidrotratamiento posterior del aceite, la destilación al vacío produce bases lubricantes en el rango deseado para su posterior tratamiento. Un diseño especial de la torre permite la obtención de altos rendimientos de destilado, con mínimo de arrastre de compuestos asfálticos en los cortes, con el objeto de evitar el envenenamiento prematuro y excesiva deposición de coque en el catalizador de hidrogenación. Los productos livianos separados pueden ser usados como combustibles. El fondo contiene metales, productos de polimerización y materiales asfálticos, que se pueden mezclar con residuos de refinería para la manufactura de asfalto para pavimento.

**Hidroterminado:** estabiliza el color y olor en los aceites, produce bases lubricantes con las especificaciones deseadas.

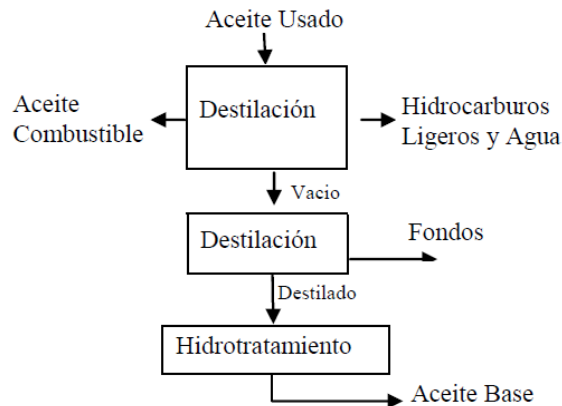


Fig. A5-3. Diagrama de proceso KTI (Kinetics Technology International)

**Proceso BERC (Bartlesville Energy Research Center).**

Este proceso incorpora un primer paso de deshidratación para eliminar agua e hidrocarburos livianos, seguido por una precipitación de lodos que se consigue con el uso del solvente 2-propanol-metilcetona-1-butanol con una relación de aceite de 3:1. Éste paso provee una recuperación promedio de la base 95% en peso con una reducción de cenizas del 75%, y un 5% se desechos irrecuperables. Posteriormente el aceite extraído con solvente se pone en contacto con arcilla para mejorar el color y el olor. Finalmente se realiza el hidrotratamiento que es el paso más complejo y más costoso.

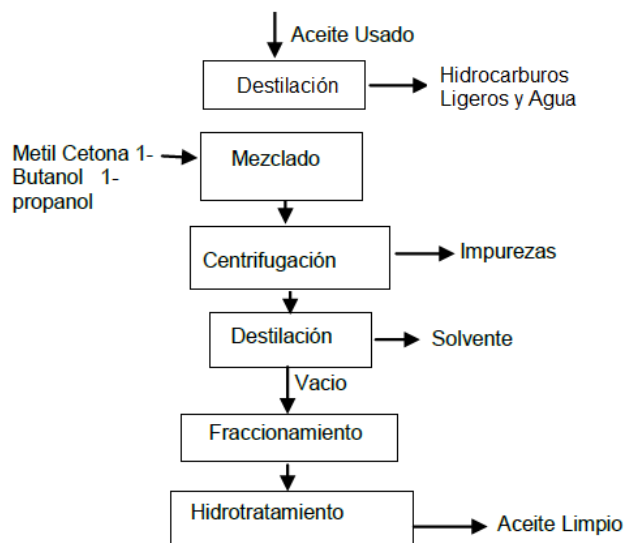


Fig. A5-4. Diagrama de proceso BERC (Bartlesville Energy Research Center).



## Proceso Prop

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

El aceite sale de éste proceso convertido en una emulsión que contiene aproximadamente el 1% de los sólidos, esta emulsión se trata mediante un tratamiento térmico que produce la degradación de una cantidad apreciable de éste compuesto de fósforo y a la vez produce la aglomeración de los sólidos dispersos, los cuales se separan posteriormente por filtración.

El aceite desmetalizado y deshidratado se mezcla con hidrógeno en caliente utilizando níquel-molibdeno, éste tratamiento remueve compuestos de azufre, nitrógeno y cloro. El aceite se hace circular a través de un lecho de arcilla, la arcilla tiene como fin la descomposición de los ácidos sulfónicos y mejorar el color y el olor del aceite obtenido. Finalmente se lleva a cabo un proceso de limpieza para remover la fracción de combustibles restantes, esta operación permite controlar el punto de encendido del aceite purificado. Esta es una de las tecnologías usadas en la regeneración de lubricantes que no produce contaminación (ya que no usa ácidos o solventes en el tratamiento), no requiere destilación al vacío, no cambia la estructura de los hidrocarburos que constituyen el aceite y los contaminantes se retiran de forma tal que no contaminan el ambiente.

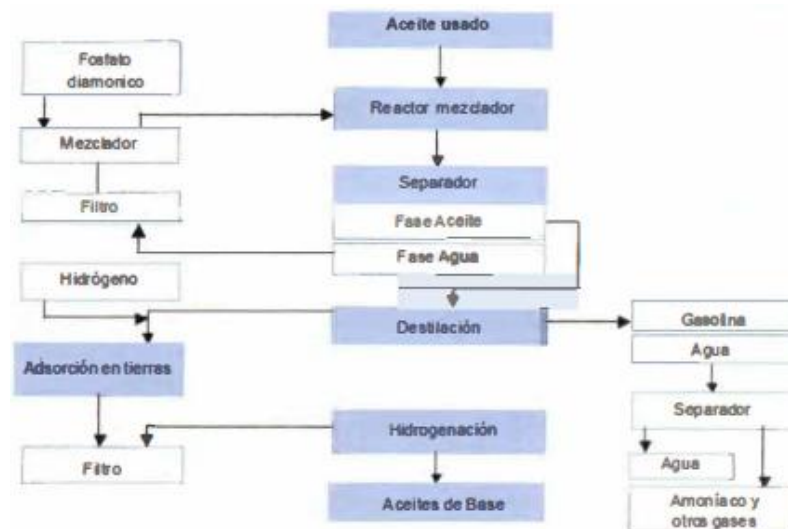


Fig. A5-5. Diagrama de proceso Prop.

## **Extracción Por Solvente**

Este proceso reemplaza el proceso de ácido-arcilla produciendo un lodo orgánico útil en lugar de un lodo tóxico. El proceso consiste en mezclar el aceite usado y el solvente en proporciones adecuadas para asegurar una completa miscibilidad de la base lubricante en el solvente. El solvente debe retener los aditivos y las impurezas orgánicas que normalmente se encuentran en los aceites usados, estas impurezas flocculan y sedimentan por acción de la gravedad. Al final se recupera el solvente por destilación para propósitos de reciclaje.

Este proceso es capaz de remover entre 10-14% del aceite usado como contaminante, lo cual corresponde a la cantidad de aditivos e impurezas que normalmente se encuentran en el aceite usado. Para el autor ya mencionado, este proceso es capaz de recuperar 88% de base lubricante, 5.8% de gas oil, 3.2% de combustible pesado en relación a la carga, y 3% de desechos irrecuperables, lo cual corresponde a la cantidad de aditivos e impurezas que normalmente se encuentran en el aceite usado.

La etapa más crítica en el diseño de este proceso es desarrollar el tipo apropiado de solvente, los parámetros de extracción y la relación solvente: aceite. El sistema debe tener la capacidad de separar el máximo posible de lodos del aceite usado y al mismo tiempo perder la mínima cantidad de base lubricante en los lodos. El aceite usado se guarda en un tanque con fondo cónico para permitir la sedimentación de partículas grandes, se deja en el tanque por 3 días para homogeneizarlo. Una mezcla de aceite usado y solvente (se recomienda usar: 2-propanol, MEK o 1-butanol) se agita a 275rpm durante 15 minutos, estas condiciones aseguran un mezclado adecuado. La mezcla se deja sedimentar por 24 horas, después de esto se lavan los lodos usando 2-propanol y n-hexano, éste proceso de lavado remueve un 95% del aceite intersticial presente en los lodos. Siguiendo el proceso de lavado los lodos se llevan al horno por 5 minutos a 100° C para evaporar el exceso de solventes. Las pérdidas del aceite se calculan como el peso de los lodos húmedos antes de lavarlos menos el peso de los lodos secos sobre el peso del aceite adicionado en la mezcla.

La extracción con solventes es un proceso que puede resultar eficaz y eficiente en función del costo para separar contaminantes peligrosos de materiales no peligrosos

y concentrar los materiales peligrosos para un tratamiento ulterior. Como se separan los contaminantes, se puede seleccionar el método de tratamiento más apropiado para cada uno. Tras la extracción con solventes, algunos contaminantes pueden reciclarse o reutilizarse en la industria manufacturera, reduciendo al mínimo la necesidad de eliminarlos. Este proceso ha resultado eficaz para retirar contaminantes orgánicos de desechos de pintura, desechos del proceso de fabricación de goma sintética, desechos de alquitrán de hulla, barro extraído en perforaciones, desechos del tratamiento de la madera, plaguicidas e insecticidas desechados y desechos oleosos.

El autor ya mencionado asevera que se ha comprobado que la extracción con solventes es eficaz para tratar sedimentos, fangos residuales y tierra que contienen principalmente contaminantes orgánicos, como bienios poli clorados, compuestos orgánicos volátiles, solventes halogenados (solventes que contienen halógenos, o sea bromo, cloro o yodo) y desechos del petróleo. Generalmente, estos contaminantes provienen del desengrasado de metales, la limpieza de tableros de circuitos impresos, gasolina y procesos de fabricación de conservantes de la madera.

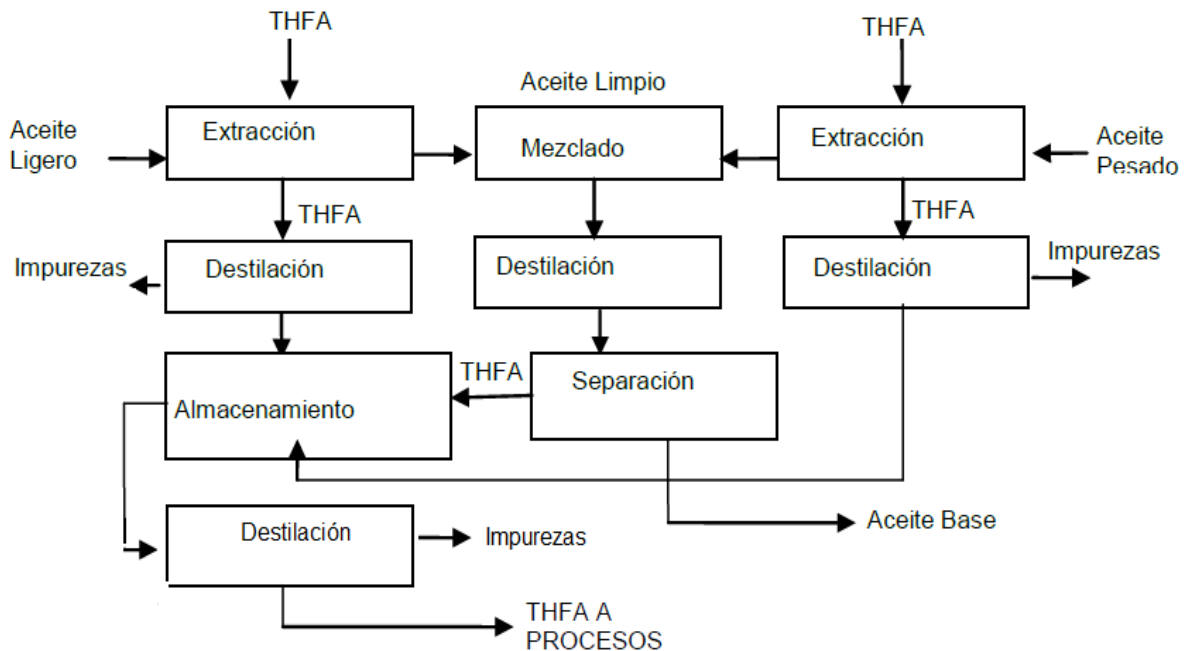


Fig. A5-6. Diagrama del proceso Extracción por Solvente

## **Proceso Interline-Sener**

Este proceso se basa en la tecnología de extracción con propano líquido patentada por la compañía norteamericana, que permite conseguir rendimientos de regeneración muy altos, con inversiones moderadas, lo que hace viables instalaciones de regeneración de baja capacidad (25 - 30.000 t/a). Ello supone una notable ventaja competitiva, desde el punto de vista de organización de la logística y la gestión de los residuos.

A lo largo de tres años de trabajo conjunto entre SENER e INTERLINE, se ha logrado completar y mejorar la tecnología, llegando a la configuración actual del proceso, que presenta las siguientes innovaciones:

- Una etapa de pre-tratamiento químico en continuo del aceite usado.
- Nuevo diseño de la etapa de extracción del aceite usado, especialmente de la mezcla de propano y aceite, que mejora el contacto inicial entre las fases, y aumenta el rendimiento de la extracción.
- Nuevos diseños de las etapas de destilación del aceite extraído, que disminuyen el riesgo de ensuciamientos.

Las mejoras introducidas en el proceso han permitido obtener un producto de calidad, lo que ha hecho posible prescindir en la práctica de la etapa final de terminación del producto (por tierras adsorbentes o por hidrogenación), habitual en otros procesos de regeneración.

A continuación se describen las tres características más destacadas del proceso de tratamiento:

- El pretratamiento químico tiene por objeto dejar el aceite usado en condiciones de ser extraído eficientemente por el propano. Es un tratamiento a temperaturas moderadas, con productos químicos y catalizadores, realizado de forma continua y permite eliminar más eficientemente los aditivos metálicos de los aceites en la etapa de extracción.
- La extracción con propano, realizada a temperaturas próximas a la ambiente, permite separar los aditivos, el agua y los asfaltos sin que se produzca

descomposición térmica, evitando así los problemas de craqueo, olores y ensuciamientos en los equipos.

- La sección de destilación del aceite extraído permite, obtener aceites base con características adecuadas de color, olor, acidez, estabilidad, asfáltenos, entre otros, sin necesidad de tratamiento final por tierras o por hidrogenación.

Como productos finales, se recuperan del aceite usado bases lubricantes (un 75% del aceite usado tratado) componentes asfálticos (18%), que se comercializan, un 2% de ligeros que se utilizan como aporte energético en la propia planta, y un 5% irreuperable. El agua contenida en el aceite inicial se separa y se envía a gestor autorizado para su tratamiento.



Fig. A5-7. Diagrama del proceso Interline-Sener

## Bibliografía

- Alefato, Hugo. 2001. Reúso y reciclaje de aceites lubricantes, Aspectos tecnológicos, Setiembre 2001- Reamar-GTZ y presentaciones Reamar, Noviembre 2001. Argentina.
- Amador, Luis E. 2005. Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para la flota de equipos pesados de la gerencia de PMH de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Junio 2005. Puerto Ordaz, Venezuela.
- Aramburu, J. Angulo. 2002. Regeneración de aceites usados por extracción con propano, Principales características de la planta de Fuenlabrada, Área de Energía y Medio Ambiente SENER Grupo de Ingeniería, S.A. España. Año 2002
- Boletín de noticias internas - Mantenimiento predictivo/proactivo. Yacimiento Ramos, Salta, Argentina. Año I, N° 13. Publicación: M. Sánchez Mito. Pared. / Proust. Agosto 2003 Edición.
- Cárdenas González, Beatriz. 2001. Revisión y análisis de las experiencias nacionales respecto de los cinco elementos claves para el manejo ambiental de pilas, baterías, lubricantes y envases de plaguicidas. Proyecto Temático Nacional de la REMEXMAR - Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos. Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos Reamar - GHZ. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Noviembre 2001. México D.F.
- Escore De Acevedo, Pedro Abaratan. 2002. Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados. Reporte Final Analítico, Junio 2002. Sao Paulo, Brasil.

- García, Vivía. 2001. Revisión de normas jurídicas nacionales e internacionales más relevantes sobre las herramientas jurídicas existentes para el control en la generación, almacenamiento, transporte y disposición final de pilas, lubricantes, baterías y envases de plaguicidas usados y propuestas, Repamar-Gtz. Septiembre 2001. Colombia.
- Gómez Ávila, Luís. 2001. Estudio para definir los instrumentos de participación comunitaria en el Ecuador y en la región, para el manejo integral de aceites lubricantes usados, envases de plaguicidas y desechos de pilas y baterías. Fundación Gea, Repamargtz. Septiembre 2001. Ecuador.
- David Fitzsimons, Birgit Grahl, Günter Fleischer. 2005. Ecological and energetic assessment of re-refining used oils to base oils: substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds. Commissioned by GEIR (Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération), Heidelberg, Aylesbury, Brussels. February 2005
- Leal Herrera, Edgar Leandro, Peña Ruiz y Victoria Alejandra. 2009. Evaluación de tecnologías aplicadas a la recuperación de aceites gastados para el rendimiento de los motores a gasolina. Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo. Abril 2009.
- Matalobos, Ángel Díaz. 1992. Confiabilidad en Mantenimiento. Editorial IESA. ISBN: 9802710682 Caracas, Venezuela. Año 1992
- Morrow, L.C. 1986. Manual de Mantenimiento Industrial; "Tomo 1". Ed. McGraw-Hill. Decimocuarta impresión. "Maintenance Engineering Handbook", México. Año 1986
- Mosquera, G. 1987. Apoyo logístico para la administración del mantenimiento industrial. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Primera Edición 1987.

- Murúa Gustavo Aguirre, La valoración de los riesgos en la ordenación del territorio: metodología práctica, Departamento de Consultoría Ambiental, Análisis del Territorio, S.L. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, ISSN 0212-9426, N°. 40, 2005
- Nava A., José Domingo, “Teoría de Mantenimiento”, Volumen I y II, “Definición y Organización”, Consejo de Publicaciones, Universidad de Los Andes., Mérida, Venezuela. Año 1992
- Newbrough, E.T. 1998. Administración de mantenimiento industrial: organización, motivación y control en el mantenimiento industrial. México: Diana, 1998. 413 p. ISBN 968-13-0666-X. México D.F.
- Ojeda Burbano, Eduardo Orlando. 2001. Tecnologías existentes y desarrolladas en Colombia para el manejo de los residuos: Pilas, Lubricantes, Baterías y Envases de Plaguicidas. Repamar - Gtz. Septiembre 2001. Colombia
- Palaguachi, M – Heredia, J; Propuesta de implementación de una planta de Regeneración de aceites lubricantes usados en la Ciudad de Cuenca empleando el proceso de extracción con propano; Universidad Politécnica Salesiana, Año 2017
- Pantoja, José Luis Martín, La Gestión De Los Aceites Usados; Módulo: Contaminación por Residuos; EOI, Año 2008
- Proffett, J. 1997. Geology of the Bajo de la Alumbreira Porphyry Copper-Gold deposit, Catamarca Province, Argentina. Unpublished Consultant Report. Minera Alumbreira Limited, Catamarca, Argentina. Año 1997
- Sotomayor, Arístides. 2007. El reciclado de aceites usados una oportunidad para el desarrollo sostenible. IMATEC. [Revista en línea] Disponible en: [http://imatec.com/Documentos/Boletin.junio\\_2005.pdf](http://imatec.com/Documentos/Boletin.junio_2005.pdf)



- Solórzano Ochoa, Gustavo 2002. Proyecto piloto para el manejo integral de aceites lubricantes usados (Alu) En la Zmvm Reporte Final - CAM – Comisión Ambiental Metropolitana; GTZ - Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica). Gopa - Consultores. México. Año 2002
- Speight, James – Exall Douglas, Refining Used Lubricating Oils, Chemical Industries, CRC Press, Año 2014
- Trueba, Juan Manuel. 2001. El uso de instrumentos económicos en el manejo de Aceites Lubricantes usados, envases de agroquímicos y pilas y baterías. Repamar-GTZ. Septiembre 2001. Argentina.
- U.S. Department of Energy • Office of Fossil Energy. Used oil Re-refining study to address energy policy Act of 2005. Section 1838, July 2006. USA.
- Unidad de Residuos Peligrosos - Dirección Nacional de Gestión Ambiental - Subsecretaría de Planificación, Ordenamiento y Calidad Ambiental - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable - Ministerio de Salud y Ambiente - Argentina - Septiembre 2005. Buenos Aires.
- Ullrich, T.; Gunter, D. & Heinrich, C. 2002. The evolution of q orphyry Cu-Au deposit, Based on La-Icp-MS Analisis of Fluid inclusions: Bajo De La Alumbreira, Argentina. Ec. Geology, 97 (8): 1889 - 1920. Año 2002
- Zapata Yañez, Anderson Edwin. 2006. Metodología para la medición de la seguridad y riesgos en los proyectos de la gerencia de ingeniería y medio ambiente de SIDOR. Agosto 2006. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.