

MEDITERRANEO

Posibilidades de Reciclaje y Aprovechamiento de los **Aceites Usados**

producción LIMPIA

Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia (CAR/PL)
Plan de Acción para el Mediterráneo



Centro de Actividades Regionales
para la Producción Limpia



Ministerio de Medio Ambiente
España



Generalitat de Catalunya
Departamento de Medio Ambiente

Nota: Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente, con fines educativos y no lucrativos sin permiso específico del Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia (CAR/PL), siempre y cuando se mencione el origen de la información. El CAR/PL agradecería recibir una copia de cualquier publicación donde este material sea usado como fuente.

No está permitido en uso de esta información con fines comerciales o de venta sin permiso escrito del CAR/PL.

Si considera que algún punto del estudio puede mejorarse o existe alguna imprecisión, le agradeceríamos nos lo comunicase.

Estudio terminado en Noviembre 2000

Estudio publicado en Febrero 2001

Si desea solicitar copias adicionales o para cualquier información adicional, póngase en contacto con:

**Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia
(CAR/PL)**

C/ París, 184 – 3ª planta

08036 Barcelona (España)

Tf. +34 93 415 11 12 - Fax. +34 93 237 02 86

e-mail: cleanpro@cema-sa.org

Web page: <http://www.cema-sa.org>

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	5
CONTENIDO DEL ESTUDIO	6
METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	7
ANTECEDENTES	8
CAPÍTULO 1	
ACEITES MINERALES	9
1.1 INTRODUCCIÓN.....	9
1.2 LOGÍSTICA DE RECOGIDA.....	13
1.3 PROCESOS DE MINIMIZACIÓN EN ORIGEN/REPROCESADO DE ACEITES MINERALES USADOS.....	19
1.4 PROCESOS DE RE-REFINO/REGENERACIÓN DE ACEITES MINERALES USADOS	20
1.4.1 Introducción	20
1.4.2 Procesos de tratamiento en ácido / tierras.....	21
1.4.3 Procesos de destilación al vacío e hidrogenación.....	22
1.4.4 Procesos de destilación al vacío y tratamiento en tierras.....	34
1.4.5 Otras tecnologías.....	38
1.4.6 Resumen de las tecnologías.....	41
1.5 SISTEMAS DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA	42
1.6 POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE LOS ACEITES USADOS Y PRODUCTOS SEPARADOS.....	42
1.6.1 Aplicación directa como combustible.....	43
1.6.2 Aplicación como combustible después de un leve tratamiento.....	44
1.6.3 Aplicación como combustible después de un tratamiento severo	44
1.6.4 Re-refino para la obtención de aceites de base.....	45
1.6.5 Otras aplicaciones.....	46
1.7 ASPECTOS ECONÓMICOS.....	47
1.8 CASOS PRÁCTICOS DE APROVECHAMIENTO DE ACEITES USADOS	49
1.8.1 Catalana de Tractament d'Olis Residuals, S.A. (CATOR)	49
1.8.2 Proceso Aureca	53
1.8.3 Proceso Ecolube.....	55
1.9 PROPUESTAS Y CONCLUSIONES.....	56
CAPÍTULO 2	
ACEITES VEGETALES	59
2.1 INTRODUCCIÓN.....	59
2.2 LOGÍSTICA DE RECOGIDA.....	61
2.3 TRATAMIENTO PREVIO DE LOS ACEITES VEGETALES USADOS.....	62
2.4 POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE LOS ACEITES VEGETALES RECICLADOS.....	64
2.4.1 Aplicación en la producción de piensos animales ⁵	64
2.4.2 Aplicación para la obtención de biodiésel.....	65
2.4.3 Otras aplicaciones.....	67
2.5 ASPECTOS ECONÓMICOS.....	68
2.6 PROPUESTAS Y CONCLUSIONES.....	68

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	71
REVISTAS TÉCNICAS.....	72
INTERNET.....	73
ANEXOS	74
ANEXO I CONSULTAS REALIZADAS.....	75



INTRODUCCIÓN

El Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia (CAR/PL), del Plan de Acción del Mediterráneo (PAM), ha realizado el presente *Estudio sobre las Posibilidades de Reciclaje y Aprovechamiento de los Aceites Usados* con el fin de presentar los principales procesos y tecnologías que permitan el aprovechamiento y la aplicación de los aceites usados: tanto aceites minerales procedentes del sector industrial, como aceites vegetales procedentes de las actividades de la restauración, ya sean individuales o colectivas.

El estudio se ha centrado en los países del Plan de Acción para el Mediterráneo, que presentan rasgos y características muy diversas en lo referente a la gestión de aceites usados de origen mineral y vegetal.

Aún así, de la relación de países incluidos en el Plan de Acción del Mediterráneo, así como de las consultas realizadas a cada uno de ellos, se desprende la existencia de dos grupos en función de las actuaciones que cada país desarrolla con relación al aprovechamiento y reciclaje de los aceites usados.

Así, en un primer grupo situaríamos aquellos países que, siendo conscientes y estando preocupados por las cuestiones medioambientales, se encuentran en los estadios iniciales en cuanto a legislación medioambiental, y en consecuencia también en todo lo referido a regulación y control de las actuaciones medioambientales que se llevan a término en el país.

En el segundo grupo situaríamos aquellos países que, siendo conscientes y estando preocupados por las cuestiones medioambientales, disponen de un marco legal que regula las actuaciones respecto el medio ambiente.

A grandes rasgos, podríamos decir que en el primer grupo se encuentran aquellos países que no pertenecen a la Comunidad Europea o no se encuentran bajo su órbita, mientras que en el segundo grupo consideraríamos los países que se encuentran bajo el área de influencia de la Comunidad Europea, cuyas actuaciones están orientadas por normas supranacionales como son las Directivas de la Comunidad, lo que conlleva dirigir los esfuerzos de cada país hacia un objetivo final común para todos los países.

Contenido del estudio

El estudio se ha estructurado teniendo en cuenta las diferencias existentes en relación con el origen, tratamiento y aplicación de los aceites usados, tanto minerales como vegetales.

Así, a partir de los dos primeros apartados de introducción y antecedentes, el estudio contempla, por un lado, todos los aspectos relacionados con los aceites minerales y posteriormente se introducen las cuestiones relacionadas con los aceites vegetales.

En lo que corresponde a los **aceites minerales**, el contenido del documento es como sigue:

- *Introducción:* en la que se define lo que se entiende por aceite usado mineral. En este mismo apartado se manifiestan los efectos que los aceites usados pueden ocasionar sobre las personas y el medio ambiente y se reflejan los procesos de tratamiento que se pueden aplicar a los aceites usados minerales. Así mismo, se procede a caracterizar los aceites usados minerales.
- *Logística de recogida:* en este apartado se describen los sistemas de recogida desde el origen de producción del aceite usado hasta la entrega del producto a la empresa de tratamiento.

A continuación se explican los distintos procesos de tratamiento existentes englobados en tres grupos distintos:

- Procesos de *minimización en origen / reprocesado* de aceites minerales usados.
- Procesos de *re-refino / regeneración* de aceites minerales usados.
- Sistemas de *valorización energética*.

Una vez descritos los procesos y tecnologías, los siguientes apartados se estructuran con los siguientes contenidos:

- Posibles *aprovechamientos* de los aceites usados y de los productos separados.
- *Aspectos económicos* derivados del transporte, tratamiento y aprovechamiento de los aceites usados minerales.
- *Casos prácticos de empresas* que estén llevando a término procesos industriales con los aceites minerales usados.

- El último apartado corresponde al de *propuestas y conclusiones* en el que se reflejan distintos aspectos relacionados con el subsector de los aceites usados minerales.

La estructura del estudio en lo que respecta a los **aceites usados vegetales** es la que se pone de manifiesto a continuación:

- *Introducción*: en la que se define que se entiende por aceite usado vegetal y se describen los efectos perjudiciales que llevan asociados. Así mismo, en la introducción se caracterizan este tipo de aceites.
- *Logística de recogida*: en la que se manifiestan los sistemas de recogida y transporte.
- El siguiente apartado corresponde al *pretratamiento* a que se deben someter los aceites usados.
- A continuación se describen los *posibles aprovechamientos* que se pueden dar a los aceites usados vegetales.
- El apartado final corresponde al de *propuestas y conclusiones*, considerando distintas cuestiones relacionadas con los aceites usados vegetales.

Metodología para la realización del estudio

El estudio se ha realizado teniendo en cuenta los aspectos que se detallan a continuación.

Dado que el estudio se ha centrado en los países del Plan de Acción para el Mediterráneo, se han realizado consultas a los distintos organismos oficiales y/o Puntos Focales Nacionales del CAR/PL de cada uno de los países, a fin de incorporar la información facilitada por cada uno de ellos y de esta manera tener un mejor conocimiento de la situación en cada país.

Así mismo, se han llevado a cabo consultas a empresas y instituciones, tanto nacionales como internacionales, que directamente están implicadas en todo aquello que concierne a los aceites usados. Así, como ejemplo, se ha contactado con los responsables de la Comunidad Europea que en la actualidad han encargado un estudio para conocer la bibliografía existente en materia de aceites usados.

Por último, se ha tenido en cuenta la bibliografía existente respecto a las materias objeto del presente estudio.



ANTECEDENTES

En lo referente a las orientaciones dadas para los países de la Comunidad Europea, cabe decir que, dentro de la normativa actual vigente y, según se pone de manifiesto en la Directiva Comunitaria 91/689/CEE, los aceites usados, tanto minerales como vegetales, están considerados como residuos peligrosos. El peligro de estos residuos viene dado tanto por los efectos que pueden tener sobre la salud, como por los efectos que pueden tener sobre el medio ambiente.

Dados estos efectos, en la Directiva 91/156/CEE se dan orientaciones sobre las actuaciones a llevar a término en cuanto a la gestión de este tipo de residuos. Como líneas básicas de actuación se consideran las siguientes:

- Reprocesado, minimización en origen: mediante la aplicación de tecnologías limpias que permitan un mayor ahorro de recursos naturales.
- Re-refino / Regeneración: valorización por aplicación en nuevos usos.
- Combustión: valorización como fuente energética, ya sea para producción de calor o para obtención de energía mediante cogeneración.

No obstante, y según la información disponible de cada país, se detecta que todos ellos, tanto los que se podrían englobar en el grupo uno como los del grupo dos, dirigen sus esfuerzos hacia una reducción de los vertidos incontrolados y el tratamiento de los aceites usados como productos susceptibles de ser aprovechados en distintos procesos.

CAPÍTULO 1
ACEITES MINERALES

1.1 Introducción

Se entiende por aceite usado mineral cualquier aceite industrial que se haya vuelto inadecuado para el uso que tenía asignado inicialmente. En particular se consideran como tales los aceites usados de motores de combustión, los de sistemas de transmisión, los de turbinas y sistemas hidráulicos, los de sectores de automoción, así como los de sectores industriales procedentes de las actividades de la marina.

Dentro de la normativa actual europea, los aceites minerales usados están catalogados como residuos peligrosos por los efectos que pueden tener sobre la salud y el medio ambiente.

Así pues, entre los efectos directos que pueden tener los aceites sobre la salud se pueden destacar los siguientes:

- Irritaciones del tejido respiratorio por la presencia de gases que contienen aldehidos, cetonas, compuestos aromáticos, etc.
- La presencia de elementos químicos como Cl (Cloro), NO₂ (dióxido de nitrógeno), SH₂ (ácido sulfhídrico), Sb (antimonio), Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cd (Cadmio), Cu (Cobre) afectan las vías respiratorias superiores y los tejidos pulmonares.
- Producción de efectos asfixiantes, impidiendo el transporte de oxígeno, por contener monóxido de carbono, disolventes halogenados, ácido sulfhídrico, etc.
- Efectos cancerígenos sobre próstata y pulmón por presencia de metales como plomo, cadmio, manganeso, etc.

Por lo que se refiere a los efectos directos sobre el medio ambiente se pueden destacar los siguientes:

- Contaminación de tierras, ríos y mares por su baja biodegradabilidad.
- En contacto con el agua se produce una película que impide la circulación de oxígeno.
- La combustión incontrolada puede comportar emisiones a la atmósfera de gases con cloro, plomo y otros elementos, con los correspondientes efectos.

Debido a estos efectos, se dan orientaciones sobre las actuaciones a llevar a cabo respecto a la gestión de este tipo de residuos. Como líneas básicas de actuación se consideran las siguientes:

- **Reprocesado, minimización en origen:** por aceites industriales utilizados en sistemas hidráulicos, se puede dar un reaprovechamiento a la propia empresa y al mismo sistema hidráulico, después de someter al aceite a un proceso de limpieza. Con este tratamiento se prolonga el ciclo de vida del aceite en cuestión.
- **Re-refino / Regeneración:** los diferentes procesos existentes de regeneración tienen como objetivo la obtención de aceites de base para ser utilizados en la producción de nuevos aceites. Otros productos secundarios resultantes de los procesos se destinan a otras aplicaciones.
- **Combustión:** el objetivo final de la combustión es la valorización energética obteniendo calor, ésta se puede dar en cementeras, centrales térmicas, refinerías o la valorización energética por medio de instalaciones de cogeneración, obteniendo electricidad. El proceso de combustión es aceptado siempre que los parámetros de emisión en la atmósfera sean respetados, en especial por lo que respecta a emisiones de metales pesados contenidos en los aceites usados. El proceso puede desarrollarse en instalaciones con potencia superior a los 3MW.

En ningún caso, y según la información facilitada por los distintos países, se acepta el vertido incontrolado de los aceites usados.

En la figura adjunta se ponen de manifiesto los distintos sistemas de tratamiento de los aceites una vez se desestima su uso para la actividad que fueron producidos.

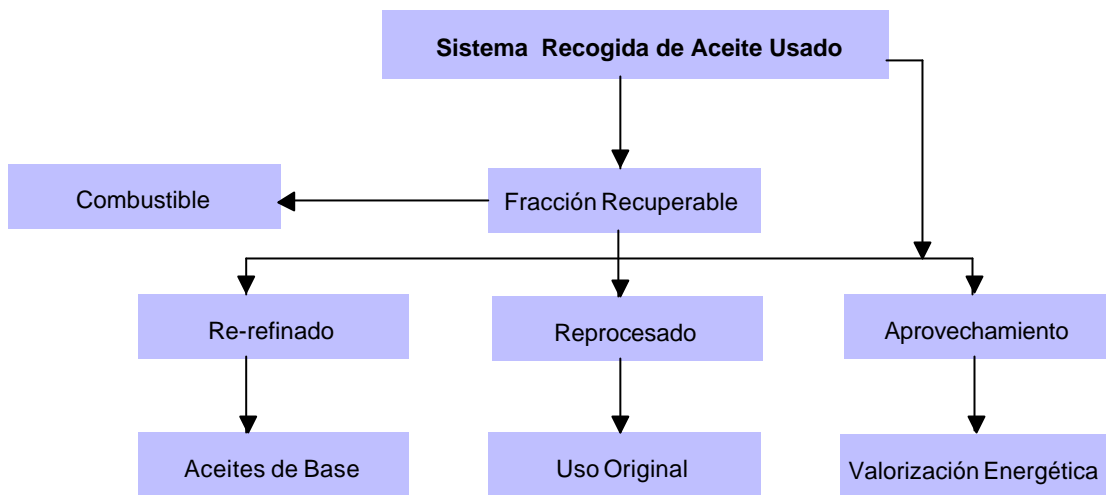


Figura 1. Sistemas de gestión de los aceites usados

Hasta la actualidad, y dado que una de las características principales de los aceites minerales usados es la posibilidad física de ser quemados, la combustión ha sido el proceso de gestión final utilizado mayoritariamente, dejando de lado, lógicamente, el vertido incontrolado, ya que no es considerado un sistema de gestión.

En este punto, hay que tener en cuenta que la valorización energética entra en clara competencia con otras fuentes de obtención de energía, en especial con gasolinas y gasóleos. En el ámbito de la industria, los factores económicos aún son prioritarios respecto a las cuestiones ambientales, de manera que cuando se requiere energía para los procesos industriales a desarrollar, se utiliza aquella fuente energética que tiene un menor coste económico, y normalmente el coste del aceite usado ha sido más bajo que el de gasóleos y gasolinas. De esta forma, ha sido el propio sector industrial que ha potenciado la valorización energética de los aceites usados.

Los aceites minerales que después de su utilización se convierten en aceites usados, están constituidos por bases lubricantes y aditivos que han sido desarrollados específicamente para la lubricación y que dan unas características especiales al aceite. Las bases lubricantes son mayoritariamente hidrocarburos, mientras que los aditivos, en un contenido entre el 15% y 20% del total del aceite, contienen compuestos orgánicos derivados del azufre, nitrógeno y que contienen metales.

Posteriormente a la utilización del aceite, cuando ya se trata de aceite usado, los constituyentes contaminantes que se pueden encontrar son los siguientes:

CONTAMINANTES	EJEMPLO	ORIGEN
Hydrocarburos Aromáticos Polinucleares		Petroleo - Base Lubricante
Hydrocarburos Aromáticos Mononucleares	Alquibenzenos	Petroleo - Base Lubricante
Hydrocarburos Aromáticos Dinucleares	Naftalenos	Petroleo - Base Lubricante
Hydrocarburos Clorados	Tricloretoano	Utilización Aceite Contaminado
Metales	Bario	En Aditivos
	Aluminio	En Motores
	Plomo	En Combustible
	Zinc , Cromo	
Ácidos inorgánicos derivados de cloro, azufre, nitrógeno		
Compuestos orgánicos como aldehidos, ácidos, etc.		

Tabla 1. Compuestos contaminantes de los aceites usados

En el diagrama adjunto se pone de manifiesto el proceso de generación del aceite usado y se apuntan las posibles aplicaciones de los aceites usados.

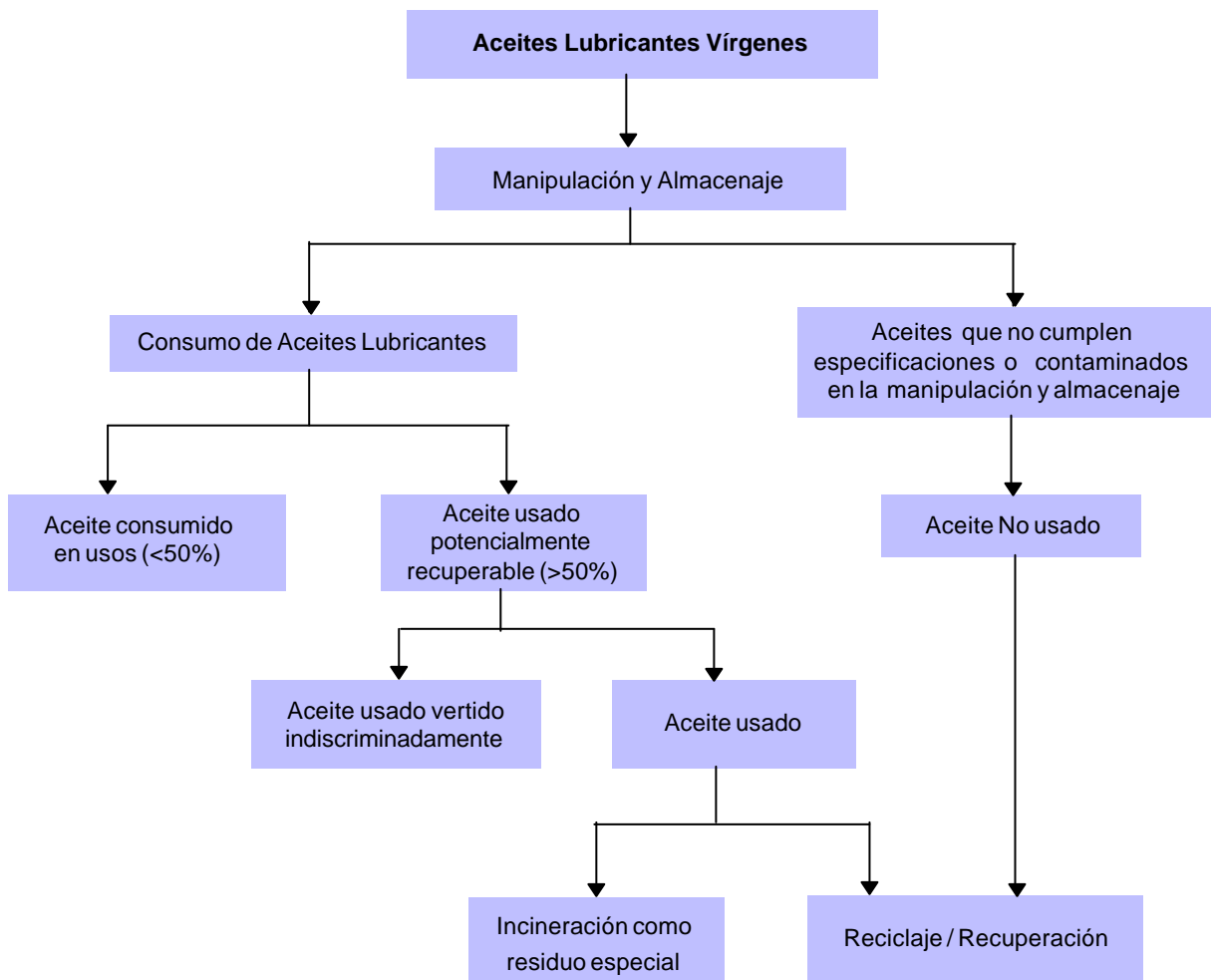


Figura 2. Proceso de generación de los aceites usados

Los porcentajes de aceite usado recogido respecto el total de aceite potencialmente recuperable varia mucho en función de los países y de la logística de recogida, según esté más o menos organizada. En los casos más favorables los valores están alrededor del 90 %, aunque por término medio, y para los países con una logística de recogida eficiente, estos valores se pueden situar entorno al 80%.

1.2 Logística de recogida

Los sistemas de recogida de los aceites están condicionados por la tipología de los centros de producción. Normalmente, existe una gran cantidad de puntos de recogida, con unas cantidades a recoger que normalmente son bajas. Por otro lado, el número de industrias dedicadas a la recuperación y tratamiento de aceites es bajo, de manera que cada una de estas industrias ha de dar servicio a una amplia zona geográfica.

A efectos de la logística de recogida se debe diferenciar entre:

- Recogida y almacenaje inicial del aceite usado, que se debe realizar en los puntos de generación, es decir, industrias, talleres mecánicos, etc.
- Retirada y transporte desde los puntos de generación hasta los centros o industrias de tratamiento.

En cuanto a las condiciones, sistemas de recogida y almacenaje inicial en los puntos de generación, para los países de la órbita de la CEE, se siguen las directrices manifestadas en las Directivas de la Unión Europea. Normalmente, el aceite usado se almacena en contenedores especiales acondicionados a tal efecto. Se mantiene el principio de que el generador del aceite usado es el responsable de la recogida y almacenaje en condiciones ambientalmente aceptables.

Se considera que la logística de recogida que utilizan los países que no están bajo la influencia de la CEE no puede tener variaciones sustanciales, dado que las condiciones en cuanto a centros de producción y centros de tratamiento deben ser aproximadamente las mismas.

Como criterio importante a la hora de organizar los sistemas de recogida, se debe destacar que la separación en origen de los distintos tipos de aceites usados facilita su posterior tratamiento y, por tanto, aumenta el valor del aceite usado, ya que al mismo tiempo se reducen los niveles de elementos contaminantes en los productos finales. Los sistemas de recogida no estructurados, y que recogen distintos tipos de aceites usados, conllevan mayor dificultad y coste económico en los posteriores procesos de tratamiento y recuperación.

Por tanto, cualquier sistema de recogida se debe organizar teniendo en cuenta los distintos orígenes productores de aceite usado, intentando la separación en origen, para de esta manera facilitar los posteriores tratamientos y reducir los costes de los mismos.

También cabe destacar que, con carácter general, y según se manifiesta en la normativa de los distintos países, no es legal verter incontroladamente los aceites usados. Sin embargo, está claro que ésta es aún, una práctica habitual en muchos países, ya sea porque no se dispone de un sistema de recogida y tratamiento o porque la población no está receptiva en cuanto a cuestiones relacionadas con el medio ambiente.

En referencia al transporte de los aceites almacenados desde los centros de producción hasta las empresas de gestión, se debe realizar mediante empresas autorizadas para realizar el servicio, que normalmente dependen de organizaciones de carácter Nacional, que, en última instancia, son las que organizan y controlan las actuaciones.

Estas empresas de transporte deben llevar un registro de los puntos de recogida, cantidades y tipología del aceite recogido. Así, cuando se realiza la recogida, se toman dos muestras, correctamente codificadas. Una de las muestras se la queda el productor, mientras que la otra se la queda la compañía de transporte. Las dos muestras son esenciales para poder solucionar las diferencias en caso de detectar anomalías en la composición del aceite usado.

Junto con el aceite que se ha recogido y transportado a los centros de tratamiento mediante vehículos especialmente adaptados para tal actividad, el transportista entregará las muestras tomadas, que servirán para realizar los análisis correspondientes. De esta manera se autorizará o no el posterior tratamiento del aceite en la planta de reciclaje, en función de los componentes que tenga el aceite. Entre las pruebas analíticas que normalmente se realizan, se pueden destacar las determinaciones de densidad, contenido en agua, sedimentos, PCB's, metales, azufre, cloro, etc.

Cuando el transportista entrega a la empresa el aceite usado para su posterior tratamiento, el aceite recibe un almacenaje previo a la espera de los resultados de los análisis a realizar. Una vez se conocen los resultados, y en función de los mismos, el aceite se somete a tratamiento en la planta o no.

En la medida que, con el paso del tiempo, las organizaciones y empresas de transporte adquieran mayor experiencia respecto al sistema de recogida de los aceites usados, se van dictando sus propias normas y condiciones de recogida, principalmente en lo que respecta al nivel de contaminantes de las distintas partidas recogidas.

Los distintos tipos de aceites usados tienen distintas aplicaciones y, por tanto, distinto valor comercial. Cuanto mayor sea la segregación que se de en origen, mayor será el valor que puedan adquirir los aceites usados y, por tanto, incrementará el volumen de aceites recogidos.

Se adjunta a continuación el esquema de recogida y transporte.

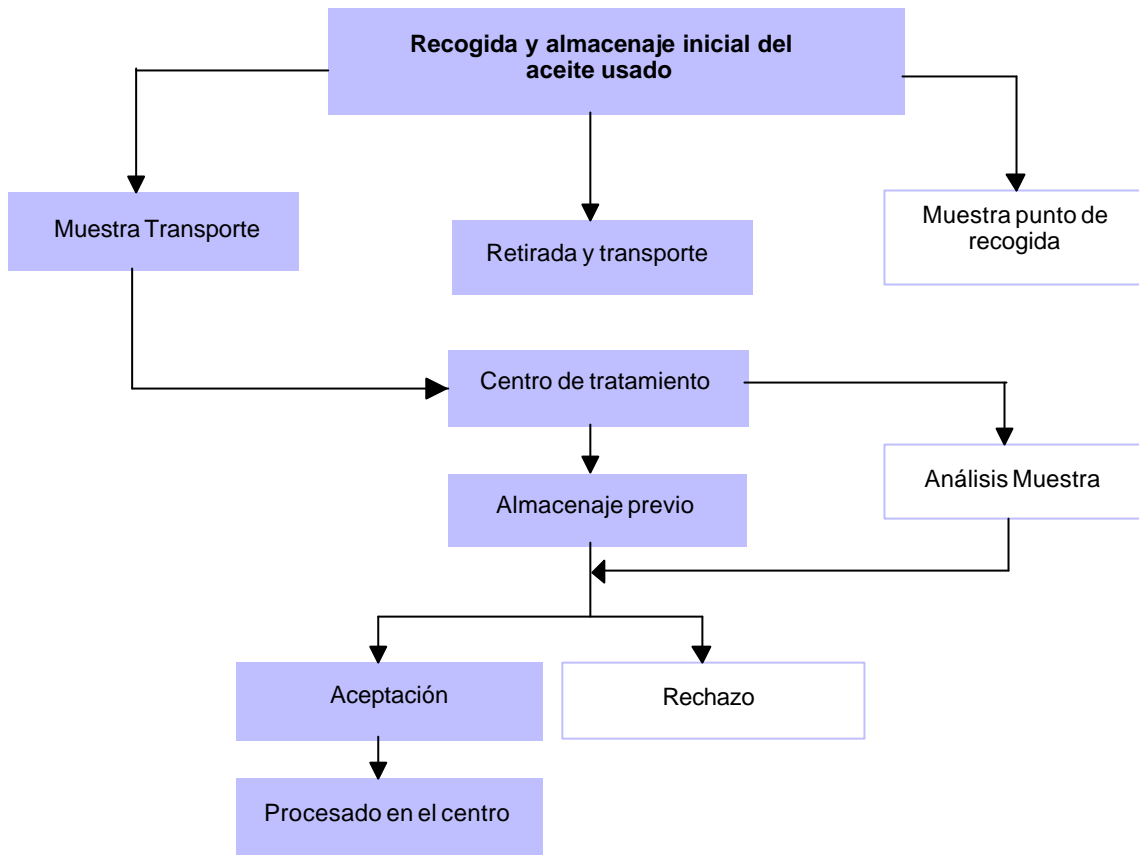


Figura 3. Diagrama de recogida y transporte del aceite usado

De las consultas realizadas a los organismos competentes y/o a los Puntos Focales Nacionales sobre aceites minerales usados de Italia se pueden destacar los datos manifestados a continuación.

La entidad responsable de la recogida y tratamiento de los aceites minerales usados en Italia es el “Consorzio Obbligatorio degli Oli Usati (COOU)”.

Según los datos manifestados por el COOU, en 1999 se recogieron unas 189.000 Tm de aceite usado, lo que representa el 90% de la generación de aceite usado en Italia.

Para cada una de las actividades, las cantidades recogidas fueron las siguientes.

Actividad	Cantidad recogida (t.)
Estaciones de servicio	7,200
Talleres mecánicos	74,294
Desguace de vehículos	2,443
Transporte por carretera	8,509
Industria	38,042
Marina	2,566
Agricultura	2,385
Aviación	274
Empresas Eléctricas	2,725
Transporte por tren	1,947
Administraciones públicas	2,062
Ejército	1,066
Otros	41,259
Sub-Recolectores	4,186
Supermercados	7
TOTAL	188,971

Tabla 2. Cantidades recogidas en Italia en 1999 según sectores de actividad

La recogida se realiza mediante 70 empresas que dan servicio a los centros productores. La recogida se realiza mediante contenedores de pequeñas dimensiones y el almacenaje se realiza en contenedores especiales dispuestos en las propias compañías que realizan la recogida. Posteriormente el aceite recogido se manda a los almacenes del COOU. Durante la descarga en los depósitos del COOU se toman muestras y se realizan análisis, controlando los parámetros de densidad, contenido en agua, sedimentos, PCB's, inflamabilidad, metales, plomo, cloro, flúor, sulfuros y cenizas.

Con posterioridad a los análisis, y si todos los parámetros cuantificados se encuentran dentro de los límites autorizados, el aceite usado se somete mayoritariamente a re-refino o a combustión controlada, las dos únicas vías autorizadas para el tratamiento según la Directiva 87/101/CE, que el gobierno italiano sigue.

En España, los aceites usados minerales están regulados por la Ley 10/1998, de 22 de abril, de Residuos. La clasificación como residuos peligrosos se da según el Real Decreto 952/1997.

De los datos disponibles del estado español se desprende que anualmente se comercializan 500.000Tm de aceites lubricantes, de los que un 60% se destinan a automoción y el resto a actividades industriales. Un 50%, es decir, 250.000 Tm se consumen en los procesos en que se utilizan, mientras que el otro 50% es aceite usado potencialmente recogible.

Dadas las características de las actuaciones que se llevan a término en España, cada año se ha ido subvencionando la gestión de los aceites usados, desde la recogida hasta el tratamiento final. Para el tratamiento final se establecen módulos distintos del importe de la subvención según el aceite se destine a regeneración, a reciclaje o bien a valorización energética.

La evolución de la recogida y destino del aceite es la que se manifiesta en el cuadro adjunto.

Año	Aceite recogido (t)	Regeneración ¹	Reciclaje ²	VALORIZACIÓN ENERGÉTICA	
				Electricidad	Calor
1994	73.823	4%	-	-	96%
1995	106.528	13%	-	2%	85%
1996	119.831	23%	-	4%	73%
1997	134.646	21%	2%	12%	65%
1998	173.490	18%	2%	24%	56%

¹Regeneración: Producción de aceites de base para fabricar nuevos aceites
²Reciclaje: Fabricación de productos asfálticos a partir de las parafinas de los aceites usados.

Tabla 3. Recolección y destino del aceite usado en España por años

De los datos manifestados anteriormente se desprenden los siguientes puntos:

- Aumento de la cantidad de aceite usado recogido desde 1994, dándose un incremento del 250% en 5 años.
- Incremento de los tratamientos que conllevan regeneración y producción eléctrica y decremento de los procesos destinados a obtención de calor. Se prevé que en los próximos años la regeneración siga en aumento por el hecho de que en la actualidad hay varios proyectos en vías de ejecución.
- Hay entre 75.000 y 80.000 Tm. de aceite usado de las que no se conoce su destino final, que muy probablemente sea el vertido incontrolado.

En Francia el organismo responsable del sector de los aceites usados es el ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

Según los datos facilitados por dicho organismo, en 1999 se recolectaron 247.700 Tm de aceites usados, lo que representa un 82 %. Las cantidades recogidas según los orígenes de producción se reflejan en la tabla adjunta.

ACTIVIDAD	Cantidad recogida (Tm.)
Talleres mecánicos	113.950
Desguace de Vehículos	2.450
Transporte por carreteras	24.800
Industrias	37.150
Agricultura	7.400
Administraciones Públicas	29.750
Ejército	2.450
Subrecolectores	29.750
TOTAL	247.700

Tabla 4. Cantidades recogidas en Francia en 1999 según sectores de actividad

La recolección se realiza mediante empresas que son responsables de la recogida y transporte de los aceites usados. La concesión de la recolección y transporte se realiza por un periodo de 5 años, y el recolector se responsabiliza de los servicios para el área concreta que se le adjudica. A fin de reducir los costes de recolección, la cantidad mínima a recoger es de 600 Kg de aceite usado. En los últimos años se ha producido un aumento de la cantidad unitaria recogida en cada centro productor.

Por lo que se refiere a la aplicación posterior de los aceites usados recogidos en Francia, existe un predominio importante de cementeras (20 plantas, con una capacidad de tratamiento de 228.720 Tm/año) respecto a industrias de regeneración (sólo 1, Ecohuile, con una capacidad de 110.000 Tm/año). En todos los casos, previamente a la aceptación del producto, se realizan análisis químicos para la determinación de PCB's, cloro, agua, metales pesados, peso neto, etc.

Tanto para la recogida como para el posterior transporte y tratamiento de los aceites usados se dispone de posibles ayudas y subvenciones.

Se debe tener en cuenta que el sistema de recogida expuesto en este apartado es de carácter general, existiendo algunas variaciones según las particulares circunstancias de cada uno de los países y según las informaciones facilitadas por cada uno de ellos.

No obstante, se cree que es un sistema efectivo, hecho que se pone de manifiesto por la eficiencia en cuanto a las cantidades recogidas por aquellos países en donde se aplica ésta logística de recogida, y que por tanto, salvando las particulares circunstancias y condiciones de cada uno de los países, podría ser un sistema a implantar y seguir por aquellos países que no dispongan en la actualidad de un sistema de recogida estructurado y sistematizado.

1.3 Procesos de minimización en origen/reprocesado de aceites minerales usados

La aplicación de los criterios de prevención y reducción de la contaminación en origen sugiere, como primera opción en cuanto a las actuaciones a llevar a término con los aceites usados, aquellas encaminadas al reprocesado del aceite usado. Sin embargo, se trata de actuaciones muy incipientes y que no están generalizadas como sistema de tratamiento en las industrias.

El reprocesado conlleva la recuperación del aceite usado y la reconversión en aceite de primera calidad, válido para ser usado en el proceso de producción. Con este tipo de actuaciones se consigue un triple objetivo:

- Se reduce considerablemente la cantidad de aceite usado considerado como residuo.
- A nivel empresarial se da un importante ahorro en la compra de aceites nuevos.
- Se alarga el ciclo de vida del aceite al reintroducir el aceite reprocesado en el mismo ciclo productivo.

Los procesos que tienen como objetivo la minimización en origen se basan en los siguientes pasos:

1. Destilación al vacío: fase de deshidratación y de desgasificación, eliminando también otros contaminantes volátiles.

2. Ultrafiltración: fase en la que se somete el aceite usado a procesos de sedimentación y filtración para eliminar partículas metálicas y otros sólidos contenidos en el aceite.
3. Reactivación: durante todo este proceso se van incorporando aditivos para obtener aceite limpio con las características deseadas.

Con anterioridad a la introducción del aceite en el sistema, se realizan análisis químicas para conocer el estado del aceite usado y de esta manera poder definir la intensidad de tratamiento y aditivación a realizar para obtener las características finales deseadas.

1.4 Procesos de re-refino/regeneración de aceites minerales usados

1.4.1 Introducción

El aumento de la variedad de aceites usados en los últimos años, ha comportado que los procesos tradicionales de tratamiento de aceites, basados en tecnologías ácido/tierras no consiguieran aceites de base de las calidades finales deseadas. Además, la preocupación por cuestiones medioambientales dificulta todavía más la obtención de procesos adecuados.

Las tecnologías anteriores basadas en procesos con ácido y tierras actualmente están en desuso por cuestiones medioambientales y económicas. Económicamente, se trata de instalaciones con un alto coste de inversión y ambientalmente tienen el problema del tratamiento de las tierras ácidas generadas en el proceso. Para solucionar estos problemas se ha recurrido a la introducción de tecnologías que incorporan procesos de destilación al vacío y hidrogenación.

Los procesos basados en la destilación al vacío y hidrogenación tienen como características comunes los siguientes procedimientos:

- Destilación de aceites usados previamente deshidratados.
- Hidrogenación de los productos destilados.

A continuación se describen los distintos procesos existentes, agrupados según sean las tecnologías básicas a utilizar:

- Tecnologías basadas en tratamiento ácido / tierras.

- Tecnologías basadas en destilación al vacío y hidrogenación.
- Tecnologías basadas en destilación al vacío y tratamiento en tierras.

1.4.2 Procesos de tratamiento en ácido / tierras

Se trata de procesos obsoletos que actualmente están en desuso. En esencia, estos procesos siguen el siguiente diagrama:

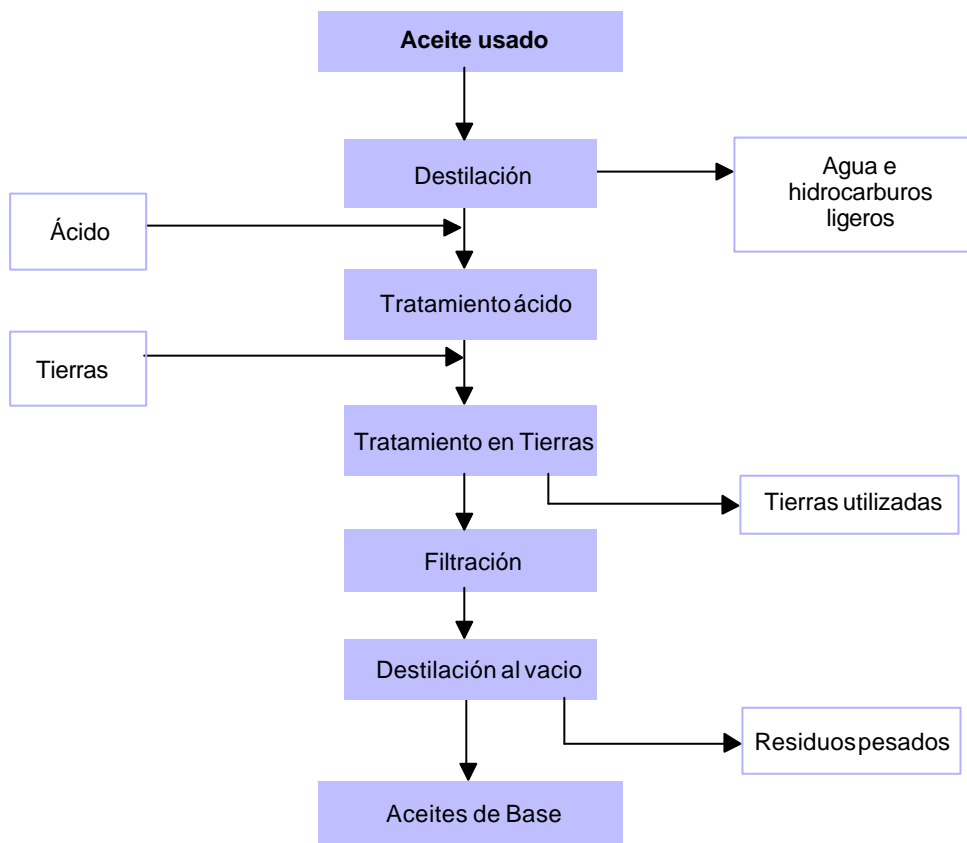


Figura 4. Esquema básico de las tecnologías de tratamiento ácido/tierra

Las tecnologías ácido/tierras se basan en el tratamiento del substrato con ácido sulfúrico para la eliminación de los elementos contaminantes y el posterior tratamiento con tierras para la neutralización del producto resultante. De esta manera, el tratamiento con tierras permite conseguir el color y olor deseados. Presenta el problema de la posterior utilización y aplicación del residuo ácido generado, que en muchas ocasiones se debe considerar como tóxico y peligroso, con los consiguientes problemas en cuanto a su deposición en vertedero.

Tecnología Meinken

Se trata de una tecnología que ya no se utiliza por cuestiones económicas y por la problemática que generaba con el tratamiento de las tierras ácidas. También conlleva problemas de corrosión interna y problemas de vertido.

Actualmente existen algunas refinerías que trabajan con tecnología Meinken modificada, de manera que les permite, con la inclusión de técnicas de destilación en película fina y de contacto, reducir la cantidad de ácido sulfúrico hasta un 3% y la de tierras hasta un 3,5%. También, algunas de ellas incluyen la hidrogenación.

Las ventajas principales de este proceso son el bajo coste de inversión y mantenimiento, la posibilidad de tratar aceites usados de calidad muy baja, y la flexibilidad y facilidad de manipulación del mismo.

1.4.3 Procesos de destilación al vacío e hidrogenación

Este tipo de procesos son los que mayoritariamente se utilizan en Italia, tratando con estas tecnologías el 93% del aceite recogido, lo que representa 175.700 Tm de aceite al año. Los productos resultantes son en un 60% aceites de base y en un 8% aceites ligeros. Los residuos producidos durante el proceso de refino, que contienen aditivos, asfaltenos, compuestos resultantes de oxidaciones y polimerizaciones, metales y otras impurezas, se destruyen mediante procesos de combustión en plantas especiales.

Actualmente, Italia se encuentra en primera posición a nivel europeo en cuanto a la cantidad de aceite re-refino respecto al total de aceite producido.

En el cuadro siguiente se muestra el esquema general de las tecnologías basadas en la destilación al vacío y hidrogenación.

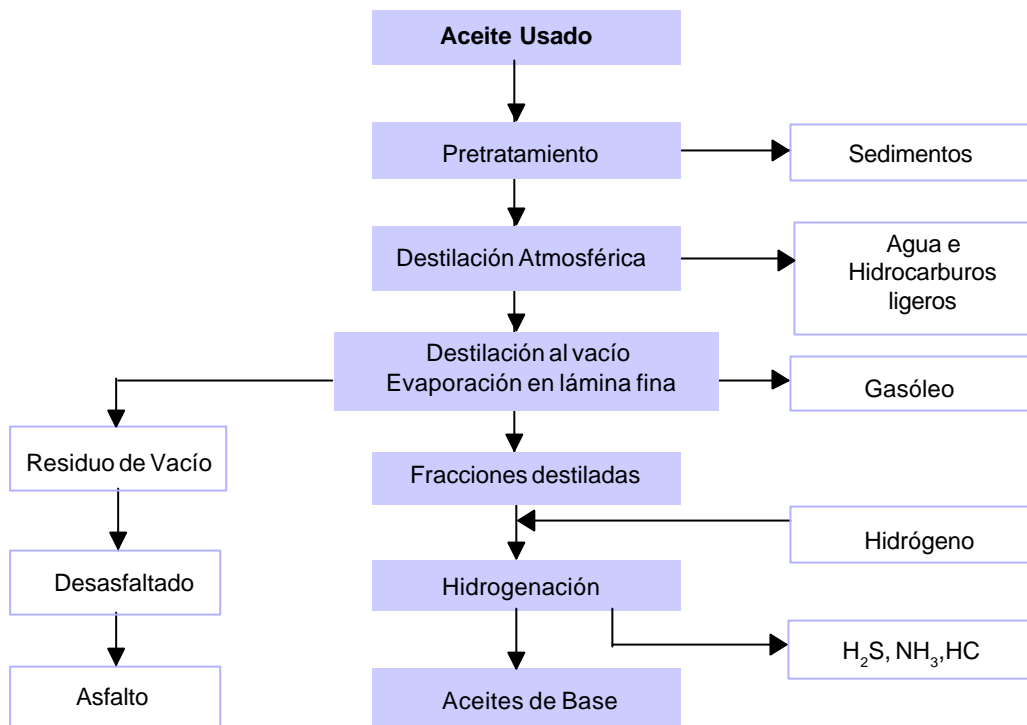


Figura 5. Diagrama de los procesos de destilación al vacío y hidrogenación

Tecnología KTI

El proceso KTI (Kinetics Technology International), también conocido como KTI Relub Technology, combina la destilación al vacío y el tratamiento de hidrogenación para eliminar la mayoría de elementos contaminantes del aceite usado.

Los pasos básicos del proceso son los siguientes:

1. Destilación atmosférica: comporta la eliminación de agua y hidrocarburos ligeros.
2. Destilación al vacío: el producto resultante se encuentra dentro del rango de los aceites lubricantes. La temperatura de trabajo no ha de ser superior a 250 °C.
3. Hidrogenación de los productos destilados al vacío: los aceites destilados en la fase anterior se someten a un tratamiento de hidrogenación para eliminar los compuestos sulfurados, nitrogenados y oxígeno. Esta fase se aprovecha, también, para mejorar el color y olor del aceite.

4. Fraccionamiento: el aceite hidrogenado se separa en distintas fracciones de aceites de base según las especificaciones y requerimientos del producto deseado.

Esta tecnología acepta PCB's y otros materiales peligrosos, obteniéndose un rendimiento del 82% de aceites de base de alta calidad (respecto el aceite usado seco tratado).

El residuo producido en la fase de destilación al vacío contiene aditivos, derivados asfálticos, productos oxidados y otras impurezas que tienen valor comercial.

La primera re-refinería basada en esta tecnología se puso en funcionamiento en Grecia al 1992. También hay plantas de este tipo en Túnez y California.

El diagrama del proceso se detalla a continuación.

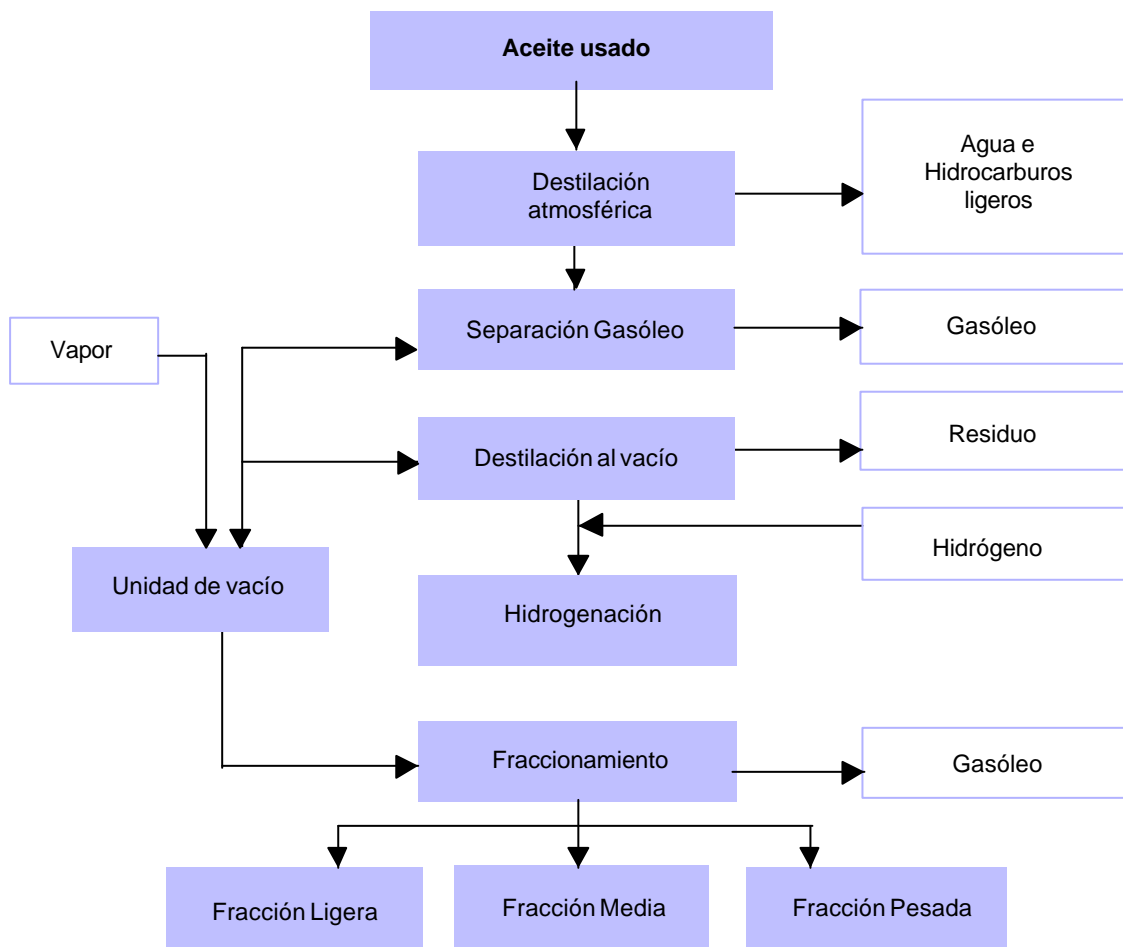


Figura 6. Diagrama de la tecnología KTI

Tecnología Mohawk

Esta tecnología la desarrollo la compañía Mohawk Oil en Canadá y se basa en la tecnología KTI anteriormente expuesta.

La diferencia entre esta tecnología y otras del mismo grupo (destilación al vacío y posterior hidrogenación) se basa en el conocimiento de la química de los lubricantes y aditivos presentes en los aceites, en diferentes condiciones de temperatura y tiempo de trabajo del proceso, consiguiendo mejorar las características de los productos acabados, tanto en lo referente a la vida de los catalizadores que intervienen, como con el aumento de la resistencia a la corrosión.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Pretratamiento: conlleva la precipitación de elementos contaminantes y elimina problemas de suciedad durante la fase de destilación. Al mismo tiempo se alarga la vida de los catalizadores.
2. Destilación atmosférica: elimina agua y hidrocarburos.
3. Destilación al vacío y en película fina: conlleva la recuperación de los hidrocarburos de los aceites lubricantes.
4. Hidrogenación: fase de purificación del aceite.
5. Fraccionamiento: obtención de distintas fracciones de aceites de base.

Esta tecnología es mejor que otras basadas en el mismo proceso por el hecho de que los equipos no se deben limpiar con tanta frecuencia. El hecho de producir el vacío por métodos mecánicos, en lugar de hacerlo mediante vapor, conlleva una reducción de la cantidad de agua residual a tratar como efluente resultante del proceso. Además, el hecho de que se reduzcan los fenómenos de corrosión de los equipos permite la utilización, para la instalación, de materiales de menor coste económico. Con esta tecnología se obtienen aceites de base de gran calidad.

Evergreen Oil en Newark (California) y Breslube en Windsor (Canadá) tienen la licencia de esta tecnología.

Tecnología BERC o NIPER

Tecnología desarrollada por Bartlesville Energy Research Center en EUA, posteriormente redenido National Institute of Petroleum and Energy Research.

El proceso es similar al KTI comentado anteriormente, pero incorpora la variación de añadir un tratamiento con disolventes.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Destilación atmosférica: fase de deshidratación a presión atmosférica.
2. Destilación al vacío: eliminación de hidrocarburos ligeros.
3. Pretratamiento con disolventes: incorporación, en la proporción de 3:1 de un disolvente compuesto por alcohol butílico, alcohol isopropílico y metil etil cetona en la proporción 1:2:1 que conlleva la extracción de compuestos que potencialmente pueden ensuciar los productos resultantes.
4. Recuperación de los disolventes: mediante procesos de sedimentación y/o centrifugación se separa la mezcla aceite usado-disolvente de los metales pesados, aditivos y otros compuestos que ensucian la mezcla. El disolvente se recupera para su reutilización.
5. Destilación fraccionada: se consiguen distintas fracciones de aceites de base.
6. Tratamiento de hidrogenación o tratamiento en tierras: se consigue la eliminación de impurezas, mejorando así el color y olor de los productos finales.

Esta tecnología permite obtener rendimientos entre el 75% y 85% de aceites de base. Los residuos resultantes del proceso tienen aplicaciones asfálticas, consiguiéndose mejoras económicas respecto a las tecnologías basadas en tratamientos ácido/tierras.

Como inconvenientes más destacables se debe mencionar el elevado coste energético que tiene la extracción con disolventes.

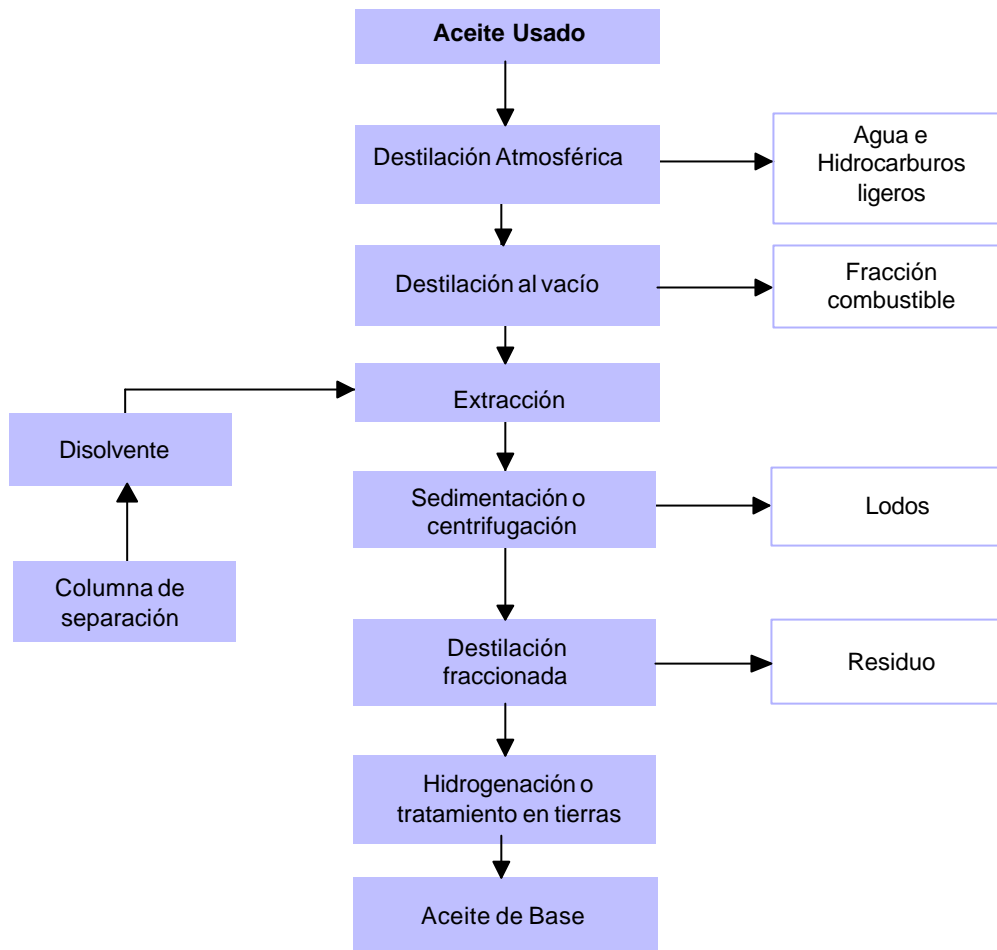


Figura 7. Diagrama de la tecnología BERC o NIPER

Tecnología PROP

Desarrollada por la compañía Phillips petroleum, incorpora una fase de desmetalización química para eliminar los elementos contaminantes de los aceites usados.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Desmetalización: da lugar a la disminución de los metales pesados contenidos en los aceites mezclando el aceite usado con una solución acuosa de fosfato diamónico, formándose compuestos de fosfatos metálicos.
2. Separación de los fosfatos metálicos: los fosfatos metálicos formados en la fase anterior se eliminan por filtración.

3. Destilación al vacío: se eliminan los hidrocarburos ligeros y el agua.
4. Tratamiento en tierras y catalizador Ni / Mo: se mezcla el aceite con hidrógeno, pasándose por un lecho de tierras con el catalizador de Ni / Mo
5. Hidrogenación: durante esta fase se eliminan los compuestos sulfurosos, oxigenados, clorados y nitrogenados, mejorándose así el color del aceite resultante.

Como ventajas de esta tecnología se puede citar la alta calidad de los aceites de base obtenidos, que contienen menos de 10 ppm de metales, elementos sulfurosos y nitrogenados, producción de un 90% de aceites de base y que la tecnología es altamente respetuosa con el medio ambiente.

Los inconvenientes más importantes son el alto coste de la inversión y que la fase de hidrogenación requiere un tratamiento absorbente con tierras.

La única planta de tecnología PROP en funcionamiento actualmente esta situada en México.

Se adjunta a continuación el diagrama del proceso.

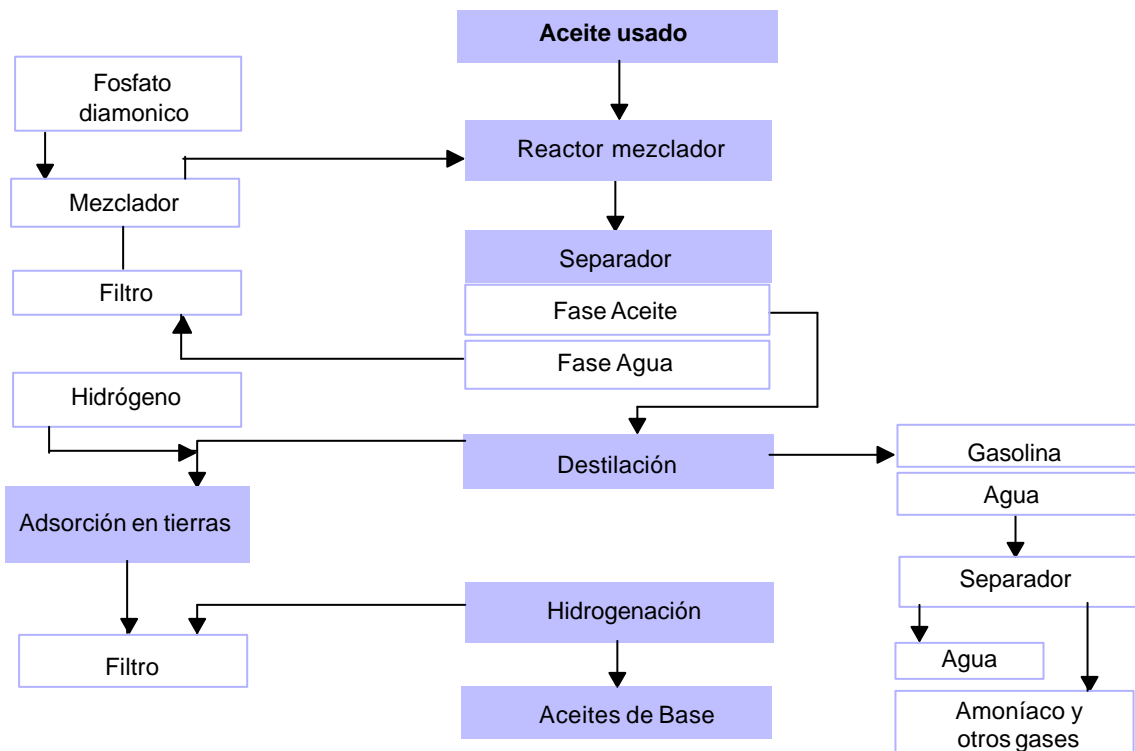


Figura 8. Diagrama de la tecnología PROP

Tecnología Safety Kleen

Esta tecnología es la resultante de la combinación de la destilación al vacío en película fina y la hidrogenación a través de lecho catalítico.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Destilación atmosférica: fase de eliminación de agua y disolventes ligeros.
2. Destilación al vacío con evaporadores de película fina: se separan los aceites lubricantes de los disolventes pesados.
3. Hidrogenación por medio de lecho catalítico de Ni / Mo: fase en la que se da estabilidad térmica, de color y olor, reduciéndose el contenido en compuestos aromáticos, agentes potenciales de mutaciones.
4. Separación de queroseno.
5. Secado del aceite base: fase final de obtención de los aceites de base.

Los hidrocarburos resultantes de la destilación atmosférica, así como todos los compuestos ligeros obtenidos en los distintos pasos, se utilizan como combustible en la planta, después de un tratamiento previo debido al elevado contenido en cloro. El lecho catalítico también se regenera y las aguas resultantes de la destilación también se someten a un tratamiento adecuado. Es por esto que la tecnología Safety Kleen es una tecnología que no genera subproductos colaterales

Actualmente hay una planta en funcionamiento en East Chicago, Indiana (USA), y otra en Breslau (Canadá).

En el siguiente diagrama se refleja la tecnología descrita.

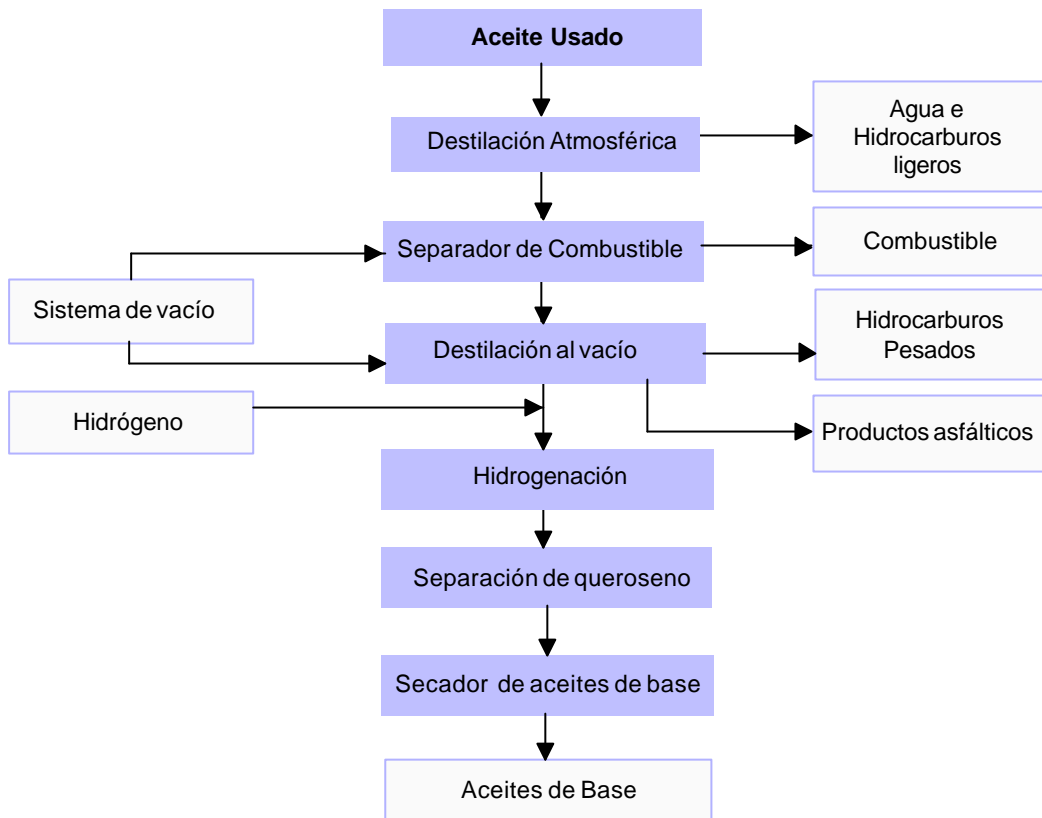


Figura 9. Diagrama de la tecnología Safety Kleen

Tecnología IFP / Tecnología Snamprogetti

La tecnología IFP desarrollada por el "Institut Français du Petrole", también se conoce con el nombre de Selectopropane Process. Este proceso combina la destilación al vacío y la hidrogenación, pero en este caso la extracción se realiza mediante propano líquido. Esta extracción es similar a la que se realiza en las refinerías de crudo de petróleo para separar los asfaltenos.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Destilación atmosférica: eliminación de agua y hidrocarburos ligeros.
2. Destilación al vacío y extracción de la parte oleosa mediante propano: el aceite procedente de la destilación atmosférica se somete a una extracción con propano líquido a una temperatura entre 75 y 95 °C. En esta fase se recuperan aceites de base ligeros y medios.

3. Hidrogenación: fase en la que se separa el propano de la mezcla propano-aceite. En esta fase también se separan componentes asfálticos, hidrocarburos oxidados y sólidos en suspensión. Del residuo procedente de la destilación al vacío se recupera la fracción "bright stock".
4. Fase final de hidrogenación de la fracción "bright stock".

Hay una diferencia entre el proceso IFP y el Snamprogetti en cuanto a la recuperación del bright-stock. En el proceso IFP se hace la extracción del residuo con el propano que queda de la destilación al vacío. La fracción obtenida se desmetaliza y se hidrogena a través de dos lechos catalíticos, obteniendo el "bright stock". En el proceso Snamprogetti se hace una segunda extracción con propano del residuo de la destilación al vacío, que se junta con el destilado al vacío para realizar una única hidrogenación final.

A continuación se presentan los diagramas de cada una de las dos tecnologías.

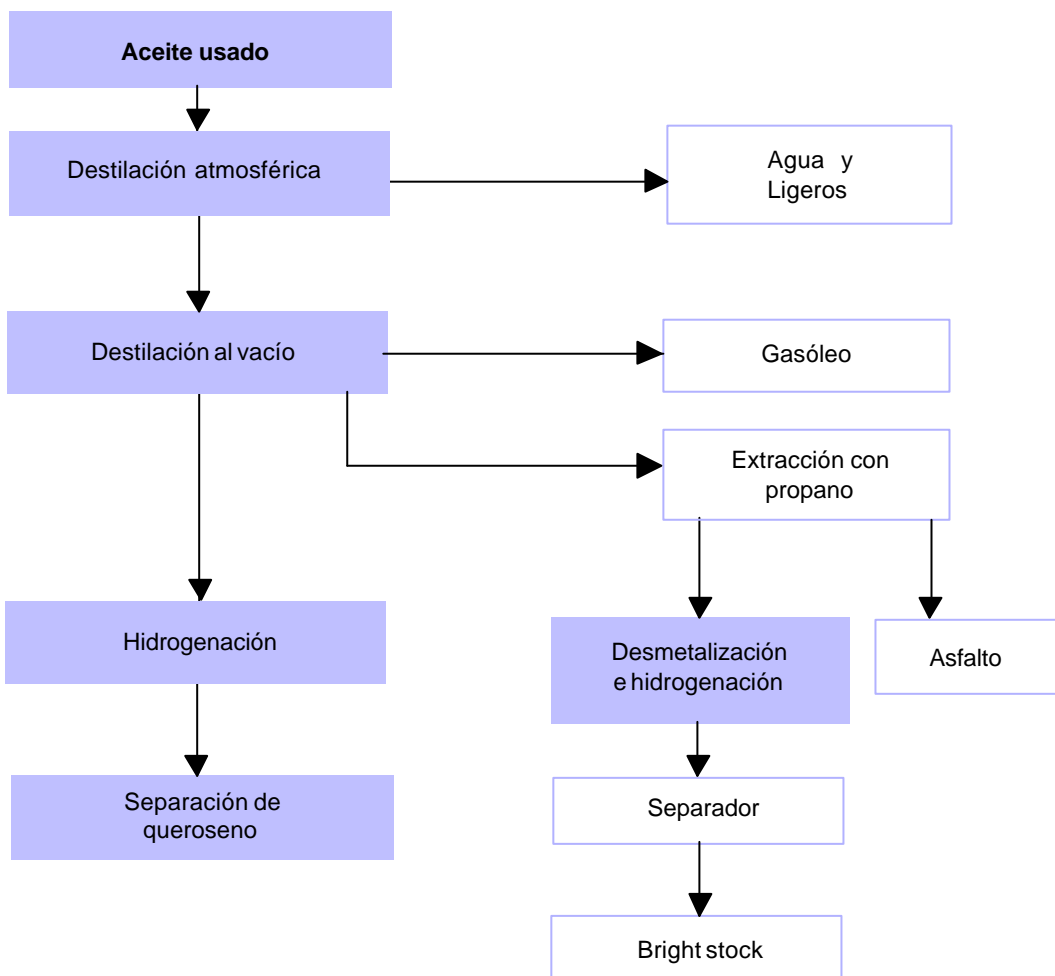


Figura 10. Diagrama de la tecnología IFP

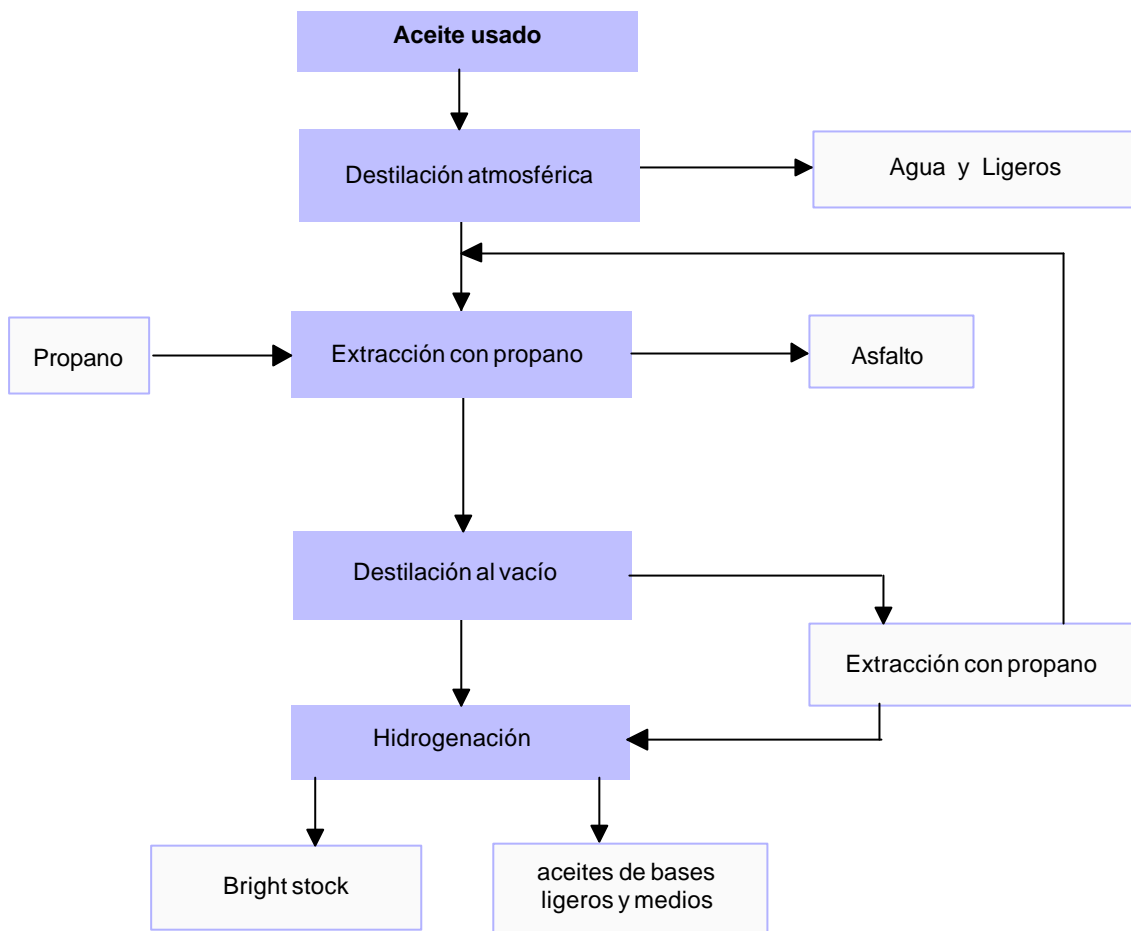


Figura 11. Diagrama de la tecnología Snamprogetti.

Tecnología UOP DCH

La tecnología UOP DCH conlleva el tratamiento del aceite usado mediante gas hidrogeno a una cierta temperatura y, mediante una separación adecuada, se eliminan los sólidos y elementos metálicos. Durante el proceso se consigue la destrucción directa de compuestos halogenados y mediante oxigeno se obtienen hidrocarburos ligeros de alta calidad. La hidrogenación se realiza en un reactor provisto de lecho catalítico.

Los pasos básicos del proceso son los siguientes:

1. Hidrogenación.
2. Separación de sólidos y metales.

3. Reactor catalítico.
4. Tratamiento químico de neutralización de gases ácidos.
5. Separación de fase acuosa.
6. Destilación al vacío y fraccionamiento.

Este proceso permite reciclar aceites usados potencialmente peligrosos, mediante un sistema económico que da un buen rendimiento y una buena calidad de los productos obtenidos.

Esta tecnología se ha probado en plantas piloto y por el momento no se ha comercializado.

A continuación se incluye el diagrama del proceso.

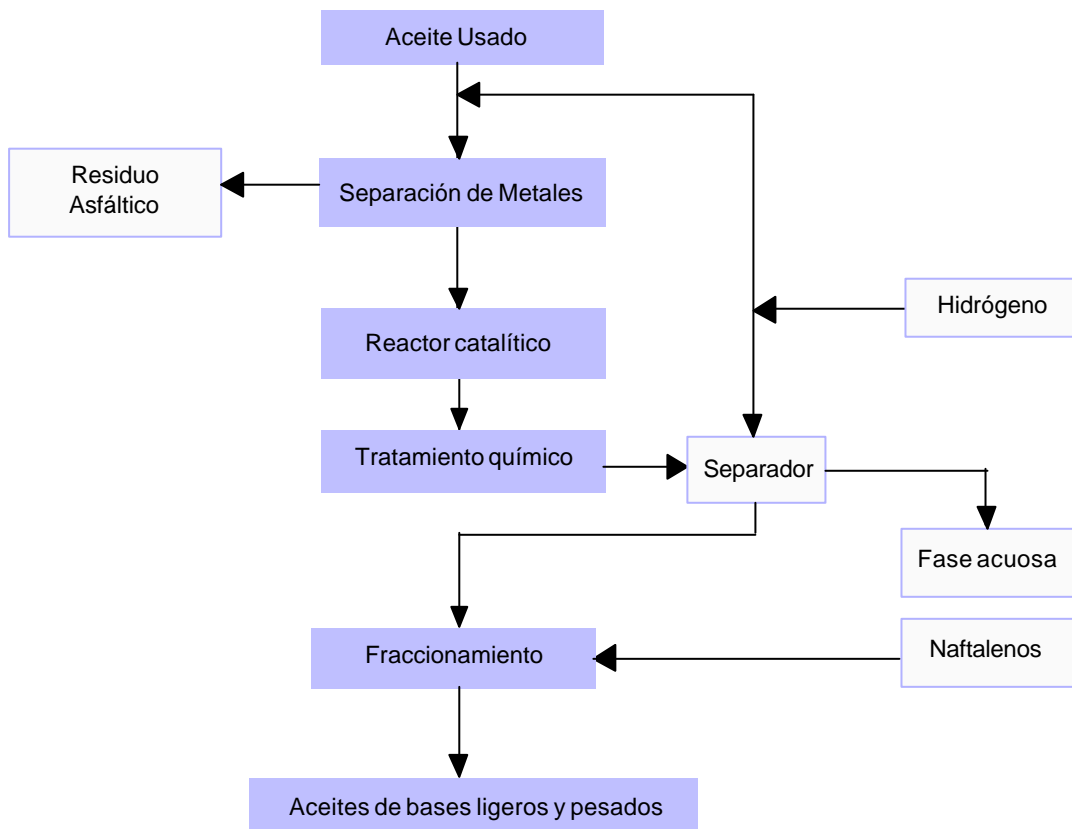


Figura 12. Diagrama de la tecnología UOP DCH

1.4.4 Procesos de destilación al vacío y tratamiento en tierras

Tecnología Viscolube

La tecnología Viscolube, también conocida como TDA (Thermal Deasphalting) se basa en la utilización de propano, seguido de una destilación al vacío y tratamiento final en tierras.

Los pasos básicos del proceso son los siguientes:

1. Destilación: la fase conlleva la separación del agua y compuestos ligeros.
2. Destilación al vacío (columna TDA) y fraccionamiento: en esta fase se separan compuestos organometálicos y minerales asfálticos y se producen tres fracciones de aceites de base.
3. TCT (tratamiento térmico en tierras): fase en la que se mejoran las características de las tres fracciones de aceites de base separadas en la fase anterior.
4. Filtración a presión.

Las ventajas de esta tecnología son el bajo coste de inversión, las fracciones de aceites de base obtenidas son de alta calidad, los costes de mantenimiento de la instalación son bajos, ambientalmente se trata de un proceso limpio y la fase de destilación al vacío no requiere presiones muy bajas. La filtración a presión permite la reconversión de las plantas de tratamiento basadas en tecnologías ácido/tierras con cierta facilidad.

Como mayores inconvenientes se debe destacar que el rendimiento obtenido es de un 72% (inferior al obtenido con tecnologías de hidrogenación), no admite aceites con un contenido en PCB's superior a 25 ppm, y que se pueden dar problemas para el posterior tratamiento de las tierras utilizadas durante el proceso

Actualmente hay plantas que utilizan esta tecnología a Pieve Fissiraga (Milán, Italia) puesta en funcionamiento en 1992, la segunda entró en funcionamiento en Polonia en 1994 y una tercera en Italia en 1995.

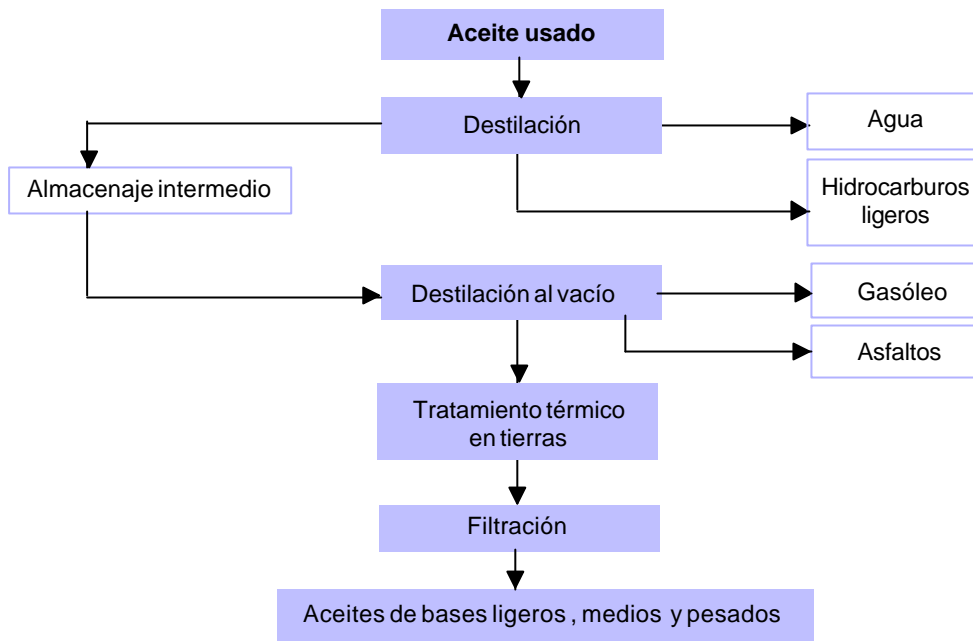


Figura 13. Diagrama de la tecnología Viscolube

Tecnología RTI

La tecnología RTI utiliza por primera vez torres de destilación al vacío de tipo ciclónico, trabaja hasta 20 mm de Hg, el aceite se inyecta a gran velocidad y los aceites obtenidos se someten a un tratamiento de limpieza a través de tierras y posterior filtrado en filtro de prensa.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Separación del agua: fase de deshidratación y calentamiento del aceite usado.
2. Destilación atmosférica: fase de eliminación de las emulsiones acuosas y fracciones combustibles.
3. Destilación al vacío: fase de vaporización de fracciones combustibles medias. La destilación se produce a 100 mm Hg.
4. Tratamiento en tierras: fase de refinado y mejora de las características de las fracciones obtenidas.

5. Destilación al vacío: fase de destilación en torres ciclónicas a una presión de 20 mm Hg. El aceite se inyecta a alta velocidad, generándose una fuerza centrífuga que ayuda a la separación de los aditivos y contaminantes que todavía hay en la fracción de aceite usado.
6. Tratamiento en tierras: el aceite obtenido en la fase anterior se mezcla con tierras de diatomeas y tierras activas, para finalmente someterlo a filtrado.

Este proceso también permite la transformación de plantas basadas en tecnologías ácido/tierras.

Tecnología Interline

La tecnología Interline conlleva una de las más recientes innovaciones en las tecnologías de destilación al vacío y tratamiento en tierras. En este caso el tratamiento químico se substituye por una extracción con propano, en fases iniciales, y a temperatura ambiente.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Extracción con disolventes.
2. Separación del aceite.
3. Destilación atmosférica.
4. Destilación al vacío.
5. Tratamiento de filtrado en tierras.

Desde el punto de vista económico, este proceso es interesante ya que elimina la destilación en película fina así como la necesidad de hidrogenación. Los costes de inversión son bajos, así como los costes de mantenimiento.

Como inconvenientes se debe destacar el hecho de que esta tecnología no acepta aceites que contengan PCB's, y el contenido en cloro del aceite usado ha de ser como máximo de 1.000 ppm. La eliminación de tierras procedentes del filtrado final también puede ocasionar problemas.

Hay una planta que utiliza esta tecnología en Salt Lake City (USA), y en 1996 se puso otra en funcionamiento en Stoke-on-Trent (Inglaterra). En Sandy (Utah) hay otra, y en fase de montaje existe una en Seúl (Corea).

Tecnología Rose - Kellog

Esta tecnología permite tratar aceites usados procedentes de motores mezclados con grasas lubricantes, cuando el contenido no es superior al 5%. Se debe tener en cuenta que el 85% de una grasa es aceite.

El proceso consiste en la extracción con propano en dos fases. En la primera fase se extraen asfaltenos sometiendo el aceite a una temperatura y presión determinadas. En la segunda fase, la solución de aceite y disolvente se somete a temperatura y presión supercrítica que facilita la separación del aceite y del disolvente, que se recupera y reutiliza nuevamente en el ciclo.

Los pasos básicos de esta tecnología son:

1. Extracción con disolvente.

- Separación de asfaltenos
- Separación de aceite

2. Destilación al vacío.

3. Hidrogenación.

4. Fraccionamiento.

Esta tecnología, con la recuperación del disolvente en condiciones supercríticas, permite un ahorro energético importante. Al igual que la tecnología Interline, también permite la recuperación del aceite contenido en las grasas.

Esta tecnología se está utilizando actualmente en Houston (Texas) por parte de la compañía M.W. Kellog Company.

1.4.5 Otras tecnologías

Se describen a continuación los procesos de otras tecnologías que no se pueden englobar dentro de los grupos manifestados anteriormente.

Tecnología Entra

La tecnología Entra se puede comparar con las anteriores tecnologías descritas en el grupo de destilación al vacío y tratamiento en tierras porque también utiliza estos procedimientos. La diferencia está en que la destilación al vacío se realiza en unos reactores tubulares en los que el aceite usado se convierte en vapor por el aumento rápido de la temperatura. Posteriormente se somete el vapor a una condensación fraccionada. El proceso de evaporación se produce por inyección del aceite a velocidad constante y consiguiendo una temperatura de 400 °C. El aceite obtenido en esta fase está libre de impurezas sólidas, elementos metálicos y otros.

Posteriormente, se produce otra fase en la que se consigue la purificación y decoloración del aceite destilado. En esencia, se realiza un tratamiento a alta temperatura, durante el que se añade sodio que se combina con los elementos clorados produciendo cloruro sódico. En caso de ser necesario, para mejorar el color, se hace un posterior tratamiento en tierras.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Fase previa: fase de destilación al vacío a 130 °C y 100 mm Hg. de presión. La fase conlleva la separación de agua y elementos ligeros.
2. Fase de limpieza: se produce una destilación a 400°C, consiguiendo la separación de compuestos metálicos y otras impurezas sólidas.
3. Fase de decoloración y purificación: fase en que se consigue mejorar el aspecto visual de los aceites, así como la separación de los compuestos clorados por adición de sodio.

Se trata de un proceso de alto rendimiento, en el que el control de la temperatura es muy importante para conseguir los resultados deseados. El proceso está considerado como de tecnología limpia según la IACT (International Association for Clean Technology). Los análisis de TÜV (Technische Überwachungsverein) indican la eliminación total de PCB's. Como mayor inconveniente se debe contemplar la manipulación del sodio, que es compleja y arriesgada.

Desde 1988, hay una planta piloto que utiliza esta tecnología en Achern (Alemania).

Tecnología Recyclon

Esta tecnología se basa en la tecnología Entra comentada anteriormente. Se da tratamiento con sodio y destilación al vacío.

Los pasos básicos de estos procesos son los siguientes:

1. Separación mecánica de sólidos y agua libre.
2. Destilación para eliminar otras impurezas y agua.
3. Tratamiento químico en reactor mediante la aplicación de sodio.
4. Destilación para separar compuestos con bajo punto de ebullición.
5. Separación por evaporación de los aceites de base de los residuos.
6. Destilación final para obtener aceites de base de distinta viscosidad.

Con esta tecnología se obtienen aceites de base de alta calidad, con buenas características de color y olor. Los residuos generados durante el proceso tienen un alto poder calorífico y un bajo contenido en sulfuros, recirculándose al proceso como combustible. No se requiere tratamiento en tierras ni procesos de hidrogenación y se dan pocas emisiones al aire.

Tecnología Krupp Koppers supercrítico

Esta tecnología conlleva el tratamiento de los aceites usados utilizando hidrocarburos gaseosos en condiciones supercríticas.

El proceso consiste en la destilación atmosférica del aceite usado para eliminar agua y hidrocarburos ligeros. Posteriormente se da una mezcla con etano y se somete la mezcla a condiciones supercríticas, consiguiendo la separación del aceite de los elementos contaminantes. La mezcla de aceite y disolvente se somete a un tratamiento de destilación para conseguir su separación. El disolvente se reutiliza nuevamente en el proceso.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Predestilación.
2. Extracción.
3. Destilación.

En el caso que los aceites regenerados contengan PCB's, se puede realizar un tratamiento de hidrogenación.

Los aceites de base obtenidos según esta tecnología se han testado con éxito por parte de MWB-B, CEC L-12-A-76, DIN 51361.

Tecnología Vaxon

La tecnología Vaxon, también conocida como VCFE (Vacuum Cyclon Flash Evaporator, desarrollada en Dinamarca), utiliza evaporadores de tipo ciclónico que permiten una fácil limpieza de la suciedad formada. La tecnología combina el efecto de vacío con un sistema de calefacción de diseño especial.

Los pasos básicos de este proceso son los siguientes:

1. Destilación fraccionada al vacío: en esta primera fase se consigue la separación de agua, hidrocarburos ligeros, compuestos metálicos y otros elementos bituminosos. Esta fase se desarrolla en cuatro módulos en condiciones de temperatura y vacío diferentes, obteniéndose en los dos últimos módulos aceites de base aptos para los tratamientos posteriores.
2. Tratamiento químico: los aceites de base procedentes de la fase anterior se tratan con hidróxido potásico, mediante control de temperatura, consiguiendo una mayor limpieza del aceite. En esta fase se produce el secado del aceite.
3. Destilación al vacío: fase de destilación final al vacío para conseguir un producto apto a las necesidades y condiciones del mercado.

Esta tecnología permite la obtención de aceites de base aptos para la fabricación de nuevos aceites de motor o como lubricantes industriales. Se trata de aceites de alta calidad que han obtenido la homologación siguiendo las normas más exigentes que existen en la actualidad.

Se trata de una tecnología ambientalmente limpia, ya que los residuos generados en el proceso se reciclan en el mismo proceso.

Actualmente se conoce una planta que utiliza esta tecnología en Cataluña (España), la compañía es Cator (Catalana de Tractament d'Olis Residuals, S.A.).

Tecnología CEA

La tecnología CEA (Comisión Francesa de la Energía Atómica), actualmente en sus estadios iniciales, consiste en mezclar aceite usado de motores de combustión con dióxido de carbono en condiciones supercríticas, con temperaturas comprendidas entre 40 y 80°C y presiones de 150 bars. En una fase posterior se utiliza una membrana cerámica de ultrafiltración para extraer las impurezas.

1.4.6 Resumen de las tecnologías

A continuación se ponen de manifiesto las tecnologías anteriormente expuestas y los pasos ordenados de cada una de las tecnologías.

	Meinken	KTI	Mohawk	Berc-Niper	Prop	Safety Kleen	IFP	Snamprogetti	UOP DCH	Viscoluble	RTI	Interline	Rose Kellog	Entra	Recyclon	Vaxon	CEA
Destilación Atmosférica	1	1	2	1		1	1	1		1	2	3					
Pretratamiento químico			1														
Desmetalización					1												
Separación											1						
Extracción disolvente				3			4	2,5				1	1				
Recuperación				4				3				2					
Tratam. ácido-tierras	2																
Destilación al vacío		2	3	2	2		2	4	3	2	3,4	4	2	1,2	1	1	
Tratamiento químico									2					3	2	2	
Hidrogenación		3	4	6	3	3	3,5	6	1	3			3				
Destilación película fina	3					2								4	3	3	
Fraccionamiento		4	5	5	4				4				4				
Tratamiento en tierras				7								5					
Autoclave, ultrafiltración																	x

1.5 Sistemas de valorización energética

La valorización energética es una de las posibles vías de aplicación de los aceites usados y ha sido la aplicación que tradicionalmente se ha utilizado más.

No obstante, y según las tendencias actuales, existen otras posibles aplicaciones de los aceites usados que ambientalmente son más recomendables, principalmente en el sentido de una menor utilización de los recursos naturales.

Dentro de este grupo se pueden diferenciar las siguientes vías:

- Aprovechamiento para la obtención calor: es la aplicación que mayoritariamente se les ha dado, especialmente en cementeras, refinerías, etc.
- Aprovechamiento en equipos de cogeneración para producir electricidad: aplicación como combustible para activar motores acoplados a equipos generadores.

Dichas utilidades, propiamente, no se pueden considerar tecnologías, motivo por el que no se desarrollan más en este punto. No obstante, en apartados posteriores se hace referencia a dichas aplicaciones y se presenta un caso práctico de aplicación en equipos de cogeneración.

1.6 Posibilidades de aprovechamiento de los aceites usados y productos separados

Las posibilidades de aprovechamiento se limitan a un grupo reducido de actividades industriales, que tienen que tener una gestión ambiental segura. Por otro lado, es importante considerar que el agua procedente de procesos de deshidratación. Los combustibles recuperados, todos los filtros que intervienen en los procesos, etc., sean tratados y eliminados según criterios respetuosos con el medio ambiente.

A continuación se detallan las posibles aplicaciones de diferentes productos que intervienen en diferentes procesos. En general los productos obtenidos en las diferentes tecnologías son aceites de base, agua, hidrocarburos ligeros y pesados, compuestos bituminosos, residuos que contienen metales, cloro, azufre, plomo, etc.

1.6.1 Aplicación directa como combustible

Plantas de fabricación de cemento

En los hornos de las plantas de fabricación de cemento se requieren altas temperaturas para transformar las materias primas en cemento. Estas materias primas son altamente alcalinas. Por tanto, estos hornos tienen condiciones ideales para la recuperación energética de los aceites usados en condiciones respetuosas con el medio ambiente. Elementos contaminantes como hidrocarburos aromáticos policíclicos, hidrocarburos clorados y metales pesados se destruyen en las plantas de producción de cemento.

De las experiencias existentes en la actualidad se deduce que cuando se utilizan aceites usados como sustitutos de combustibles convencionales, no se aprecian incrementos significativos en cuanto a emisiones de partículas en la atmósfera, en particular de compuestos orgánicos, dioxinas, furanos y otros.

La alcalinidad de las materias primas neutraliza compuestos como óxidos de azufre y de nitrógeno, cloruros de hidrógeno, y por tanto reducen las emisiones en la atmósfera de estos gases.

Otras partículas de menor tamaño son recogidas mediante precipitación electrostática o mediante filtros, siendo posteriormente devueltas a los hornos.

Las cenizas resultantes de compuestos incombustibles (metales pesados presentes en los aceites usados) se someten a procesos de encapsulado.

Combustible para calefacción

Esta aplicación normalmente se da en talleres mecánicos de automoción, de manipulación de hierro, etc.

En este caso el aceite usado es quemado en estufas especialmente diseñadas para la utilización de este tipo de combustible. Con este sistema se dan emisiones a la atmósfera de metales volátiles, principalmente plomo y cloruros. No obstante las emisiones de plomo se pueden considerar mínimas respecto a otras fuentes de emisión.

Debido a las emisiones que se pueden producir con este sistema, se trata de una aplicación poco recomendable desde el punto de vista medioambiental.

1.6.2 Aplicación como combustible después de un leve tratamiento

Se entiende como tratamiento leve aquel que comporta una limpieza simple del aceite previa a su utilización.

Combustible en plantas de producción de conglomerados bituminosos

Después de eliminar el agua y sedimentos del aceite usado, éste puede ser aplicado como sustituto del gasóleo industrial en plantas de fabricación de conglomerados bituminosos.

De la información existente en la actualidad, se deriva que las emisiones de metales en estas plantas son superiores a las que se dan en las cementeras anteriormente nombradas, pero, en los países en que se utiliza, suelen ser inferiores a las emisiones máximas autorizadas por la normativa. En estas plantas los elementos nocivos, principalmente metales, son fijados por las rocas calcáreas utilizadas, posteriormente se encapsulan con compuestos bituminosos y de esta forma se evita la producción de lixiviados. La temperatura de combustión en que se trabaja no es suficiente para destruir los PCB.

Respecto a las emisiones de ácidos, el hecho de trabajar con rocas calcáreas conlleva la neutralización de los ácidos.

1.6.3 Aplicación como combustible después de un tratamiento severo

Los tratamientos severos son aquellos que comportan extracción de agua y destilación al vacío, obteniendo finalmente, aceites de base de calidad.

La tecnología Vaxon produce gasoil de buena calidad. Los residuos procedentes de la destilación, que contienen la mayoría de los metales, pueden ser utilizados como componentes para las mezclas asfálticas.

1.6.4 Re-refino para la obtención de aceites de base

El conjunto de aplicaciones reflejadas en este grupo tienen como objetivo final la obtención de aceites de base. La aplicación de estos aceites de base es la fabricación de nuevos aceites lubricantes para aplicar en motores, procesos industriales, etc.

Mediante tecnologías ácido/tierras

Estas tecnologías conllevan la producción de lodos muy ácidos con un alto contenido en hidrocarburos aromáticos policíclicos, ácido sulfúrico y compuestos sulfurosos, así como metales. Dadas las características físicas y químicas de estos lodos no pueden ser destinadas a vertederos. La aplicación principal, juntamente con las tierras del proceso, se da en forma granulada a las plantas de fabricación de cemento. El coste de esta aplicación es elevado.

Otra posible aplicación es la incineración, pero el coste debido al tratamiento de gases mediante sosa cáustica es elevado. Así, a un coste elevado el lodo puede ser tratado para obtener ácido sulfúrico o dióxido de azufre.

Las tierras utilizadas en estas tecnologías tienen que ser incineradas, con el mismo problema en cuanto a la producción de gases.

Mediante tecnologías de destilación al vacío

En los procesos de destilación al vacío que utilizan las tecnologías modernas, el contenido en metales de los productos destilados (aceites de base) es inferior a 1 ppm.

Todos los metales contenidos en el aceite usado se encuentran en el residuo de la fase de destilación al vacío. Estos residuos se pueden mezclar, en las proporciones adecuadas, con otros residuos para obtener un producto aplicable como betún asfáltico.

Mediante tecnologías de destilación al vacío, con tratamiento químico o de tierras

Los aceites de base producidos por tratamiento químico o con tierras tienen un contenido en metales inferior a 1 ppm.

El tratamiento que se puede dar a las tierras utilizadas y a los compuestos químicos resultantes del proceso es la incineración en hornos de cementeras.

Mediante tecnologías de destilación al vacío e hidrogenación

Aparte de las emisiones comunes que se dan en los procesos de manipulación de aceites, el tratamiento final del catalizador utilizado lo deben realizar empresas especializadas.

Dentro de este grupo se puede destacar la tecnología UOP DCH, en la que los efluentes generales tienen pocas repercusiones medioambientales. Los productos producidos son aceites de base, gas y aceite combustible sin la presencia de compuestos clorados y sulfurosos, agua con una baja demanda química de oxígeno y libre de sulfatos y organoclorados y un residuo pesado apto para las mezclas asfálticas.

1.6.5 Otras aplicaciones

Utilización en refinerías

La aplicación en refinerías consiste en el reciclaje de aceite usado incorporándolo a los procesos de refinado para obtener aceites de base vírgenes que se llevan a cabo en las refinerías.

Esta posible aplicación se ha estudiado en plantas piloto de Francia. Mediante un adecuado pretratamiento para eliminar agua e hidrocarburos ligeros y reducir el contenido en organoclorados, la aplicación puede ser ambientalmente correcta. Todos los metales se encapsulan con asfalto, reduciendo considerablemente los lixiviados.

Aún así, se generan problemas de corrosión en las plantas de tratamiento, hecho que de momento condiciona la viabilidad de estas aplicaciones.

1.7 Aspectos económicos

En cuanto a la viabilidad económica del sector de aprovechamiento y reciclaje de aceites usados, hay que diferenciar entre la recogida y transporte de los aceites y sus posibles aplicaciones según distintas tecnologías.

En general, la experiencia muestra que la recogida y transporte de aceites usados resulta poco rentable económicamente. Se debe tener en cuenta que la producción se caracteriza por estar muy diseminada y con bajos volúmenes a recoger. Para que la recogida y transporte sean eficientes¹, debe existir un sistema de ayudas, subvenciones o reducción de impuestos, ya sea de forma directa o indirecta, que ayuden a equilibrar las cuentas de explotación de las compañías que se dedican a la recogida y transporte. Para el posterior tratamiento de los aceites usados, es importante su separación en función de las calidades, lo que implica un mayor coste añadido al sistema de recogida.

Por lo que se refiere a la viabilidad económica en cuanto a las plantas de refino que utilizan tecnologías de aprovechamiento y reciclaje de los aceites usados, se deben tener en cuenta aspectos relacionados con los ingresos por venta de productos y costes que la obtención de estos productos conlleva².

En cuanto a los ingresos por venta de productos procedentes de plantas de tratamiento, hay que comentar que éstos pueden variar de forma significativa en función de varios condicionantes, entre ellos, el precio del petróleo

Así, por ejemplo, si el precio del crudo es alto, el precio del aceite usado también puede aumentar, ya que las industrias que utilizan el aceite para producción de calor están dispuestas a pagar más por dicho aceite. Este aumento de precio conlleva que las industrias que se dedican al reciclaje/re-refino de aceite usado también tengan que pagar más para su aplicación como materia prima, lo que conlleva el consiguiente aumento de costes de las materias primas.

Por otro lado, y en la misma situación de precio del crudo alto, los aceites de base producidos según las tecnologías anteriormente mencionadas, pueden aumentar su valor por el hecho de que los aceites de base de primer refino tendrán precios mayores.

¹ Aunque no se puede generalizar y por tanto debe estudiarse cada caso en particular

² Las plantas de tratamiento de aceites usados tampoco rentables, en general, con lo que las aportaciones mediante subvenciones, reducciones de impuestos, etc., se consideran necesarias

En sentido inverso, cuando el precio del crudo es bajo, la viabilidad económica se ve altamente comprometida por el hecho de que se sigue dando el aprovechamiento para producción de calor, a un menor coste, y en el caso de aplicar los aceites usados para la producción de aceites de base re-refinados, el precio de las bases de re-refino es bajo al entrar en competencia con las bases de primer refino.

El precio de venta de los aceites usados sin tratar, así como el de los aceites usados una vez sometidos a tratamiento, se ve influenciado por los siguientes aspectos:

- Demanda de industrias cementeras.
- Demanda de las plantas de re-refino y otros tratamientos.
- Calidad del aceite recolectado y demanda para cada calidad.
- El precio de los demás combustibles.

Por lo que respecta a costes, con carácter meramente orientativo, se pueden dar las siguientes cifras para el tratamiento de los aceites usados³:

- Coste de recogida y transporte: entre 24 y 48 €/Tm.
- Coste de separación de agua y sedimentos: entre 18 y 70 €/Tm.
- Costes para la obtención de combustible de alta calidad: entre 85 y 150 €/Tm.
- Costes de re-refino para obtención de aceite de base: entre 108 y 168 €/Tm.

De lo manifestado anteriormente se desprende que la viabilidad económica del sector depende mucho de las condiciones del mercado, aunque incluso en condiciones favorables dicha viabilidad resulta compleja. Por este motivo, a nivel de los distintos países se procede mediante ayudas y subvenciones para estimular el desarrollo del sector.

³ Cabe destacar que los costes que se cifran son aproximados y pueden variar significativamente en función de cada contexto.

1.8 Casos prácticos de aprovechamiento de aceites usados

Se describen a continuación algunos casos prácticos en cuanto a la recogida y transporte, aplicación tecnológica y aprovechamiento de aceites usados.

1.8.1 Catalana de Tractament d'Olis Residuals, S.A. (CATOR)

Introducción

La empresa CATOR es el fruto de la sensibilidad de la Generalitat de Catalunya en cuestiones relacionadas con el medio ambiente. Así, se planteó la reducción en origen y la regeneración como mejor opción para el tratamiento de aceites usados, desestimando otras opciones como puede ser la incineración.

La planta de tratamiento de CATOR, situada en Alcover (Tarragona), es una planta compacta, de alta eficiencia, no generadora de nuevos residuos y que cumple la normativa más exigente en materia de medio ambiente. La capacidad de tratamiento es de 30.000 Tm/año, pudiendo llegar a las 42.500 Tm/año.

Proceso de regeneración

La tecnología utilizada, Proceso de Regeneración Vaxon, es un sistema integrado para reciclar el aceite usado y transformarlo en aceite de base, de calidad igual a los aceites de base de primer refino, para la fabricación de lubricantes de todo tipo.

El proceso de regeneración Vaxon está especialmente diseñado para refinar aceites usados, tanto de automoción como industriales. Se utilizan evaporadores ciclónicos, separadores de vacío, con un sistema de circulación de aceite y calefacción especialmente diseñados. Las plantas de estas características pueden ser de dimensiones más pequeñas y se pueden diseñar de manera mucho más compacta que las refinerías tradicionales.

Hay que considerar también, dentro de este proceso, el tratamiento final de los diferentes destilados procedentes de los evaporadores. Los evaporadores extraen metales, carbón,

cenizas, sedimentos y agua de los destilados. El tratamiento final químico corrige el cloro, color, acidez y compuestos oxidantes, obteniendo un aceite de base lubricante de características iguales o superiores a las de un aceite de primer refino.

Este proceso es sumamente respetuoso con el medio ambiente. Todos los compuestos que forman parte de los aceites usados se separan y se reutilizan, algunos de ellos en el mismo proceso y el resto valorizados en el mercado.

En esencia, el proceso llevado a cabo en CATOR consiste en:

1. Destilación fraccionada al vacío: en esta fase se consigue la separación total de todos los componentes presentes en los aceites usados. Esta parte del proceso se desarrolla en cuatro módulos de destilación que trabajan en condiciones de temperatura y vacío diferentes.

A. El módulo trabaja a 200°C y 0,5 bars de presión. En esta primera destilación se separa el agua, hidrocarburos ligeros (tipo gasolina) que posteriormente son utilizados como combustible para la propia planta. Las aguas se derivan a una Estación Depuradora de Aguas Residuales especialmente diseñada para el tratamiento de aguas con altas Demandas Químicas de Oxígeno. Las aguas obtenidas de la EDAR son aptas para ser utilizadas en los servicios generales de la refinería y también en los circuitos de refrigeración. En ningún caso se dan vertidos al exterior.

B. El aceite que no ha destilado el primer módulo pasa al segundo, el cual trabaja a temperatura de 280°C y presión de 75 mbars. En esta fase se obtienen gasóleo ligero y aceites tipo spindle que se derivan a los tanques de almacenaje correspondiente.

C. En esta fase se trabaja a 310°C y la presión se baja hasta 15mbars. Aquí se trata el producto que no se ha destilado en la fase anterior. En este módulo se obtienen aceites de base equivalentes a los que en el mercado se conocen como SN 100 y SN 150 (SN son disolventes neutrales de naturaleza parafínica), que se envían a los tanques de almacenaje correspondientes.

D. Lo que no se ha destilado en los módulos anteriores llega a esta fase, en la que se trabaja a una temperatura de 350°C y a una presión de 5-10 mbars. Se obtienen aceites de base equivalentes a SN 150 y SN 330 que se envían a los depósitos de almacenaje. Los compuestos no destilados son productos de naturaleza bituminosa, contienen polímeros y metales pesados procedentes de los aditivos y desgaste de los motores y máquinas que los han utilizado. Los análisis de lixiviación realizados demuestran que se trata de productos perfectamente fijados a los substratos utilizados. Estos productos de naturaleza bituminosa se ubican en los tanques correspondientes.

2. Tratamiento químico: los diferentes productos obtenidos, limpios de suciedad y metales, se tratan de manera individual en un reactor a temperatura y con una disolución de hidróxido potásico para volver a limpiar el aceite. A continuación se separan las aguas potásicas y se seca.
3. Destilado al vacío: el aceite seco se somete a una última destilación a 340°C y un vacío de 10 mbars. Esta destilación permite definir exactamente el producto, y obtener una calidad como mínimo igual, y en algunos casos superior a las de los aceites de primer refin.

Todos los aceites obtenidos en este proceso son aptos tanto para la fabricación de aceites de motor como para lubricantes industriales.

A continuación, y a nivel de esquema, se refleja el proceso.

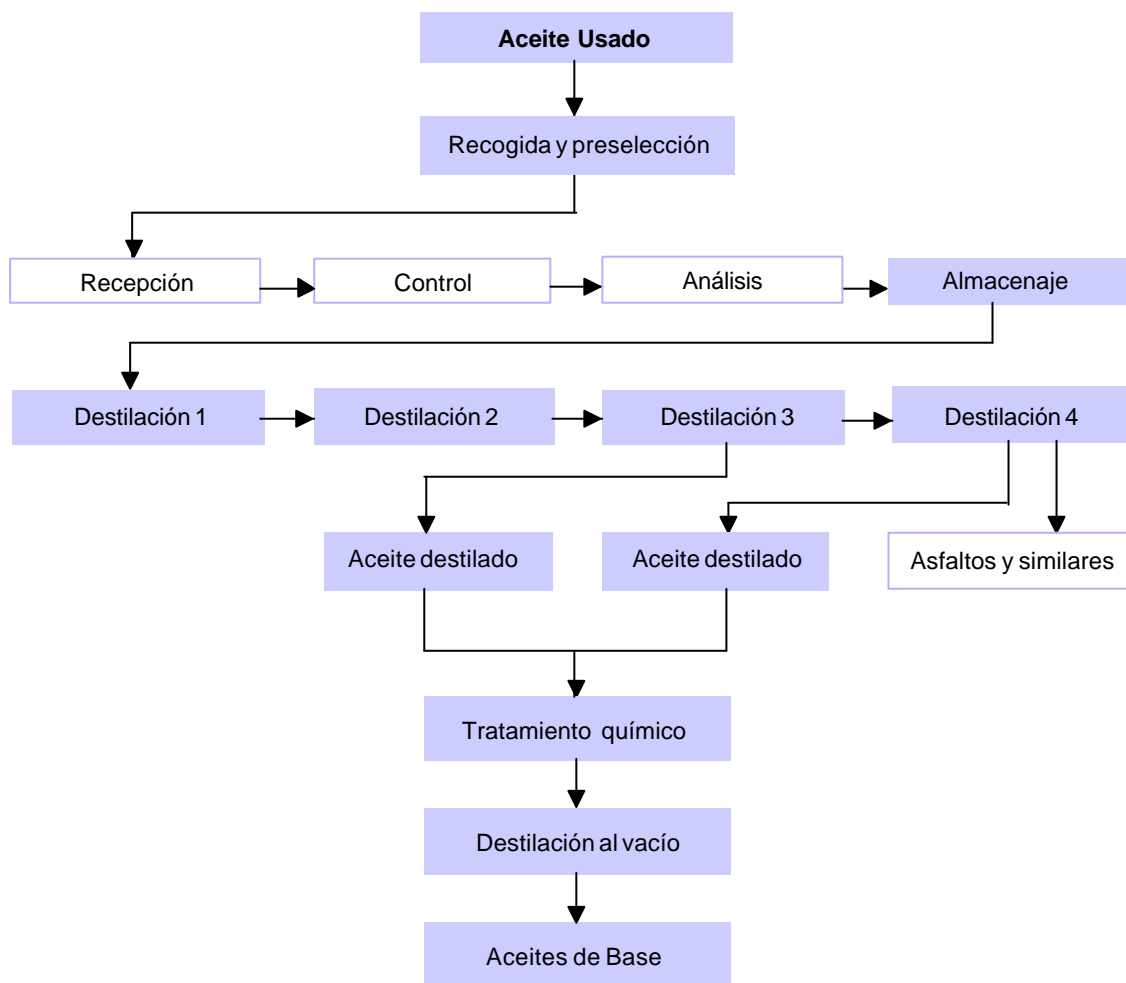


Figura 14. Diagrama de proceso de Cator

Aspectos ambientales del proceso

Todo el proceso se inicia después de un control intensivo y exhaustivo de todas las recogidas de aceite usado que se realizan.

Este proceso permite el tratamiento de aceites con un contenido en PCB inferior a 50 ppm y un contenido en cloro inferior a 2.000 ppm según la normativa vigente en Cataluña.

En la planta de tratamiento CATOR no se contempla la posibilidad de vertidos al exterior. Se trata de una planta de residuo cero, en la que incluidas las aguas pluviales susceptibles de estar contaminadas, se tratan en la propia estación depuradora de aguas residuales.

Los gases procedentes de las bombas de vacío, compuestos mayoritariamente por hidrocarburos no condensables se dirigen a un purificador donde se limpian y se inyectan como combustible. No hay antorcha externa.

Los hidrocarburos ligeros generados durante el proceso y utilizados como combustible en la misma planta, reciben el mismo tratamiento que los aceites de base para garantizar los límites de emisiones permitidos.

Los gases de los tanques de almacenaje reciben un tratamiento con filtros de carbono activo.

Las aguas potásicas procedentes del tratamiento químico se neutralizan y las sales potásicas obtenidas se utilizan como fertilizante.

Valorización de los productos obtenidos

En la planta de tratamiento de CATOR se obtienen aceites de base mineral, betunes asfálticos, hidrocarburos ligeros, aguas y sales potásicas. Las diferentes aplicaciones de cada uno de estos productos son las siguientes:

Productos valorizables	Cantidad	Aplicación
Aceites de base mineral	50%-60% del aceite usado	Fabricación de lubricantes industriales y de motor
Betunes asfálticos	17%-20% del aceite usado	Telas impermeabilizantes y asfaltos para carreteras
Hidrocarburos ligeros	12%-13% del aceite usado	Combustible de uso propio
Aguas de proceso	7%-15% del aceite usado	EDAR - refrigeración planta
Sales potásicas	5% del aceite usado	Fertilizantes

Tabla 7. Productos obtenidos en el proceso de Cator

Dentro de la aplicación de los aceites de base para la fabricación de lubricantes industriales y de motor, la empresa CATOR ha llevado a cabo el proyecto ECOROIL. Este proyecto se ha desarrollado conjuntamente con la empresa F.L. Iberia (del grupo Magneti Marelli, fabricante de lubricantes, líder en aceites de motor) e Infineum (líder mundial en la producción y desarrollo de aditivos).

El proyecto ECOROIL, consistente en la fabricación de aceites para motor (el 100% del aceite) a partir de aceites re-refinados, ha conseguido que los productos obtenidos, los aceites REGENOIL de Cator, superen los análisis para obtener las homologaciones ACEA europeas y API americanas. Hay que destacar que las homologaciones API también han obtenido otros aceites re-refinados, mientras que las ACEA, mucho más restrictivas, son más difíciles de conseguir.

1.8.2 Proceso Aureca

Introducción

El proceso AURECA es un sistema de aprovechamiento del aceite usado desarrollado y patentado en 1992 por la empresa Befesa Medio Ambiente, S.A. El proceso se desarrolló conjuntamente con la Cátedra de Tecnologías Químicas Especiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid y la experimentación se llevó a cabo en una planta piloto de Huelva. Actualmente la planta de Huelva tiene una capacidad de producción eléctrica de 9 MW, también hay dos plantas en funcionamiento en Madrid y Cartagena, de 10 MW cada una, y otra de 8 MW en Valencia.

El proceso consiste en la transformación de aceite usado en un carburante para ser utilizado en motores diesel, el cual alimenta un generador y elimina los riesgos de emisión de metales pesados por medio de tratamiento físico-químico.

Descripción del proceso

El proceso Aureca consta básicamente de tres fases.

1. La primera fase tiene como objetivo el reciclado del aceite usado, eliminando agua, sedimentos y todos los contaminantes, en especial metales, que son nocivos para el medio ambiente y para la posterior utilización en un motor diesel. En esta fase se recogen los aceites usados, se analizan y clasifican. El aceite se somete a un tratamiento físico-químico, en condiciones de presión y temperatura suministrada por los gases de escape. En esencia el proceso consiste en aportación de diferentes compuestos que reaccionan con los elementos contaminantes del aceite y posteriormente se precipitan. La eliminación del agua y de los precipitados se realiza por medio de decantaciones y centrifugados.

En esta fase se obtienen tres tipos de compuestos:

- A. Aceite para ser utilizado como carburante en un motor.
 - B. Fase acuosa, que se trata o se envía a una estación autorizada de tratamiento.
 - C. Lodos procedentes de los precipitados obtenidos que se envían a una planta autorizada para su gestión.
2. La segunda fase consiste en la utilización del aceite reciclado como combustible en un motor diesel adaptado a un generador eléctrico. El aceite tiene que reunir unas condiciones que no dañen el motor en que se utilizará.
 3. En la tercera fase se aprovecha el calor generado en el motor diesel para producir vapor y se depuran los gases de la combustión. Los humos de escape de la combustión al motor se envían a un intercambiador, generando vapor de agua a una presión entre 2 y 5 bars. El agua caliente y el vapor generados se utilizan para el reciclaje de aceites. La depuración de los gases de combustión se lleva a cabo por medio del lavado con agentes alcalinos como el hidróxido sódico o cálcico, eliminando los óxidos de azufre, de nitrógeno, ácido clorhídrico y otras impurezas contaminantes, hasta conseguir un gas que respete la normativa de emisiones en la atmósfera.

1.8.3 Proceso Ecolube

El proceso Ecolube es un proceso de re-refino basado en la tecnología Interline. En esencia, se trata de una tecnología de extracción con disolvente propano y la posterior destilación al vacío para la obtención de aceites de base.

El proceso consta de dos unidades básicas que se describen a continuación:

1. La primera unidad conlleva la extracción mediante disolvente, propano líquido, que se mezcla con el aceite usado y extrae selectivamente y con alto rendimiento los componentes fundamentales del aceite. Se separan el agua y los componentes asfálticos. El propano y el aceite se separan por destilación. El propano se reincorpora al proceso y el aceite entra en la segunda unidad.

2. En ésta segunda unidad el aceite se somete a una destilación al vacío, en la que se purifican los aceites base extraídos, separándolos del gasóleo combustible y de hidrocarburos pesados que se mezclan con los componentes asfálticos producidos en la primera fase.

El rendimiento del proceso es de un 80% (aceites de base recuperados), y el proceso no genera residuos tóxicos ni peligrosos.

Asimismo, el proceso trabaja a temperatura ambiente, de manera que la emulsión aceite-agua se rompe sin aporte de temperatura, y por tanto tampoco se requieren aditivos desemulsionantes que contaminen el agua extraída. Los compuestos asfálticos obtenidos contienen, de forma inerte, metales y otros compuestos contaminantes, de manera que pueden ser aplicados para fabricación de derivados asfálticos.

1.9 **Propuestas y conclusiones**

Las conclusiones relacionadas a continuación son de carácter general y no se pueden aplicar por igual a todos los países, dadas las particulares circunstancias de cada uno de ellos.

Sin embargo, se considera interesante reflexionar sobre la situación general, para que de esta manera, los países que se encuentran en las fases iniciales en cuanto a la regulación de los aceites usados, puedan aprovechar las experiencias de los países con mas bagaje para desarrollar convenientemente estas industrias o actividades.

Las conclusiones se detallan a continuación:

- De la cantidad total de aceite usado que se podría recoger y tratar según las tecnologías anteriormente mencionadas, actualmente se recoge alrededor del 50 – 60%, lo que significa que el resto, entre un 40 - 50%, se elimina incontroladamente en vertederos o por vertido incontrolado en la red de saneamiento.
- En el ámbito de la Comunidad Europea, la legislación en cuanto a recogida y tratamiento de los aceites usados es clara, en el sentido de promover la minimización en origen (reprocesado) y el re-refino del aceite usado. Corresponde a cada uno de los Estados la aplicación de una política rigurosa para cumplir con la Normativa actual.

Según los datos disponibles actualmente, el destino final de los aceites usados es como sigue:

- Combustión directa: 32%
- Re-refino a aceites de base: 32%
- Aplicación como combustible industrial: 25%
- Reprocesado en el mismo proceso: 11%

Por tanto, menos del 50% del aceite usado (el correspondiente a re-refino de aceites de base y el reprocesado en el mismo proceso) se destina a actuaciones que conlleven menos corriente residual hacia el medio ambiente.

- En referencia a los países no englobados en el grupo de los que siguen la normativa europea, no se dispone de datos sobre el destino final que tienen los aceites usados. Sin embargo, se cree que la tendencia tiene que ser la misma que la reflejada anteriormente, es decir, proliferación de vertidos incontrolados y aplicaciones en combustión principalmente.
- Es importante la existencia de un organismo oficial que de un servicio de coordinación y seguimiento del conjunto de actuaciones a llevar a cabo, si es posible, estableciendo relaciones directas con las empresas responsables de la recogida y transporte, dado que los orígenes productores están muy diseminados y pueden llevar a cabo actuaciones inadecuadas.
- Para la optimización de los procesos de tratamiento posteriores, es importante la calidad del aceite. El servicio de recogida y transporte debe estar organizado según las tipologías de los aceites, consiguiendo así una mejora en la calidad del aceite usado a tratar.
- Los aceites usados no separados según calidades sólo tienen valor como combustible, siendo éste valor bajo. Cuando se queman, pueden provocar contaminación atmosférica por sus compuestos nocivos.
- También se debe considerar el hecho de que las tecnologías y procesos comentados anteriormente pueden ser viables económicamente o no según factores externos ya apuntados anteriormente. La incorporación de la recogida y transporte de los aceites usados compromete en gran medida la viabilidad económica del proceso en su conjunto. Por tanto, por el momento, resultan indispensables las ayudas al sector para que la actividad resulte atractiva para el tejido industrial de los distintos países.
- Asimismo, la vertebración de un subsector dedicado al tratamiento de los aceites usados, requiere la existencia de infraestructuras logísticas modernas, sea por vía férrea o por carretera, ya que uno de los inconvenientes mayores viene dado por el hecho de contar con muchos orígenes de producción y que normalmente producen poca cantidad.
- Las tecnologías para el aprovechamiento de los aceites minerales usados son:
 - Re-refino, incorporando hidrogenación, y con tratamiento severo para reducir a niveles aceptables el contenido de hidrocarburos policíclicos aromáticos.
 - Tecnologías para devolver los subproductos a refinerías como mezclas de aceites combustibles con bajo contenido en sulfuros.
 - Tecnologías que permiten aplicar los subproductos como combustibles en plantas de fabricación de asfalto, siempre que se respeten los niveles de emisiones de cloro.

- Incineración directa en cementeras.
- Re-refino con tecnologías de ácido / tierras.
- Tecnologías con aplicación de subproductos como betunes asfálticos, con alto riesgo de contaminación de suelo y atmósfera.

De todas ellas, las más recomendables son las que permiten la regeneración del aceite para su aplicación como aceite de base (tecnologías de re-refino), aunque debe considerarse que algunas de las tecnologías de re-refino (por ejemplo, la de ácido / tierras), utilizan procesos que generan corrientes residuales que por sus características deben ser tratados adecuadamente.

- Los aceites de base obtenidos a partir de tecnologías modernas consiguen los niveles de calidad que exige el mercado, siendo competitivos si se comparan con los aceites de base vírgenes, de manera que hay una tendencia creciente en cuanto a su utilización en motores⁴.
- Los aceites de base obtenidos con tecnologías que conllevan la reducción de hidrocarburos aromáticos policíclicos a niveles aceptables tienen los mismos efectos sobre la salud que los aceites de base vírgenes.
- La utilización de aceites de base de re-refino conlleva una reducción de la cantidad de aceites de base vírgenes a producir, y por tanto las necesidades de petróleo también son menores. Existen estudios que indican que el consumo energético en la producción de aceites de base vírgenes es tres veces superior a las necesidades requeridas para obtener la misma cantidad de aceites de base re-refinados.
- En cuanto al re-refino, cuatro litros de aceite de motor re-refinado producen la misma cantidad de aceite lubricante que 168 litros de crudo.

⁴ Este es el caso Daimler-Benz y de Volkswagen, que utilizan aceites fabricados a partir de aceites de re-refino.

CAPÍTULO 2
ACEITES VEGETALES

1.1 Introducción

Los aceites vegetales usados, son aquellos que han servido como materia prima en los procesos de cocción en restaurantes, comedores colectivos, freidoras, caterings, industrias alimenticios, etc.

La falta de una legislación específica para los aceites procedentes de usos alimenticios, junto con el hecho de que la población en general produce los aceites vegetales usados, provoca que la mayor parte de éstos vayan a parar a la red de cloacas los cuales provocan problemas en el proceso de depuración al que se someten las aguas residuales urbanas.

La mezcla de aceite y agua forma una película de naturaleza impermeable que impide la entrada de oxígeno, lo que provoca la muerte, por asfixia, de los microorganismos que depuran las aguas residuales. En consecuencia, el rendimiento de las instalaciones depuradoras es menor, ya que se necesita más tiempo y mucha más energía para terminar de sanear la mancha oleosa.

Es por esto, que surge la necesidad de plantear un sistema de recogida selectiva y de un tratamiento específico para estos aceites, con la intención de obtener nuevos productos que sean utilizados como materias primas en la elaboración de piensos, pinturas, detergentes, humectantes, tensoactivos, bio-combustibles, y al mismo tiempo minimizar los vertidos incontrolados de éstos.

Así pues, el interés en la recogida y tratamiento de los aceites vegetales usados radica en los siguientes puntos:

- **Protección del medio ambiente:**
 - Mejora el poder de depuración de los sistemas de saneamiento.
 - Disminuye la producción de residuos en las plantas depuradoras.

- Disminuye los vertidos de grasas al medio natural.
- Mejora el funcionamiento de las balsas de aireación.
- **Economía financiera de la red saneamiento de la colectividad:**
 - Funcionamiento de la red.
 - Funcionamiento de la planta depuradora.

En la actualidad, las empresas que están aprovechando en mayor cantidad los aceites de alimentación reciclados, son las que se dedican a la fabricación de piensos para animales y las que se dedican a la síntesis de ésteres, para ser utilizados como bio-carburantes, para la obtención de aromas, etc.

En cuanto al proceso de degradación de los aceites vegetales usados, se debe decir que la calidad de un aceite comestible se evalúa según el grado de acidez, la estabilidad, la concentración de peróxidos y la composición en ácidos grasos.

Durante el proceso de fritura se da un aumento de los compuestos polares, así como la concentración en peróxidos y ácidos grasos libres, comportando la disminución de la estabilidad del producto y aumentando el grado de acidez. Por el contrario, no se da variación en cuanto a la composición en ácidos grasos.

Los procesos o tecnologías de regeneración de aceites vegetales usados que pretendan su posterior aplicación en alimentación animal, deben orientar sus esfuerzos en la línea de obtener aceites regenerados con las siguientes características:

- Contenido en partes polares: 5-15%
- Estabilidad: comparable a la de un aceite comestible.
- Acidez: inferior al 5% (para aceites refinados inferior al 1%)
- Concentración en peróxidos: inferior a 1 meqO₂/kg.

2.2 Logística de recogida

La logística de recogida de los aceites vegetales usados, está condicionada por los entes generadores de éstos, ya que la mayor cantidad producida proviene de los centros de restauración, restaurantes tradicionales, hoteles, centros de comida rápida, cocinas industriales, mientras que en los restaurantes colectivos la producción es menor debido a que en algunos de ellos, hospitales, residencias, etc., los menús son más restrictivos debido a las personas que normalmente albergan estos centros. Por otro lado, los aceites vegetales usados, que provienen del uso doméstico son, en cantidad, inferiores a los que provienen de los grandes centros de restauración. Al mismo tiempo, la calidad de los aceites usados variará en función del tipo de centro del que provenga.

En cuanto a la logística, el proceso de recogida se divide en dos etapas:

- Recogida y almacenamiento por parte de los centros que han utilizado el aceite vegetal durante su actividad.
- Recogida y transporte de éstos hasta las empresas encargadas de tratarlos.

Aunque en algunos países existen normas que obligan a los establecimientos de restauración a renovar los aceites vegetales usados, de forma generalizada se puede decir que no hay regulación sobre la gestión que se debe dar a estos aceites, aunque empiezan a aparecer iniciativas en este sentido.

Por norma general, los aceites vegetales usados se depositan en recipientes metálicos o de plástico, dotados de tapadera para evitar su contaminación por otras partículas o compuestos.

Uno de los factores que tienen vital importancia en el proceso de recogida, es la separación que se hace de los aceites usados, ya que así se contribuye a facilitar las tareas en el proceso de reciclaje y al mismo tiempo los productos que se obtienen son de mayor calidad.

Las empresas que se dedican a la recogida deben ser reconocidas por las administraciones, que deben otorgar las autorizaciones pertinentes para desarrollar esta actividad.

En los países que existe un sistema de autorización, estas empresas suelen firmar unos contratos con los establecimientos que generan estos subproductos, en los cuales es el propio establecimiento el que se compromete hasta el momento de la entrega, tanto de los residuos como de los envases facilitados para el almacenamiento de los mismos. Estos envases no se

utilizarán más que para el almacenamiento de los aceites y grasas vegetales procedentes de la elaboración de productos alimenticios. Al mismo tiempo, adquieren el compromiso de mantenerlos cerrados y evitar al máximo posible que puedan mezclarse otros residuos.

Una vez que los aceites usados se han recogido y se han llevado al centro de tratamiento, previo al vaciado, se realiza una preselección en virtud de las características físico-químicas (color, acidez y peróxidos). Se consideran como productos de mayor calidad los que cumplen los siguientes requisitos:

- Color < 37 FAC
- Índice de acidez < 10 °
- Índice de peróxidos < 15 meq/Kg

Posterior a estas comprobaciones, los aceites se someten al proceso de tratamiento.

2.3 Tratamiento previo de los aceites vegetales usados

El proceso de tratamiento previo de los aceites vegetales usados, implica la recuperación de éstos, a través de la recogida en los establecimientos donde se generan y posteriormente trasladarlos a los centros de tratamiento.

Esta recuperación permite que:

- El 60 % de los aceites obtenidos en el proceso de reciclaje, se destinen a la producción de piensos. Este porcentaje representa a los aceites recuperados de mayor calidad.
- El 40 % restante será utilizado en otros procesos industriales, tales como, obtención de bio-carburantes, tensoactivos, pinturas, etc. Este porcentaje, representa a los aceites recuperados de inferior calidad.

El proceso de tratamiento, básicamente, consiste en:

- **Filtración:** para la eliminaran los materiales más gruesos, seguida de un posterior tratamiento con agua caliente para terminar de clarificar el aceite a tratar.

- **Decantación y filtración:** los aceites y las grasas recogidas se separan del agua y del resto de las impurezas, son bombeados y posteriormente se realiza una segunda filtración, seguida de otra decantación. En cada una de las decantaciones se van separando los aceites que se obtienen, los cuales cada vez son de mayor pureza.
- **Purificación:** El aceite más sucio, se hará circular por un reactor a temperatura, que al mismo tiempo estará sometido a una agitación continuada que permitirá evaporar el agua que pueda quedar mezclada con el aceite. Esta agua se eliminará a través de un condensador.

El diagrama del proceso se detalla a continuación.

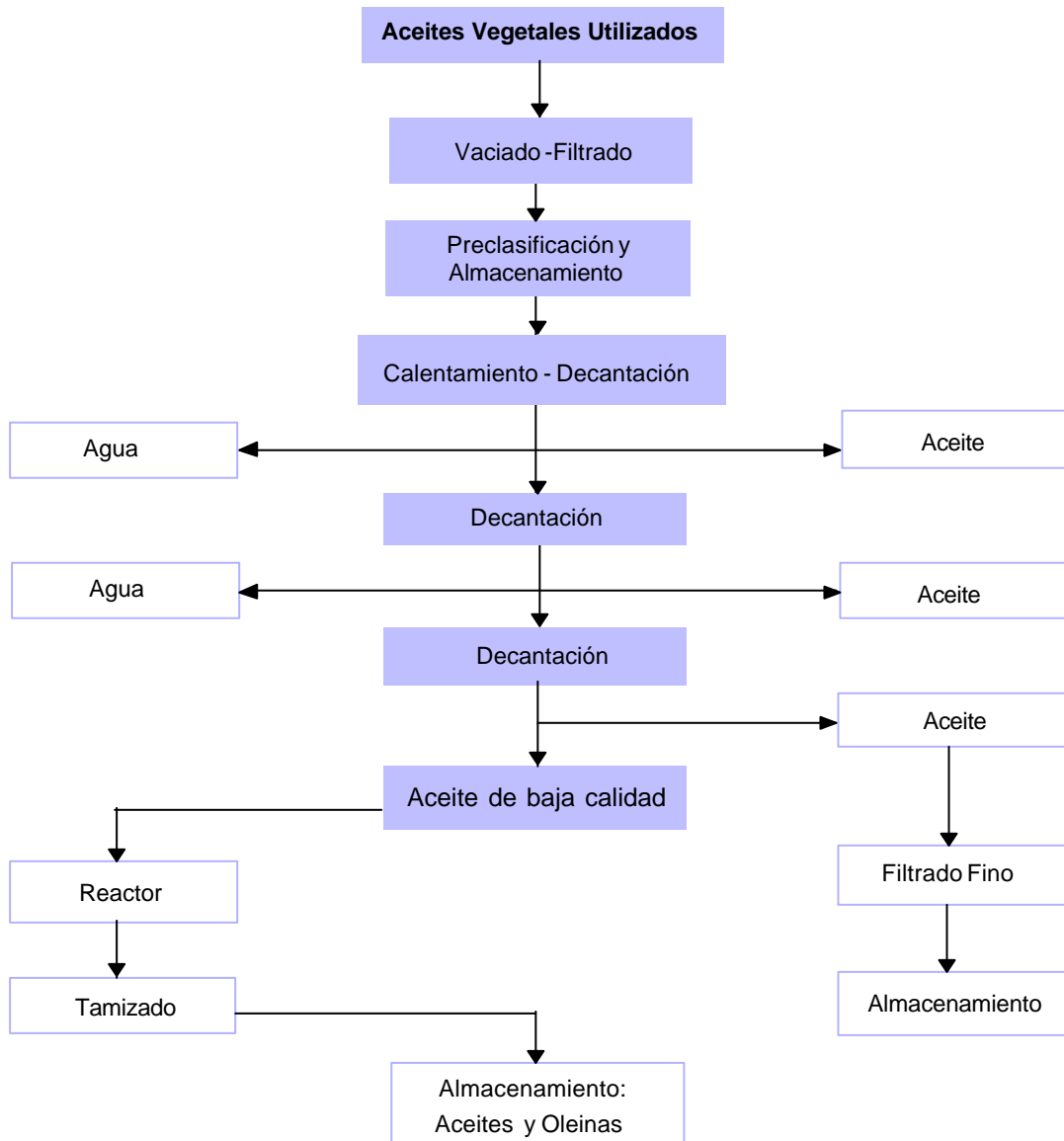


Figura 15. Diagrama del tratamiento previo de aceites vegetales usados

2.4 Posibilidades de aprovechamiento de los aceites vegetales reciclados

Las posibilidades de aprovechamiento de los aceites vegetales reciclados están encaminadas en la obtención de productos utilizados en el campo industrial, con el fin de minimizar el gasto de alguno de los recursos naturales, de los que disponemos.

2.4.1 Aplicación en la producción de piensos animales⁵

Los aceites sometidos al tratamiento previo anteriormente comentado (punto 2.3) ya se utilizan en alimentación animal, sin embargo, el proceso que se describe a continuación permite tratar grandes cantidades de aceite vegetal usado, produciendo un aceite con un aprovechamiento superior para su incorporación en alimentación animal. Se trata de un proceso que está en fase de experimentación y que se ha probado en planta piloto.

En el proceso se generan dos fracciones como se detallan a continuación:

- Una fracción (que corresponde al 70% del aceite usado) cumple con las especificaciones correspondientes a aceites para alimentación humana.
- El resto, un 30%, corresponde al residuo resultante del proceso, apto para su utilización como combustible.

El proceso permite la recuperación de la parte de aceite que, después de utilizado, no ha tenido procesos de transformación. Se trata de la fracción compuesta por triglicéridos y compuestos insaponificables y la separación se lleva a término a temperaturas entre 40 – 60 °C, utilizando como disolvente el anhídrido carbónico. El hecho de que el proceso se desarrolle a bajas temperaturas, evita que se produzcan reacciones químicas que comporten la formación de nuevos compuestos químicos.

Para el control del producto entrante en el proceso y del producto saliente del proceso, se llevan a término análisis químicos que permiten la caracterización del aceite. Estas determinaciones analíticas permiten conocer la composición del aceite y, por tanto, saber si existen contaminaciones procedentes de la mezcla de otros aceites.

⁵ En el momento de publicación de este estudio, no se ha desarrollado normativa que limite la utilización de aceites usados para la fabricación de piensos animales. Aún así, este estudio se presentan otras oportunidades de aprovechamiento de los aceites usados que no suponen su introducción en la cadena alimentaria (ver apartados 2.4.2 y 2.4.3.).

Como aspectos positivos del método de refinado de aceites vegetales usados mediante la utilización de anhídrido carbónico cabe destacar:

- Eliminación de los compuestos polares responsables de la toxicidad de los aceites vegetales usados.
- Reducción de la posible contaminación de aceites vegetales usados mediante aceites minerales usados.

De las experiencias llevadas a término hasta el momento, se pueden obtener los resultados manifestados en la siguiente tabla:

	Acidez ¹	Peróxidos ²	% partes polares ³
Aceite Usado	16	0,2	25,7
Aceite regenerado	0,5-0,7	0,1	10-13
Aceite no utilizado	< 0,2	0,1	7 – 15
Valores limite para calidad alimentaria	0,1-2	0,1	25 - 27
¹ Acidez % de ácidos grasos libres. ² Peróxidos en mego2/Kg. ³ % partes polares en masa			

Tabla 8. Resultados obtenidos

2.4.2 Aplicación para la obtención de biodiésel

La obtención de biodiésel a partir de aceites vegetales usados es una aplicación emergente que se está desarrollando rápidamente y con la que se están realizando diversas pruebas piloto en varios países, paralelamente a la obtención y expansión del biodiésel a partir del cultivo de plantas oleaginosas.

El proceso de tratamiento de los aceites vegetales usados para la aplicación como biodiésel se basa en un conjunto de reacciones químicas que se detallan a continuación.

El esquema general es el siguiente:

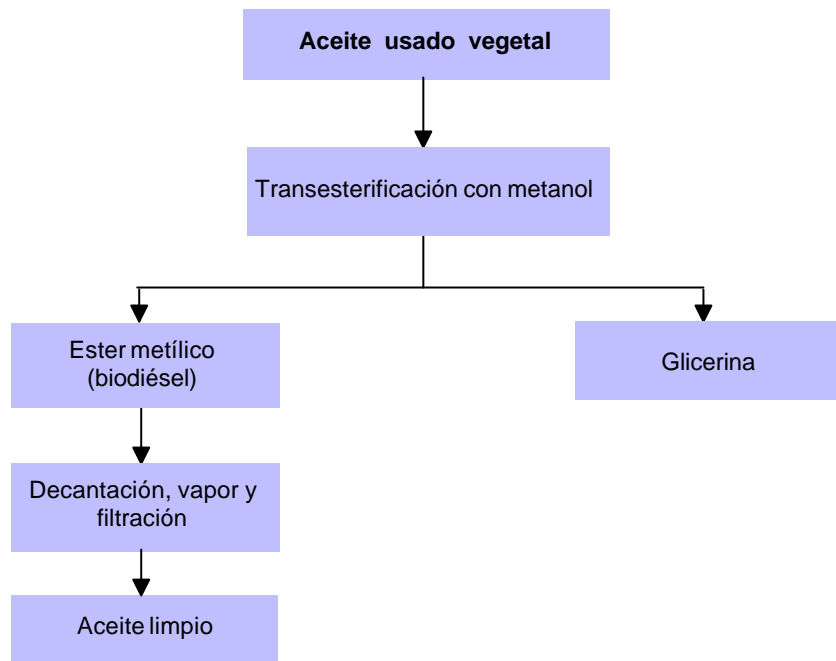
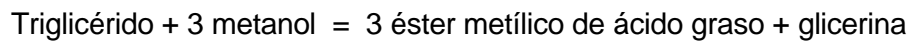


Figura 16. Esquema general para la obtención de biodiésel

El proceso químico que debe darse para la aplicación de los aceites usados vegetales como biodiésel es la transesterificación, consistente en la transformación, mediante catalizador (metanol) del aceite o grasa, liberándose los ésteres metílicos de los ácidos grasos y glicerina.

La reacción química elemental es el siguiente:



La reacción que tiene lugar se puede dividir en las siguientes fases:

- Los triglicéridos que forman los ácidos constituyentes de los aceites se transforman en ésteres metílicos (biodiésel), obteniéndose como subproductos una mezcla de glicéridos.
- Una vez separados biodiésel y glicérido, por decantación, se retira de ambos el metanol residual mediante tratamiento con vapor.
- El último paso consiste en separar un residuo insoluble de biodiésel mediante filtración, para conseguir un producto limpio y homogéneo.

La reacción se produce en medio alcalino y a baja temperatura, entre 20 y 50 °C. Los procesos con estas características se pueden dar en continuo o en discontinuo y como catalizadores alcalinos se pueden utilizar hidróxido sódico, potásico o metilato sódico. Normalmente la transesterificación se da en dos etapas y el lavado posterior también en dos etapas.

En los procesos continuos la glicerina se separa mediante decantadores. En los procesos en discontinuo se utilizan depósitos de sedimentación. La fase de glicerina fuertemente ácida se separa mediante tratamiento ácido, con ácido sulfúrico, acético o fosfórico.

Glicerina alcalina + ac. sulfúrico = glicerina + ac. graso + sulfato potásico

Las tres fases se separan mediante decantador y la glicerina se reneutraliza y evapora. El poco homogénea.

ácido graso obtenido se puede someter a esterificación para optimizar el rendimiento del proceso.

2.4.3 Otras aplicaciones

En los apartados anteriores se han comentado las aplicaciones de los aceites vegetales usados para la obtención de biodiésel y para la producción de piensos animales. Estas dos aplicaciones son las dos que mayoritariamente se dan.

No obstante, en el marco del Salón Internacional Oleícola celebrado en Reus (España) el pasado mes de mayo, y en la ponencia desarrollada por el Sr. Dominique Helaine, representante de la asociación interprofesional europea que agrupa las asociaciones nacionales de sociedades de recogida y/o tratamiento de los aceites para la alimentación animal (ERPA), se reflejaron otros canales que permitían la valorización de los aceites vegetales usados una vez se habían sometido a los tratamientos adecuados para obtener un producto final estable y con una composición tipificada.

Los posibles aprovechamientos que se citaron son los siguientes:

- Aplicación en la fabricación de lubricantes industriales: principalmente en acerías.
- Aplicación en la fabricación de tensoactivos: para la producción de jabones y detergentes.
- Aplicación en combustión directa o en mezcla: aprovechando el poder calorífico del aceite siempre que sea superior a 8.500 kcal/kg.

En resumen, las principales aplicaciones son las que se han explicado en los apartados 2.4.1 Aplicación en la producción de piensos animales y 2.4.2 Aplicación para la obtención de biodiésel. Las tres aplicaciones definidas en este apartado se dan en caso de excedentes y no se pueden considerar como aplicaciones ampliamente utilizadas.

2.5 Aspectos económicos

En relación a los aspectos económicos del sector de los aceites usados vegetales debe decirse que están estrechamente relacionados con la estructura del sector.

Se trata de un sector poco estructurado, en la mayoría de países no existe un marco legal que regule las actividades de los agentes implicados, de manera que los tratamientos que se dan son muy variables y, por tanto, la calidad de los productos resultantes es, en muchos casos, Además, debe añadirse que, en ocasiones, y fruto de la ausencia de una reglamentación específica, los tratamientos que se aplican a los aceites vegetales usados requieren poca inversión en equipos y tecnología, de manera que el sector de los recuperadores puede estar ocupado por empresas de pequeño tamaño, que aparecen y desaparecen del sector con suma facilidad, y que destinan pocos recursos para mejorar la calidad del proceso y del producto final para su uso en otras aplicaciones.

2.6 Propuestas y conclusiones

En cuanto a las características generales del sector de tratamiento y reciclaje de aceites vegetales usados se deben destacar los siguientes aspectos:

- Según la información recibida y para la mayoría de países del arco mediterráneo, existe un vacío legal respecto al tratamiento, reciclaje y aplicación de los aceites vegetales usados.
- Este vacío legal conlleva que, excepto algunas excepciones, las empresas que se dedican a este subsector (mayoritariamente reciclaje para aplicación en alimentación animal) estén técnicamente poco preparadas, por lo que podrían producir, en la mayoría de las ocasiones, productos de mejor calidad para la aplicación a que se destinan.

⁶ ERPA: Asociación europea que agrupa las a sociaciones nacionales de recogida y/o tratamiento de los aceites para la alimentación reciclados. Algunas asociaciones nacionales, aunque no pertenezcan todas ellas a la región mediterránea, son la Grofor (Alemania), Brevo (Bélgica), covhar (Francia), entre otras.

- La ausencia de legislación, hace que no exista uniformidad de criterio entre los distintos países en cuanto a la caracterización de los parámetros que deben definir la calidad o no del aceite vegetal usado. Así, por ejemplo, mientras en algunos países se admite un contenido en componentes polares del 25%, en otros la cantidad máxima admitida es del 10%.
- El hecho de que haya una ausencia de normas que regulen el sector, no existiendo marcos de actuación para los transportistas y gestores de aceites vegetales usados, conlleva a que se trate de un sector poco transparente, siendo difícil contabilizar las cantidades recogidas y tratadas, los productos obtenidos, las aplicaciones que se dan, etc.
- Existen asociaciones o federaciones⁶ que aglutinan y tienen en cuenta los intereses de las entidades que se dedican a este sector de actividad. Sin embargo, se trata de asociaciones relativamente jóvenes, con un largo camino por recorrer en el sector que nos ocupa.
- En la misma línea, la elaboración de leyes que regulen el sector deberán contemplar el hecho, al igual que sucede con los aceites minerales usados, de que los centros generadores de aceite vegetal usado se encuentran altamente atomizados, y con producciones normalmente bajas, con lo que parece obligado ayudar económicamente a las empresas responsables de la recogida y transporte a fin de sufragar los gastos que ello comporta.

Respecto a la aplicación de los aceites vegetales usados en la producción de biodiésel, se pueden destacar los siguientes puntos:

- Se trata de una fuente de energía alternativa, renovable y ecológica, de características semejantes a las del gasoil, pero con unas emanaciones más respetuosas con el medio ambiente.
- Los biodiésel preparados a partir de aceites vegetales usados, tienen unas características físico-químicas muy parecidas a los obtenidos a través de aceites vegetales frescos (colza, soja, girasol, etc.).
- Es posible su aplicación como combustibles para motores diesel. Su utilización como combustible en motores diesel y en cualquier otro uso, ya sea en estado puro o mezclado con gasoil, no requiere grandes cambios en los motores, ni les comporta ningún tipo de perjuicio.
- Cabe la posibilidad de la aplicación de estos productos como aditivos a los gasóleos de automoción, con la finalidad de aumentar su número de cetano.

- Contienen mucho menos azufre que el gasóleo, cantidades prácticamente despreciables, por lo cual apenas se producen óxidos de azufre en su combustión y por lo tanto son menos agresivos y respetuosos con el medio ambiente.
- Tienen una elevada temperatura de inflamación y combustión.
- La prácticamente nula corrosión al cobre de estos productos, supone un trato adecuado de los motores de combustión interna y calderas.

Con carácter general, se debe tener en cuenta que, hasta ahora, el destino final de los productos resultantes del tratamiento y reciclaje de los aceites vegetales usados es la alimentación animal, y en menor medida, aunque se detecta que en los últimos años se han realizado esfuerzos importantes en este sentido, la aplicación como biodiésel.

Por éste motivo, se considera indispensable la regulación legal del sector, a fin de acotar las posibles aplicaciones de los aceites vegetales según sus características, mas teniendo en cuenta que la salud humana se puede ver seriamente afectada por actuaciones irregulares de los gestores de dichos aceites, al ser incorporados en la cadena alimenticia vía alimentación animal.

Así mismo, y a partir de la información obtenida, parece necesaria la realización de estudios que permitan caracterizar y tener un mayor conocimiento del sector, para posteriormente proceder a definir el marco legal en el que se debe desarrollar dicha actividad⁷.

⁷ En este sentido, la Comunidad Europea ha puesto en marcha una iniciativa con el objetivo de conocer la bibliografía existente en la actualidad respecto al tema de los aceites usados vegetales.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Ponencias e Informes técnicos

- C. Kajdas. Modern waste oil recycling technologies. An overview. Plock, Polonia
- Carlos Alberto Fernandez. Biodiesel en España: experiencias y perspectivas. Salón Internacional Oleícola de Reus, 5 de mayo del 2000.
- Catalana de Tractament d'Olis Residuals, S.A. Catálogo de presentación. Marzo 1999.
- Concawe-GEIR. Collection and disposal of used lubricating oils. Bruselas, 1997.
- Coopers and Lybrand. Economics of Waste Oils Regeneration. The Hague, 1997.
- Dieter Bockey. Desarrollo del mercado actual del Biodiesel. Marketing y garantía de calidad. Salón Internacional Oleícola de Reus, 5 de mayo del 2000.
- Dominique Helaine. Aceites para la alimentación usados. Salón Internacional Oleícola de Reus, 5 de mayo del 2000.
- Helmut Hoffman. Biodiesel en autobuses de línea. Salón Internacional Oleícola de Reus, 5 de mayo del 2000.
- Joan Josep Escobar. Experiencias en la utilización de biodiesel en Catalunya. Salón Internacional Oleícola de Reus, 5 de mayo del 2000.
- R.T. Oil. Catálogo de presentación.
- Ralf Trück. La tecnología del Biodiesel en el año 2000. (Informe resumido para la conferencia en Reus/España). Salón Internacional Oleícola de Reus, 5 de mayo del 2000.

Revistas técnicas

- Ingeniería Química. La regeneración de aceites usados: un proceso viable. Enero 1996.
- Intecurbe nº61. José Mª Torres. Proyecto Ecoroil: tratamiento de aceites usados. 1999
- Residuos nº21. Aprovechamiento energético de aceites usados.
- Residuos nº24. Mª Encarnación Rodríguez Hurtado. Análisis medioambiental del ciclo de vida de aceites lubricantes de automoción: definición del objetivo.
- Residuos nº44. Perspectivas de los biodiesel preparados a partir de aceites vegetales usados, en base a sus propiedades fisicoquímicas.
- Residuos nº47. Befesa medio ambiente. La gestión de los aceites usados en España, el proceso Aureca.
- Residuos nº48. Juan José Pérez Rambla. La problemática de los vehículos fuera de uso.
- Residuos nº49. Josep Mª Torres. El re-refinamiento como solución sostenible para el aceite usado: proyecto ecoroil.
- Residuos nº7. Ignacio Quintana (IHOBE). Gestión de aceites usados.
- Subproductes. El biodiesel, el primer combustible a partir d'oli vegetal, ja s'obté al País Basc. Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Barcelona, junio 1996.
- Subproductes. L'oli industrial ecològic comença a caminar. Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Barcelona, 1999.
- Subproductes. Sogeoil, una planta mòbil per a la regeneració d'olis industrials. Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Barcelona, diciembre 1994.
- Subproductes. Una empresa catalana recicla olis vegetals per ser aprofitats en la fabricació de cosmètics. Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Barcelona, abril 1995.

Internet

- www.biodiesel.com
- www.cbuc.es
- www.coou.it
- www.dep.state.pa.us
- www.eco2.ch
- www.biodiesel.com
- www.cbuc.es
- www.coou.it
- www.dep.state.pa.us
- www.eco2.ch
- www.ecoindustria.com
- www.gencat.es/mediamb/cdma
- www.griffinind.com
- www.jtbaker.com
- www.junres.es
- www.sfrscca.com
- www.uclm.es

A N E X O S

ANEXO I

Consultas Realizadas

ANEXO I

Consultas realizadas : Entidades y Organismos consultados

A continuación se pone de manifiesto las distintas personas con quién se ha contactado para la elaboración del estudio.

País	Contacto	Teléfono	Fax	e-mail
Albania	Mr. Maksim Deliana Ms. Tatiana Kotobelli	0035 54 230 682	0035 54 265 229	cep@cep.tirana.al
Argelia	Ms. Assia Bechari Ms. Lynda Bouchaoui	0021 32 692 837	0021 32 588 974	
Bosnia & Herzegovina	Mr. Tarik Kupusovic	0038 771 533 438	0038 771 207 949	lhgf@utic.net.ba
Croacia	Mr. Marijan Host	0038 516 176 736	0038 516 176 734	
Chipre	Mr. Nikos Georghiades Mr. Costas Papastavros	0035 723 038 83	0035 727 749 45	rocperiv@cytanet.com.cy
Egipto	Prof. Ahmed Hamza	0020 252 595 42	0020 252 564 90	a_hamza@hotmail.com
Eslovenia	Mr. Borut Grzinic	0038 661 783 311	0038 611 331 031	
España	Sr. Manuel Matesanz	0034 915 975 798	0034 915 975 857	
Francia	Mme. Lydie Ougier Mr. Didier Gabarda	0033 241 204 120 0033 493 957 933	0033 241 872 350	didier.gabarda-oliva@ademe.fr
Grecia	Ms. St. Kollanou	0030 186 442 63	0030 186 636 93	waste@min.env.gr
Israel	Ms. Miriam Haran Mr. Ilam Nissin	0097 226 553 801	0097 226 553 817	miriamh@environment.gov.il
Italia	Sr. Umberto Biasin Sr. Ernesto Besozzi	0039 065 969 32 07 0039 027 946 89	0039 065 413 432 0039 011314 9550	segretaria@coou.it
Líbano	Mme. Olfat Handame	0096 145 222 22	0096 145 245 55	o.hamdam@moe.gov.lb
Libia	Mr. Ibrahim Elmehrik	0021821 444 84 52	0021 821333 8098	epalibya@hotmail.com
Malta	Mr. Anton Pizzuto	0035 631 34 16	0035 634 48 79	Pizzuto@waldo.net.mt
Mónaco	Mr. Gomez	0037 793 158 153		
Marruecos	Mme. Amel El M'Ssari	0021 276 815 00	0021 277 737 92	propem@iam.net.ma
Siria	Ms. Abir Zeno	0096311 444 76 08	0096 311 4412577	
Túnez	Mme. Amel Benzarti	0021 617 720 14	0021 617 722 55	dg@citent.nat.tn
Turquía	Mr. Akin Geveci	0090 262 64123 00	0090 262 6412309	gaveci@mam.gov.tr
UE	Mr. Alesandro Curatolo	0032 229 903 40	0032 229 695 57	

En Catalunya, los organismos y entidades consultadas son las siguientes:

Organismo	Contacto	Teléfono	Fax	e-mail
Junta de Residus	Sr. Jordi Macarro	0034 93 451 41 53		
Junta de Residus	Sr. Enric Elias	0034 93 567 33 00	0034 93 567 32 94	elias@junres.es
Cámara de Comercio de Barcelona	Sr. Xavier Elias	0034 93 217 44 55		
Ecolube	Sr. Eduardo Albertos	0034 91 642 45 87		
Cator	Sr. Josep M ^º Torres	0034 93 488 24 67		
Promic S. A.	Sr. Cassany	0034 93 850 27 27	0034 93 850 23 42	promic@promic.com
Serveis Mediambientales de Catalunya S. L.	Sr. Caballero	0034 97 752 10 11		oleinas@infonegocio.com
Compalsa S.A.	Sr. Borrás	0034 97 731 47 07	0034 97 734 45 08	compalsa@readysoft.es
Copiral S.L.		0034 97 339 06 04		copiral@alehop.com
Hijos de Canuto Vila	Sr. Joan vila	0034 93 489 39 00	0034 93 849 86 59	hdcv@grupvila.com

RÁN

IA

**Centro de Actividades Regionales
para la Producción Limpia (CAR/PL)**

París, 184, 3a planta - 08036 Barcelona (España)
Tel.: +34 93 415 11 12 - Fax: +34 93 237 02 86
E-mail: cleanpro@cema-sa.org
<http://www.cema-sa.org>