

DISEÑO DE MÉTODOS RÁPIDOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS

Jorge Loayza P. y Marina Silva M.

Facultad de Química e Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

Los aceites lubricantes usados son residuos de post consumo que requieren una gestión integral, para ello es necesario que los operadores tengan un conjunto de métodos sencillos, rápidos, económicos y confiables que les permitan caracterizar los aceites usados para su posterior reaprovechamiento. Los métodos que se presentan son: contenido de agua, (en forma cualitativa y en forma cuantitativa), densidad y determinación del estado de los aditivos (dispersante) o «spot test».

Palabras clave: Gestión ambiental, gestión de residuos, aceite lubricante usado, caracterización, reaprovechamiento.

ABSTRACT

The used lubricating oils are wastes of post consumption that require an integral management, for which is necessary that the operators have a set of simple, fast, economic and reliable methods that allow them to characterize oils used for their later advantage. The methods that appear are: water content, (in qualitative form and quantitative form), density and determination of the state of additives (dispersing) or «spot test».

Keywords: Environmental management, management of wastes, used lubricating oil, testing (characterization).

INTRODUCCIÓN

Los aceites lubricantes usados (aceites usados), luego de su generación, están siendo utilizados como combustibles, en forma indiscriminada y sin ningún tipo de tratamiento; tanto por la pequeña como por la mediana industria nacional (talleres de fundición, empresas metal mecánicas, ladrilleras, etc.), debido a sus bajos precios comparados con el de los combustibles industriales, siendo esta práctica la causa de problemas asociados con la contaminación del aire. Por otro lado, parte del aceite usado es dispuesto al ambiente en forma inconveniente, contaminando el agua y el suelo, ocasionando efec-

tos graves tanto para la salud como para los ecosistemas naturales.

El aceite usado se puede destinar para la obtención de aceite base, vía re-refinación por el método clásico ácido-arcilla^[1] o por extracción con propano líquido^[2,3]. Este tipo de residuo, para ser utilizado como combustible, debe someterse a un tratamiento físico con la finalidad de obtener un combustible alternativo para hornos que operan a elevadas temperaturas (Temperatura mínima $T = 1200$ °C) y tiempos de residencia de 2 segundos (mínimo); o un tratamiento físico-químico para obtener un combustible para hornos que operan a no tan altas

temperaturas (Temperatura mínima = 850 °C) y tiempos de residencia de 2 segundos (mínimo); además de contar con sistemas de control de la contaminación, integrados a los procesos^[4].

De un análisis preliminar del manejo de los aceites usados por parte de las empresas dedicadas a su reprocesamiento (operadores), se ha comprobado que existe una deficiencia de métodos sencillos, rápidos, económicos y confiables, que permitan a los operadores caracterizar esta materia prima «secundaria» y lograr un reaprovechamiento adecuado o elaborar un combustible alternativo. En el presente documento se presentan cuatro métodos sencillos de caracterización que pueden ser implementados por los operadores y adecuados al tipo de aceite con los que comúnmente trabajan, además se presentan procesos normalizados a nivel nacional y procesos en desarrollo para que puedan ser aplicados por los interesados. Éstos son: contenido de agua (en forma cualitativa y cuantitativa) y densidad y determinación del estado del dispersante (también conocido como «spot test»).

En la actualidad los operadores de aceite usado no realizan ninguna de estas pruebas. Como parte de la investigación realizada se ha diseñado y construido un prototipo para la determinación cualitativa del contenido de agua en el aceite, el cual podrá ser perfeccionado para su aplicación futura por parte de los operadores.

ANTECEDENTES

A partir del año 2000, a nivel nacional se encuentra trabajando el Subcomité Gestión de Residuos, que forma parte del Comité Técnico de Normalización de Gestión Ambiental de INDECOPI, que conjuntamente con CONAM han elaborado una serie de normas técnicas peruanas para el manejo ambientalmente adecuado de residuos de post consumo. Hasta la fecha se ha trabajado una familia de cinco normas para la gestión ambiental de aceites usados.

Las Normas Técnicas Peruanas aprobadas son las siguientes:

- **NTP 900.050** (2001). Gestión Ambiental. Manejo de aceites usados. Generalidades.
- **NTP 900.051** (2001). Gestión Ambiental. Manejo de aceites usados. Recolección y almacenamiento.
- **NTP 900.052** (2002). Gestión Ambiental. Manejo de aceites usados. Transporte.
- **NTP 900.053** (2003). Gestión Ambiental. Manejo de aceites usados. Re refinación.
- **NTP 900.054** (2004). Gestión Ambiental. Aprovechamiento energético previo tratamiento.

Es importante destacar que una norma técnica se basa en descubrimientos consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, y que, en caso de abordar aspectos tecnológicos, éstos deben ser reconocidos por una mayoría de expertos representativos que reflejen el estado actual de la técnica.

Como ejemplo de lo planteado, en una norma se tiene que seleccionar la mejor alternativa de aprovechamiento de acuerdo a las características del aceite usado. Así, aceite que exceda las 50 ppm de PCBs (**Bifenilos Poli Clorados**) se considera no apto para su valorización (o reaprovechamiento), por lo tanto, requiere ser destruido, y esto se podrá realizar mediante una incineración controlada, con o sin recuperación de calor; en caso contrario, es decir, cuando sus niveles de PCBs sean menores de 50 ppm, se les puede destinar a la obtención de aceite base vía re-refinación por el método clásico ácido-arcilla o como combustible alternativo^[5].

Por su poder calorífico inferior, el aceite usado se constituye en uno de los residuos de consumo con mayor potencial para ser utilizado como combustible alternativo, siendo requisito indispensable que dicho aceite haya sido previamente tratado con el fin de liberarlo de aquellos componentes que lo hacen un residuo peligroso y potencialmente contaminante.

Es por ello, que es importante dedicar esfuerzos a la investigación en las diferentes alternativas para el reaprovechamiento de los aceites usados, lo que permitirá una regeneración adecuada o la elaboración de un com-

bustible alternativo (u homologado), que permita mejorar la calidad ambiental de nuestras ciudades, favorecer el establecimiento de industrias que utilicen este residuo como materia prima «secundaria» y generar fuentes de trabajo, mediante la creación de empresas que utilicen este tipo de residuo como materia prima.

Pero existe un requisito que es importante cumplir, el cual está relacionado con la determinación de las propiedades características del aceite usado, cabe anotar que no existen referencias en la literatura especializada de métodos rápidos y sencillos que permitan a los operadores caracterizar estos aceites antes de entrar a la re-refinación o al proceso de elaboración de combustibles alternativos; se tienen métodos utilizados por las empresas que formulan aceites lubricantes y que ofrecen el servicio de análisis de aceites usados a sus clientes, como una forma de controlar el desgaste de los motores de las unidades que operan^[6].

A nivel internacional se pueden citar el trabajo de A. Gonzáles Marrero, P. Rivero Rodríguez, E. Gómez García y F. Díaz Rodríguez sobre el «Aprovechamiento energético de los lubricantes usados»^[7].

A nivel nacional Jorge Chávez Blancas realizó el diagnóstico titulado «Situación del manejo de aceites usados provenientes de hidrocarburos en el Perú» para INDECOPI-CONAM en octubre del año 2000^[8].

METODOLOGÍA UTILIZADA

1. Obtención de muestras de aceites usados de diferente procedencia, de aproximadamente 1 L en recipientes de polietileno o polipropileno de primer uso.
2. Determinar el contenido de agua por dos métodos (chisporroteo –cualitativo– y destilación con solventes –cuantitativo–), de la densidad y del contenido de aditivos-dispersantes («spot test» –cualitativo–) del aceite usado recolectado.
3. Sistematizar los métodos revisados y elaborar una guía para la caracterización del aceite usado.

GUÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE USADO

Determinación cualitativa del contenido de agua.

Objetivo

Determinar cualitativamente la presencia de agua en el aceite usado.

Materiales y equipos

- Pipeta: 10 mL.
- Plancha de calentamiento.
- Muestra: aceite usado homogeneizado.
- Equipos de protección personal: guantes de nitrilo (color verde), lentes de seguridad, mascarilla y mandil de laboratorio.

Procedimiento

Mediante una pipeta se vierte una gota de aceite usado (sin ningún tipo de tratamiento) sobre la plancha inclinada, que previamente se ha calentado hasta aproximadamente 200 °C.

Se realiza el análisis del chisporroteo observado.

Análisis de los resultados

Dependiendo de la intensidad del chisporroteo se puede detectar la presencia de agua en el aceite usado.

De la determinación cuantitativa se puede obtener el criterio de comparación.

Aplicaciones de la prueba

Permite conocer en forma rápida el contenido de agua de la muestra.

Ayuda a identificar la adulteración del aceite.

Facilita la clasificación del aceite usado para su posterior tratamiento.

Observaciones

Es un método económico y relativamente rápido (menos de cinco minutos).

Es un ensayo que puede ser realizado directamente en el campo, por el personal que recibe el aceite usado.

Manejo de los residuos

Se debe acondicionar un recipiente rotulado RESIDUOS SÓLIDOS IMPREGNADOS CON ACEITE USADO, provisto de una bolsa de color negro para depositar los residuos sólidos de las pruebas: papel de filtro, papeles toalla, guantes usados u otros materiales contaminados, éstos deben ser dispuestos por una EPS-RS (Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos, según la Ley N.º 27314 –Ley General de Residuos Sólidos–), ya que no son residuos municipales.

Los residuos de aceite usado deben colocarse en un recipiente rotulado con la denominación ACEITE USADO y debe ir a re-refinación o al tratamiento para su transformación en combustible alternativo.

DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DEL CONTENIDO DE AGUA

Objetivo

Determinar cuantitativamente el contenido de agua de una muestra de aceite usado.

Materiales y equipos

- Balón de destilación de 500 mL.
- Perlas de vidrio.
- Condensador.
- Recipiente graduado para recepción del agua.
- Probeta de 100 mL.
- Pipeta de 10 mL.
- Solvente: 200 mL de Xileno.
- Muestra: 100 mL de aceite usado homogeneizado.
- Equipos de protección personal: guantes de nitrilo (color verde), lentes de seguridad, mascarilla y mandil de laboratorio.

Procedimiento

Se vierten 200 mL de aceite y 100 mL de Xileno en el balón de destilación.

Se destila la muestra hasta recibir el agua condensada.

Se lee el volumen recolectado.

Análisis de los resultados

El porcentaje de agua presente en la muestra se obtiene leyendo directamente el volumen de agua separado.

Por ejemplo, si se obtiene 0,5 mL, esto significa que el porcentaje en volumen de agua es de 0,5%.

Aplicaciones de la prueba

Permite conocer la cantidad de agua presente en el aceite usado.

Facilita la clasificación del aceite usado para su tratamiento posterior.

Observaciones

Es un método económico y relativamente rápido (tiempo de la prueba aproximadamente 30 minutos).

Es una prueba que debe ser realizada en el laboratorio.

Manejo de los residuos

Se debe acondicionar un recipiente rotulado RESIDUOS SÓLIDOS IMPREGNADOS CON ACEITE USADO, provisto de una bolsa de color negro para depositar los residuos sólidos de las pruebas: papel de filtro, papeles toalla, guantes usados u otros materiales contaminados, éstos deben ser dispuestos por una EPS-RS (Empresa Prestadora de Residuos Sólidos, según la Ley N.º 27314 –Ley General de Residuos Sólidos–), ya que no son residuos municipales.

Los residuos de aceite usado deben colocarse en un recipiente rotulado con la denominación «aceite usado» y debe ir a re-refinación o al tratamiento para su transformación en combustible alternativo.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL ACEITE USADO

Objetivo

Determinar la densidad del aceite usado.

Materiales y equipos

- Probeta de 10 mL.
- Balanza de 200 g.
- Pipetas descartables.
- Muestra: aceite usado homogeneizado.
- Equipos de protección personal: guantes de nitrilo (color verde), lentes de seguridad, mascarilla y mandil de laboratorio.

Procedimiento

Se vierte una muestra de aceite usado homogeneizado en una probeta, previamente pesada de 10 mL.

Se pesa la probeta con la muestra de aceite usado.

Análisis de los resultados

Se calcula la densidad del aceite usado con la siguiente relación:

$$D = (w_1 - w_0) / v \text{ (g/mL)}.$$

Donde:

D = densidad del aceite usado.

w_0 = peso de la probeta (en g).

w_1 = peso de la probeta y la muestra de aceite usado (en g).

v = volumen de la muestra de aceite usado (en mL).

El operador con esta información puede tabular las densidades dependiendo de la procedencia del aceite usado.

Aplicaciones de la prueba

Permite conocer la densidad del aceite por el tipo de actividad.

Si la procedencia del aceite es la misma, la densidad podría correlacionarse con la viscosidad.

Observaciones

Es un método económico y relativamente rápido (aproximadamente 10 minutos por ensayo).

También se puede usar un densímetro, cuyo rango se determina del análisis de las densidades calculadas experimentalmente.

Manejo de los residuos

Se debe acondicionar un recipiente rotulado RESIDUOS SÓLIDOS IMPREGNADOS CON ACEITE USADO, provisto de una bolsa de color negro para depositar los residuos sólidos de las pruebas: papel de filtro, papeles toalla, guantes usados u otros materiales contaminados, éstos deben ser dispuestos por una EPS-RS (Empresa Prestadora de Residuos Sólidos, según la Ley N.º 27314 – Ley General de Residuos Sólidos–), ya que no son residuos municipales.

Los residuos de aceite usado deben colocarse en un recipiente rotulado con la denominación «aceite usado» y debe ir a re-refinación o al tratamiento para su transformación en combustible alternativo.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE DISPERSANTE (O «SPOT TEST»)

Objetivo

Determinar el estado del dispersante y el grado de contaminación del aceite usado.

Materiales y equipos

- Base de madera con orificios circulares de aproximadamente 2 pulgadas de diámetro.
- Papel de filtro: Whattman N.º 42.
- Pipeta: 10 mL.
- Muestra: aceite usado homogeneizado.
- Equipos de protección personal: guantes de nitrilo (color verde), lentes de seguridad, mascarilla y mandil de laboratorio.

Procedimiento

Mediante una pipeta se vierte una gota de aceite usado (sin ningún tipo de tratamiento) sobre el papel de filtro, teniendo cuidado de que quede en el centro del orificio circular de la base de madera.

Luego de un tiempo de seis (6) horas, se observan las características de la mancha.

Se realiza un análisis de las características de la mancha obtenida.

Análisis de los resultados

Una mancha uniforme indicará que el dispersante está presente en el aceite y no ha sufrido degradación debido al uso.

Una mancha con halos indicará que el dispersante se ha degradado.

Dependiendo de la intensidad de la mancha se puede hacer una graduación del color, en una escala arbitraria.

Aplicaciones de la prueba

Permite conocer el estado en que se encuentra uno de los aditivos más importantes, el dispersante.

Facilita la clasificación del aceite usado para su tratamiento posterior.

Dependiendo del tamaño de la base usada, se pueden analizar a la vez (simultáneamente) varias muestras.

Observaciones

Es un método económico y relativamente rápido; se están haciendo los ensayos respectivos para disminuir el tiempo en que se puedan dar resultados confiables.

Es un ensayo que puede ser realizado directamente en el campo, por el personal que recepciona el aceite usado.

Manejo de los residuos

Se debe acondicionar un recipiente rotulado RESIDUOS SÓLIDOS IMPREGNADOS CON ACEITE USADO, provisto de una bolsa de color negro para depositar los residuos sólidos de las pruebas: papel de filtro, papeles toalla, guantes usados u otros materiales contaminados, éstos deben ser dispuestos por una EPS-RS (Empresa Prestadora de Residuos Sólidos, según la Ley N.º 27314 –Ley General de Residuos Sólidos–), ya que no son residuos municipales.

Los residuos de aceite usado deben colocarse en un recipiente rotulado con la denominación «aceite usado» y debe ir a re-refinación o al tratamiento para su transformación en combustible alternativo.

CONCLUSIONES

1. La caracterización de los aceites usados es un requisito para el tratamiento posterior del aceite, tanto para obtener el aceite base como para su tratamiento para la preparación de un combustible alternativo.
2. Se han seleccionado cuatro pruebas iniciales para caracterizar los aceites usados: contenido de agua, (en forma cualitativa y en forma cuantitativa), densidad y la determinación del estado de los aditivos (dispersante) denominada «spot test», las cuales pueden ser utilizadas por los operadores de aceite, ya que en la actualidad los operadores de aceite usado no realizan estas pruebas.
3. Los aceites lubricantes usados contienen aceite base contaminado con las impurezas^[9] que resultan del funcionamiento del dispositivo que lubrican y de las condiciones de operación a las cuales han sido sometidos, por ello es importante difundir las alternativas tecnológicas que posibilitan la valorización de un residuo de post consumo como lo es el aceite usado. Esto puede ser realizado mediante la re-refinación, por un método tradicional denominado ácido-arcilla y por el tratamiento para la obtención de un combustible alternativo que requiere condiciones de operación controladas para evitar la contaminación ambiental durante la combustión, a este proceso se le denomina combustión controlada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Norma Técnica Peruana (NTP) 900.053. *Gestión Ambiental: Manejo de aceites usados. Re-refinación.* 2003.
- [2] Martín Pantoja J. L., Matías Moreno Pilar. «¿Qué se hace en España con los aceites usados?» *Revista Ingeniería Química.* Enero, 1995.
- [3] Martín Pantoja J. L. La recuperación de aceites usados en España. *Revista Ingeniería Química.* Abril, 2002.
- [4] Norma Técnica Peruana (NTP) 900.054. *Gestión Ambiental: Manejo de aceites usados. Aprovechamiento energético de*

- los aceites usados, previo tratamiento.* 2004.
- [5] Norma Técnica Peruana (NTP) 900.050. *Gestión Ambiental: Manejo de aceites usados. Generalidades.* 2001.
- [6] Mena Flor. *Mantenimiento preventivo a través del análisis del aceite usado. Análisis de los aceites usados bajo las normas ASTM.* Informe de Prácticas Pre Profesionales. Facultad de Química e Ingeniería Química. UQ 3054. Lima, 2001.
- [7] Gonzáles Marrero A. M., Rivero Rodríguez P., Gómez García E., Díaz Rodríguez F. *Aprovechamiento energético de los lubricantes usados.* *Revista Ingeniería Química.* Julio-Agosto, 1997.
- [8] Chávez Blancas Jorge. *Diagnóstico: Situación del manejo de aceites usados provenientes de hidrocarburos en el Perú.* INDECOPI-CONAM. Lima. Octubre, 2000.
- [9] CATERPILAR. CAT. *El aceite lubricante y su motor.* Folleto Informativo. 1995.
- [10] Loayza Jorge. Informe Técnico Final. Estudio de Investigación: «Diseño de métodos rápidos para determinar las características de aceites lubricantes usados y alternativas para su aprovechamiento». Código: 030701055. 2003.