

Estudio fisicoquímico en el sistema de calidad del combustible fuel oíl n°6 empleado en los motores SXD PIELSTICK para generación de energía en la central térmica Esmeraldas

**Physicochemical study in the quality system of fuel oil n°6 used in the SXD
pielstick engines for energy generation in the Esmeraldas thermal power plant**

Autor:

Tanya Mariajose Cárdenas Valencia



Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas

País: Ecuador

Correo electrónico institucional: tanya.cardenas.valencia@utelvt.edu.ec

Citación/cómo citar este artículo:

Cárdenas, T (2022). Estudio fisicoquímico en el sistema de calidad del combustible fuel oíl n°6 empleado en los motores SXD PIELSTICK para generación de energía en la central térmica Esmeraldas: Revista Social Fronteriza 2(4) pp 22 -46 DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.6799022>

Enviado: mayo 18, 2022

Aceptado: junio 29, 2022

Publicado julio 5, 2022



Resumen

El Fuel Oil se obtiene a partir de los residuos obtenidos en los procesos de refinación, mezclados con fracciones provenientes de la destilación atmosférica, destilación al vacío y componentes de craqueo catalítico. El objetivo principal del artículo es evaluar mediante un estudio físico-químico del Sistema de Calidad del combustible Fuel Oil N°6, para ello se realizó un estudio experimental en el laboratorio de control de calidad de la central térmica Esmeraldas. Se tomó cuatro muestras promedio cada mes de funcionamiento continuo de las unidades de generación, las cuales serán analizadas y sus resultados serán compilados en tablas Excel para determinar si cumplen con los valores permisibles. Luego del análisis de los resultados se determinó que no existe diferencias significativas en los valores establecidos en la norma NTE INEN 1983 determinando que las muestras del combustible fuel OIL N°6 analizadas cumplen con las normas establecidas, garantizando un producto de buena calidad.

Palabras clave

Fisicoquímico; combustible; generación; refinación

Abstract

Fuel Oil is obtained from the residues obtained in refining processes, mixed with fractions from atmospheric distillation, vacuum distillation and catalytic cracking components. The main objective of this article is to evaluate, through a physical-chemical study, the Fuel Oil No. 6 Fuel Quality System, for which an experimental study was carried out in the quality control laboratory of the Esmeraldas thermal power plant. Four average samples were taken each month of continuous operation of the generation units, which will be analyzed and their results will be compiled in Excel tables to determine if they meet the permissible values. After analyzing the results, it was determined that there are no significant differences in the values established in the NTE INEN 1983 standard, determining that the samples of fuel oil No. 6 analyzed comply with the established standards, guaranteeing a good quality product.

Keywords

Physicochemical; fuel; generation; refining.

Introducción

La Central Térmica Esmeraldas es una empresa de generación de energía que opera sobre la base de motores de combustión interna, trenes motrices y generadores. Como fuente de combustible, Termo Esmeraldas utiliza dos tipos de combustibles, el fuel oil N° 6 y el diésel oil como productos principales en el proceso productivo (Gallo, 2018).

El diésel se usa para arrancar, detener y arrancar las unidades y el diésel es para arrancar el motor para que comience a trabajar usando un sistema de aire comprimido para vencer la inercia y comenzar el ciclo de trabajo. Durante la operación inicial, los gases de combustión generan calor, que se utiliza para calentar el agua desmineralizada en la caldera de la unidad hasta obtener vapor a la presión y temperatura ideales, que puede calentar el aceite combustible (petróleo crudo residual) utilizando la potencia del motor. Después de calentar el sistema con el vapor generado por el escape y el motor alcanzando más de 3800 kW, se enciende la mezcla restante de petróleo crudo y diésel, por lo que la generación de energía comienza con un suministro con fugas. De modo que la caldera o la unidad de operación o disipación de calor se convierte en las unidades generadoras en la caldera se utilizan para producir vapor, y parte de este vapor se utiliza para calentar el resto de la tubería de petróleo crudo desde el tanque receptor hasta el tanque intermedio, y desde donde pasa al lavador y de allí al tanque de tratamiento. Desde este tanque de mantenimiento se dirige a las unidades de combustible (BOOSTER) y finalmente al motor de combustión interna (Romo, 2012).

Un motor es una máquina que genera energía quemando combustible en un volumen de aire previamente comprimido a alta presión mediante el movimiento de un pistón.

Por ser una máquina que produce potencia se le denomina motor, y debido a que la combustión se da internamente se le denomina motor de combustión interna (Romo, 2012).

Metodología

Los análisis físicos y químicos se realizaron en el Laboratorio de Energía Térmica Esmeraldas, Procedimientos experimentales:

Recogida de muestras

Primero: Utilizar recipientes tapados limpios y secos para evitar la contaminación y alteración de los resultados de la muestra a analizar; Segundo: los contenedores deben estar debidamente etiquetados para evitar cualquier confusión entre las muestras; Tercero: Limpie el exterior de la entrada de la muestra (punto de muestreo: salida del filtro automático - entrada del motor; Cuarto: Abra la válvula y deje que fluya un poco de aceite en el tanque; Quinto: Muestreo, sellado de contenedores, limpieza, muestreo y toma de muestras al laboratorio para los análisis pertinentes.

Análisis Físicoquímicos

Viscosidad cinemática

Equipos

- Viscosímetros
- Sujetadores de Viscosímetros
- Baño a Temperatura Controlada
- Control de Temperatura
- Dispositivo para la Medición de la Temperatura dentro del rango de 0 a 100° C
- Cronómetro

Reactivos y Materiales

- Ácido Crómico Solución de limpieza,
- solventes volátiles de petróleo o nafta, (solvente aromático como tolueno o xileno)

Procedimiento

- Caliente el recipiente original, en un Baño María, 60 $^{\circ}$ C durante una hora.
- Agite completamente la muestra con una varilla apropiada de longitud suficiente como para que llegue al fondo del recipiente. Continúe agitando hasta que no quede nada de suciedad o cera pegada a la varilla.
- Tape herméticamente el recipiente, y agitar vigorosamente durante 1 minuto para completar la mezcla.
- En muestras altamente parafínica o de combustibles con alta viscosidad cinemática, puede ser necesario incrementar la temperatura de calentamiento por encima de los 60 $^{\circ}$ C para realizar una mezcla adecuada. La muestra deberá ser lo suficientemente fluida como para facilitar su agitación y movimiento.

Vierta una cantidad suficiente de muestra para llenar los dos viscosímetros en un recipiente de vidrio de 100 ml con la tapa retirada

Sumerja durante 30 min. el matraz en el baño de agua hirviendo

- Retire el recipiente del baño, con la tapa cerrada herméticamente, y sacuda durante 60s.
- Cargue el viscosímetro. Si la muestra contiene partículas sólidas, realice el filtrado durante la carga a través de un filtro (75- μ m)
- Deje que el viscosímetro cargado siga en el baño por un tiempo suficiente para que alcance la temperatura de ensayo.
- Treinta minutos deben ser suficientes excepto para los productos con elevadas viscosidades cinemáticas.

•Luego, con la muestra fluyendo libremente, mida, en segundos, dentro de 0.1s, el tiempo requerido para que el menisco pase cronométricamente desde la primera marca a la segunda.

•De las dos medidas de tiempo de flujo, calcular dos valores determinados de la viscosidad cinemática.

• Si las dos determinaciones de viscosidad cinemática, calculada a partir de las mediciones de tiempo de flujo, concuerdan con las cantidades establecida para la determinabilidad según el producto, utilice el promedio de estas determinaciones para calcular el resultado de la viscosidad a ser reportada. Registre el resultado. Si las determinaciones de la viscosidad cinemática no concuerdan con la determinabilidad establecida, repita las mediciones de los tiempos de flujo después de una completa limpieza y secado de los viscosímetros y filtrado de la muestra (cuando sea requerido)(ASTM445, 2016).

Contenido de agua y sedimentos

Equipos

- ✓ Centrífuga
- ✓ Tubos de centrífuga:

Reactivos

- ✓ Tolueno
- ✓ desemulsionantes

Procedimiento

- Llene cada uno de los dos tubos de centrifugación hasta los 50 ml
- Usando una pipeta, agregue 50 ml de agua saturada solvente (tolueno).
- Tapar los tubos con fuerza y agitar vigorosamente hasta que los contenidos estén bien mezclados.

-Afloje los tapones en los tubos y sumerja los tubos para 10 min en el baño mantenido a $60 \pm 1^\circ\text{C}$ ($140 \pm 1.8^\circ\text{F}$).

-Apriete los tapones e invierta nuevamente los tubos para asegurar que el aceite y el solvente se mezclen uniformemente y se agiten.

-Coloque los tubos en las copas de muñones en los lados opuestos de la centrífuga para establecer un estado equilibrado.

-Girar durante 10 minutos

Inmediatamente después de que la centrífuga descanse siguiendo el giro (asegúrese de que los tubos se llevan inmediatamente a una posición vertical posición después de que la centrífuga se detiene porque los resultados pueden ser afectados si los tubos se apoyan en ángulo), lea y registre

Procedimiento con horno de resistencia

- Preparación de la muestra: pesaje en un bote de combustión la cantidad adecuada de muestra de acuerdo con la Tabla 2. Agregue $100 \pm 5 \text{ mg}$ de pentóxido de vanadio y cubrir completamente la mezcla. con Alundum.
- Combustión y titulación: coloque el barco en el lugar fresco Porción del tubo de combustión, cerca de la entrada. Para proceder Con la combustión, empujar el barco que contiene la muestra. progresivamente en la zona más caliente del tubo de combustión usando El equipamiento proporcionado por los fabricantes. El barco debe avanzar lo más rápidamente posible de acuerdo con la tasa de Evolución del SO_2 . Agregue la solución KIO_3 estándar apropiada (Tabla 2) al absorbedor para mantener el color azul. Si la solución absorbente se vuelve completamente incolora, deseche la determinación. Hacer KIO_3 adiciones como la tasa de evolución de El SO_2 disminuye de tal manera que, cuando se completa la combustión, la intensidad del color azul es la misma que la intensidad inicial. La combustión se completa cuando este color permanece durante al menos 1 min. Registre el volumen de solución KIO_3 requerido para valorar el SO_2 evolución.

- Determinación en blanco — Hacer una determinación en blanco siempre que un nuevo suministro de barcos de combustión, materiales, o Se utilizan reactivos. Siga el procedimiento anterior, pero omita la muestra.

% contenido de azufre	Peso de la muestra para ser tomado, mg	Normalidad de la norma Solución KIO_3 para la titulación
0 a 2	100 a 200	0,006238
2 a 5	101 a 200	0,01248
5 a 10	102 a 200	0,06238
más de 10	nota 2	nota 2

Calcule el azufre contenido de la muestra como sigue:

$$\text{Azufre masa\%} = (100 (V - V_b) \times F_s \times C) / W$$

Dónde:

V = solución estándar de KIO_3 , mL, utilizada en el análisis,

V_b = solución de KIO_3 estándar, ml, utilizada en la determinación del blanco,

F_s = factor de estandarización

C = equivalente de azufre de la solución de KIO_3 estándar utilizada en el análisis, mg / mL

W = miligramos de muestra utilizados en el análisis (ASTM1552, 2007).

Punto de Esgurrimiento

Equipos

- Tubos en U de vidrio
- Termómetros: termómetros que tienen un rango de -38 a $+50$ ° c
- Ensayo de temperatura de fluidez en baño
- Manómetro de mercurio
- Controlador de vacío automático

Procedimiento

- Verter la muestra cómo se recibió en el tubo en U de fluidez estándar limpio y seco, sin contacto con las paredes superiores del tubo, hasta la altura vertical de la muestra en el tubo en U
- Insertar en una pierna de cada tubo en U un termómetro en un corcho que ha sido ranurado para permitir el paso del aire. El termómetro debe colocarse en el centro del tubo y su bulbo sumergido
- Fije el tubo en el baño a la temperatura específica, sumergido a una profundidad de aproximadamente 75 mm. Controlar las temperaturas de baño y muestra dentro de 61° C y 60.5° C respectivamente,
- Mantener la muestra a la temperatura especificada para $30 \text{ min} \pm 30 \text{ s}$, con el tubo en U conectado a la automática controlador de vacío, y la llave de paso o pinza-pinza abierta enrolle la rosca en la polea unida al síncronomotor. Gire el interruptor de encendido a la posición ON.
- Aspire automáticamente al tubo en U a la velocidad prescrita.
- Observe cualquier movimiento de la muestra durante un minuto intervalo que es el tiempo requerido para aplicar 152 mm Hg aspirar a la muestra en el tubo en U.
- Desconectar de inmediato el tubo en U del controlador de vacío automático, apague el interruptor de encendido y rebobinado del hilo. Si el espécimen tiene movimiento 2 mm o más durante el tiempo (1 min) la succión fue aplicado, el espécimen se considera fluido a la temperatura de la prueba.
- Reportar la fluidez de la muestra a una determinada temperatura de la siguiente manera:

- Si la muestra cumple las condiciones de flujo, informe de fluidez: "Fluido a (temperatura de prueba) o fluidez a (temperatura de la prueba): "Pasar".
- Si la muestra no cumple las condiciones de flujo, informe la fluidez: "No es fluido a (temperatura de prueba) "o fluidez a (temperatura de prueba):" Falla"(ASTMD97, 2005).

Resultados y Discusión

El proceso de muestreo

El muestreo se realizó tomando tres muestras de Fuel oíl #6 en el tanque de almacenamiento JS-S13, tanque de sedimentación o diario JS-S17 y antes de entrar a los motores en el módulo de Booster o de combustible, al mes en funcionamiento continuo de las unidades de generación eléctrica.

Análisis de datos:

Tabla 1. Viscosidad cinemática

	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
Muestra	Resultado	Resultado	Módulo de Booster	Módulo de Booster
1	620,32	406,12	331,27	328,8
2	590,69	362,64	262,42	261,12
3	589	358	284,1	280,9
4	535,86	365,25	397,95	386,5
5	692,1	379,32	596,34	595,47
6	698,7	368,15	112,7	114
7	644,08	410,23	406,36	411,45
8	586,74	236,2	210,2	208,6

Tabla 2. Contenido de agua y sedimento

	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
Muestra	Resultado	Resultado	Módulo de Booster	Módulo de Booster
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	<0,1	<0,1
4	0	0	0	0-
5	0	0	0,1	0,1
6	0,27	0	0,17	0,12
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0

Tabla 3. Gravedad api

	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
Muestra	Resultado	Resultado	Módulo de Booster	Módulo de Booster
1	11,63	12,56	13,03	13,03
2	11,91	12,84	13,5	13,5
3	9	12,12	15,6	15,7
4	13,03	13,56	12	14,2
5	12,36	12,59	12,5	12,4
6	12,1	12,48	16,4	16,4

7	8,92	11,2	10,88	10,98
8	12,1	13,96	14,24	14,15

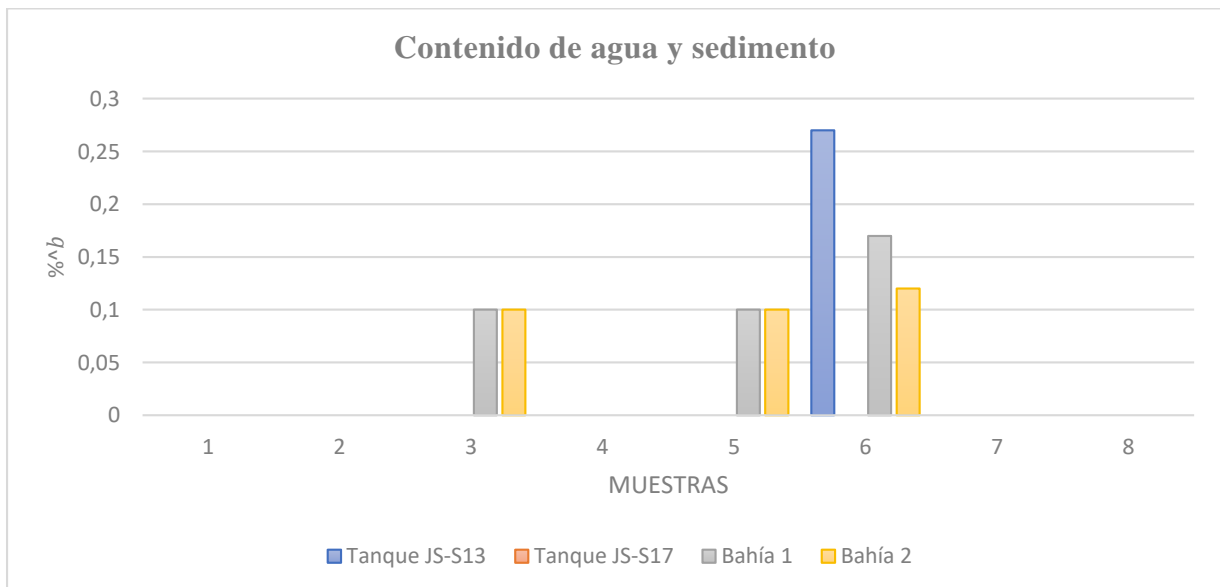
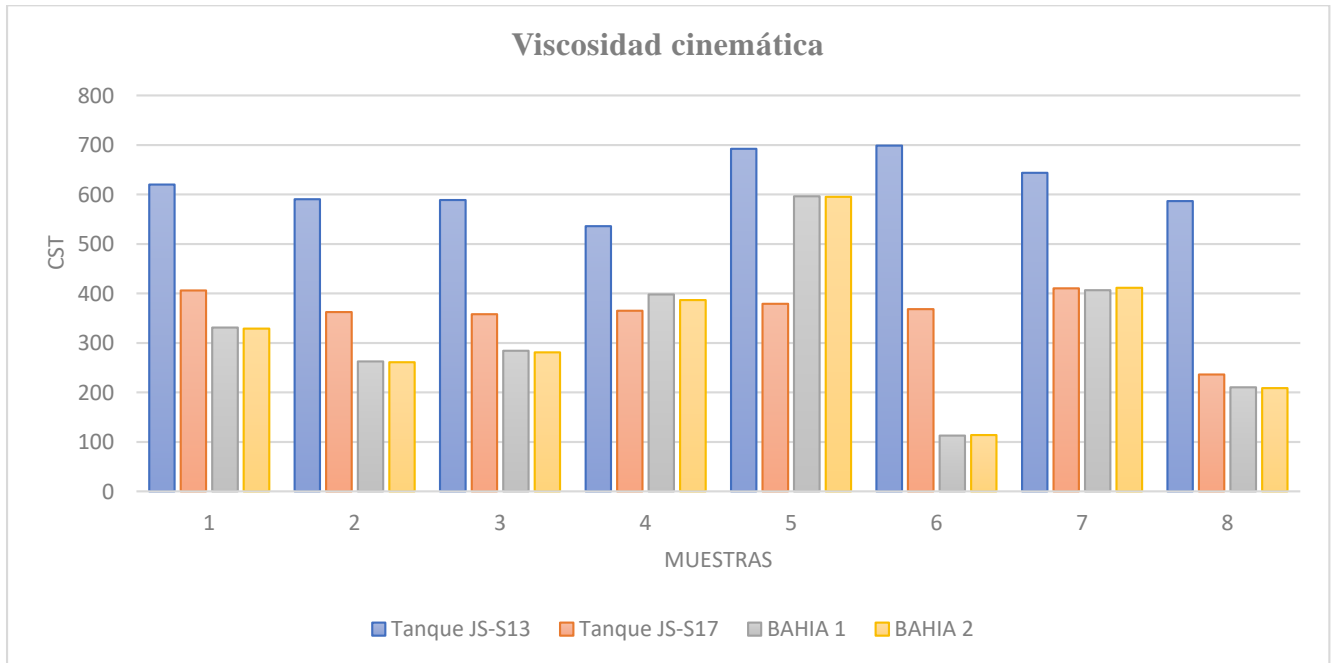
Tabla 4. Densidad

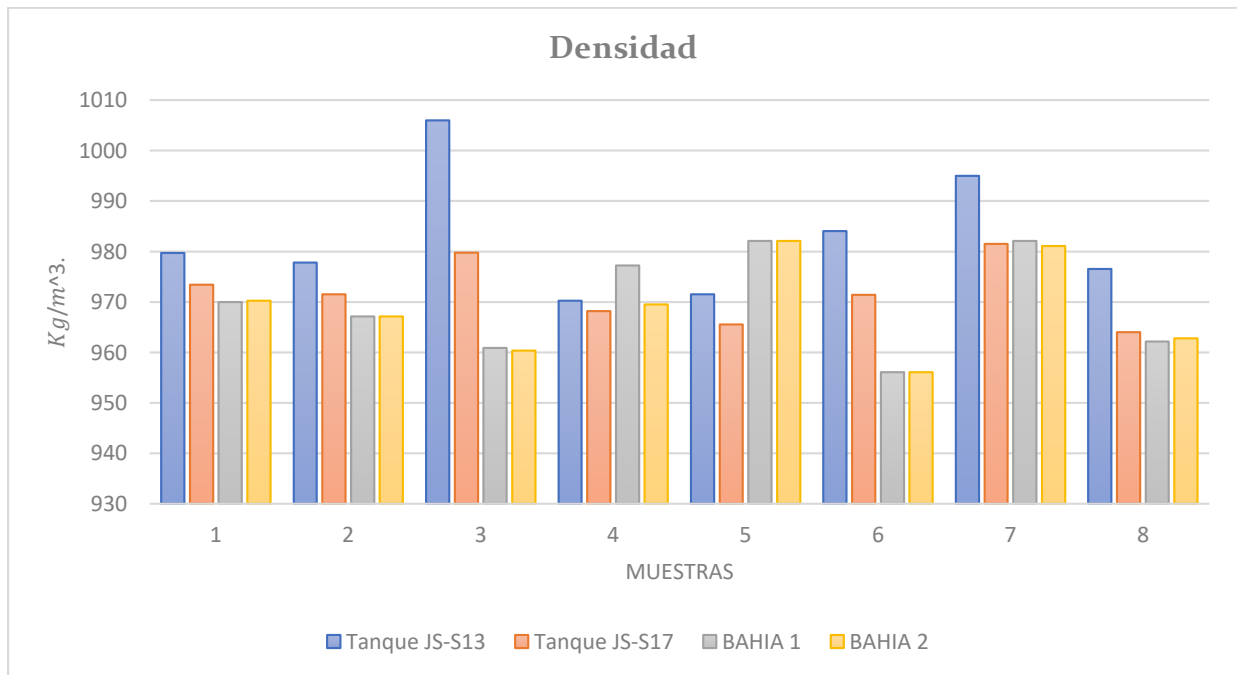
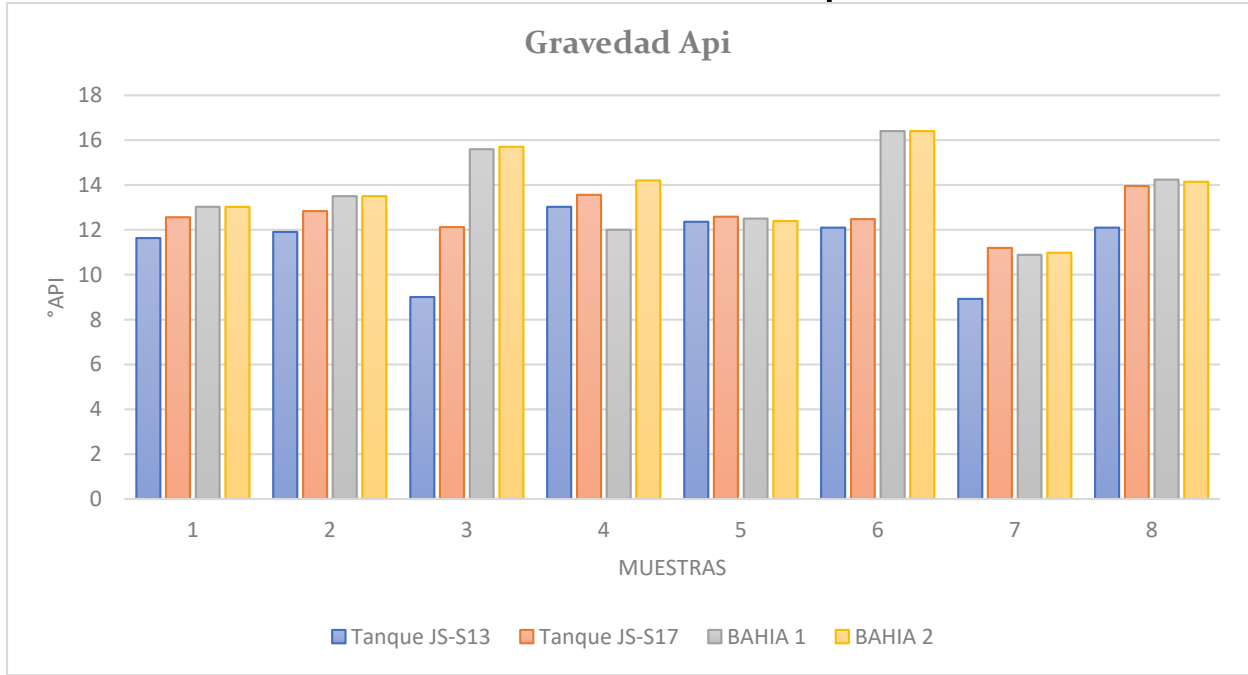
	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
Muestra	Resultado	Resultado	Módulo de Booster	Módulo de Booster
1	979,72	973,4	970	970,23
2	977,81	971,51	967,1	967,1
3	1006	979,75	960,9	960,34
4	970,23	987,2	977,2	969,5
5	971,5	965,52	982,1	982,1
6	984,05	971,41	956,08	956,08
7	994,97	981,5	982,09	981,09
8	976,52	964,03	962,18	962,77

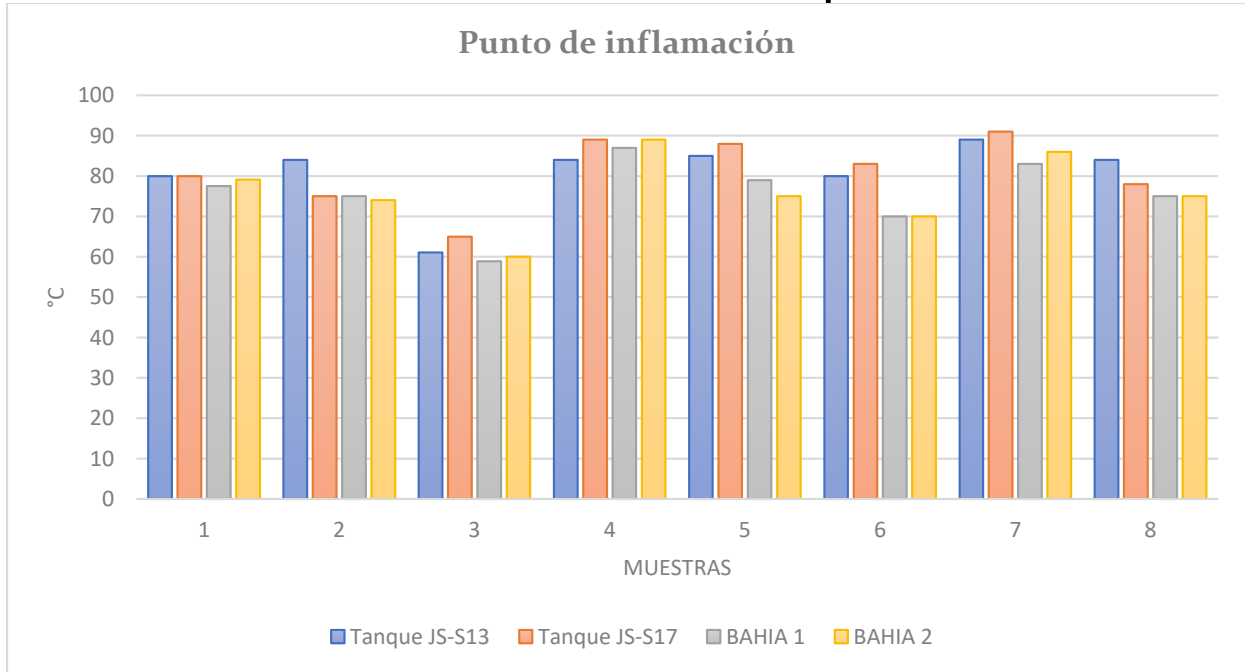
Tabla 5. Punto de inflamación

	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
Muestra	Resultado	Resultado	Módulo de Booster	Módulo de Booster
1	80	80	77,5	79,1
2	84	75	75	74
3	61,1	65	58,9	60
4	84	89	87	89
5	85	88	79	75
6	80	83	70	70
7	89	91	83	86
8	84	78	75	75

Interpretación de datos





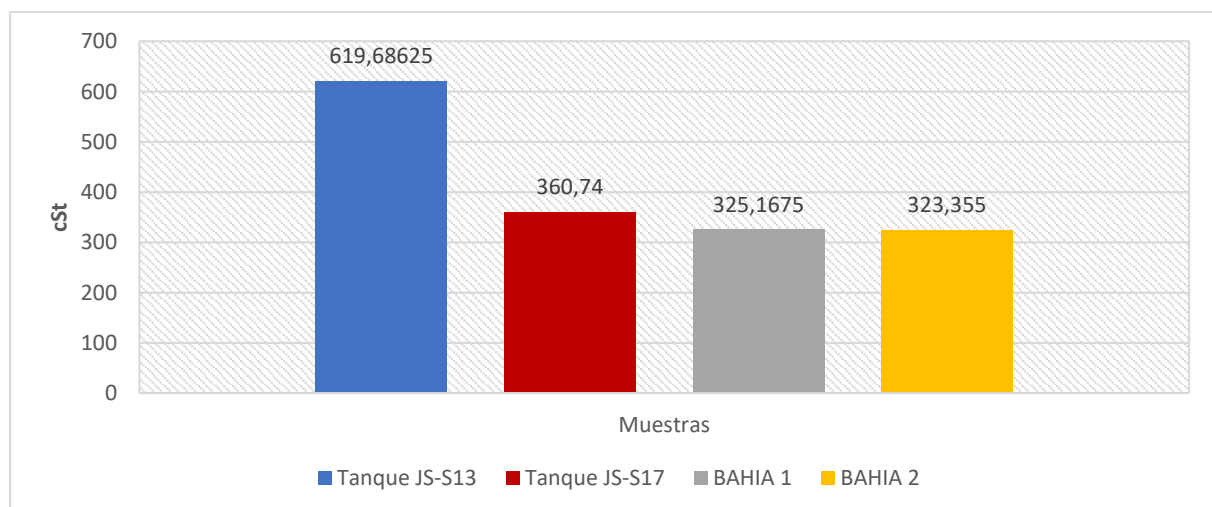


Resumen de datos obtenidos de toma de muestra

Tabla 6. Viscosidad Cinemática

Muestra	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
	Resultado	Resultado	BOMBA SUPPLY	BOMBA SUPPLY
1	620,32	406,12	331,27	328,8
2	590,69	362,64	262,42	261,12
3	589	358	284,1	280,9
4	535,86	365,25	397,95	386,5
5	692,1	379,32	596,34	595,47
6	698,7	368,15	112,7	114
7	644,08	410,23	406,36	411,45
8	586,74	236,2	210,2	208,6
\bar{X}	619,68625	360,74	325,1675	323,355

Gráfico

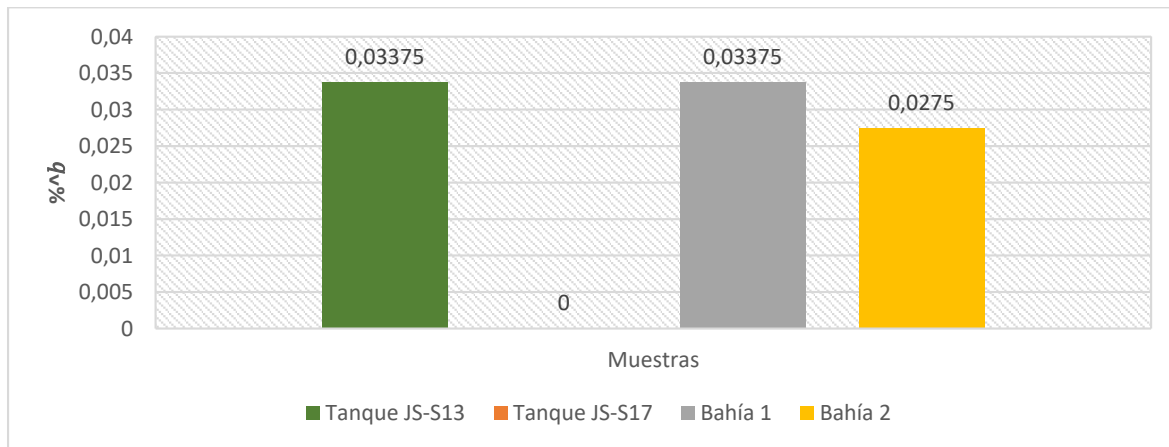


Al observar los resultados de Viscosidad cinemática medidos en cSt de la toma de muestra en los tanques JS-S13, tanque JS-S17, Bahía 1 y Bahía 2 se observa que existen diferencias significativas entre ellas y el rango permitido sabiendo que las especificaciones para el mismo son de 510 a 700 cSt, Esta magnitud es muy importante conocerla al diseñar conductos para fluidos, acueductos, oleoductos, en las fábricas para el bombeo y traslado de los materiales que se procesan.

Contenido de agua y sedimento

	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
muestra	Resultado	Resultado	Módulo de Booster	Módulo de Booster
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	<0,1	<0,1
4	0	0	0	0-
5	0	0	0,1	0,1
6	0,27	0	0,17	0,12
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
\bar{X}	0,03375	0	0,03375	0,0275

Gráfico



Al observar los resultados de contenido de agua y sedimentos medidos en %^b de la toma de muestra en los tanques JS-S13, tanque JS-S17, Bahía 1 y Bahía 2 se observa que no existen diferencias significativas entre ellas y el rango establecido por las especificaciones técnicas, conociendo que debe tener un valor máximo de 0,5%

El contenido de agua y sedimentos disminuye el poder calórico del combustible y la temperatura, favoreciendo el punto de rocío y la corrosión. Si presenta valores altos propicia la obstrucción de filtros y boquillas en los inyectores.

Tabla 7 Gravedad Api

	Tanque JS-S13	Tanque JS-S17	BAHIA 1	BAHIA 2
Muestra	Resultado	Resultado	Módulo de Booster	Módulo de Booster
1	11,63	12,56	13,03	13,03
2	11,91	12,54	13,5	13,5
3	9	12,12	15,6	15,7
4	13,03	13,56	12	14,2
5	12,36	12,59	12,5	12,4
6	12,1	12,48	16,4	16,4
7	8,92	11,2	10,88	10,98

8	12,1	13,96	14,24	14,15
\bar{X}	11,38	12,63	13,52	13,80

Conclusiones

En el punto de inflamación, la temperatura más baja a la que un combustible debe calentarse para que genere vapores suficientes que se mezclen con el oxígeno y se inicie la combustión va desde el punto de vista de la seguridad en el almacenamiento y manejo. Los valores de punto de ignición mínimos permisibles normalmente están establecidos un valor de temperatura de 60°C mínimo. El valor de temperatura de 110 - 140 °C en promedio ofrece un margen adecuado para efectos de lograr una combustión completa.

La densidad no tiene una relación directa con las características del FUEL OIL, pero es un dato necesario para los cálculos de balance de energía. La densidad aumenta conforme aumenta el número de carbonos en la cadena. El promedio para el 2018, fue de 936,6 kg/m³, con un rango de variación entre 968,9 y 982.6 kg/m³.

El agua presente en el fondo de tanques normalmente es la causa de formación de emulsiones y de la corrosión de estas partes de los tanques de combustibles. Aunque la Norma Nacional permite hasta un 2 %, su valor promedio en el 2018 en Termo 2 fue de 0,13%

Se estableció la comparación de los resultados con la normativa Nacional y comprobamos que no existen diferencias significativas entre sus resultados, la combustión del motor con el fuel oil #6 se encuentra en los parámetros correctos de emisiones de gases.

Referencias bibliográficas:

- ASTM1552. (2007). *Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products (High-Temperature Method)*. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hINJpgoS354J:www.naftan.by/DownloadHandlerDf.ashx%3Ffileid%3D33306+&cd=6&hl=es&ct=clnk&gl=ec>
- ASTM1796. (Julio de 2014). *Standard Test Method for Water and Sediment in Fuel Oils by the Centrifuge Method*. Obtenido de <https://pentasflora.com/wp-content/uploads/2014/07/D1796.pdf>
- ASTM287. (2000). *Standard Test Method for API Gravity of Crude Petroleum and Petroleum Products (Hydrometer Method)*. Recuperado el 2019, de <http://file.yizimg.com/175706/2011090810373176.pdf>
- ASTM445. (2016). *STANDARD TEST METHOD FOR CINEMATIC VISCOSITY IN TRANSPARENT AND OPAQUE LIQUIDS*. Obtenido de https://www.academia.edu/5602562/ASTM_D_445_VISCOSIDAD
- ASTM482. (Junio de 2015). *Standard test method for Ash content for fuel oil*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/268496175/Informe-norma-ASTM-D482-para-determinar-cenizas-en-combustibles>
- ASTMD93. (1990). *Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester*. Obtenido de <http://www.shxfi7.com/pdf/ASTMD93-02a.pdf>
- ASTMD97. (2005). *Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products*. Obtenido de <http://www.shxfi7.com/pdf/ASTMD97-2005.pdf>
- JORGE GALLO. (2018). *SISTEMA DE CALDERA DE LA CENTRAL TERMICA ESMERALDAS II*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, QUITO. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15960/1/UPS-ST003722.pdf>

Osmar Nusetti, L. M. (2004). *Interciencia*. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=So378-18442004000600008&script=sci_arttext

Romo, F. (2012). *Plan de negocios "Edificio Albra"*. QUITO: Quito: USFQ, 2010. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/88>

Saldivia, F. (Agosto de 2014). *ESTUDIO: ANALISIS DE COMBUSTIBLES USADO EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA*. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP264.pdf>

Víctor M. Salinas B., A. D. (2014). *Tendencias tecnológicas*. Obtenido de <https://www.ineel.mx/2001c/tenden.pdf>

Gómez, Acebo. Tomás (2001). *Tema 11- mezclas reactivas y combustión*. Extraído el 15 de Febrero, 2004, de <http://www.tecnun.es/asignaturas/termo/Temas/Tema11-Combustion.pdf>

ICH-Harmonised tripartite Guideline. Validation of analytical Procedures: Text and Methodology Q2(R1). 2005.

Borras Brucard, E.B.B. *GAS NATURAL características, distribución y aplicación industrial*. Barcelona 1987 Ed. 3era, pp 316-320

Sabugal García Santiago, Gomez Monux Florentino; *Centrales Térmicas*. España 2015. Vol 1. pp 55-66. ISBN 978-84-9969-933-2

Magnusson and U. Örnemark (eds.) Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0.

Castillo-Hernández P, Mendoza-Domínguez A, Caballero-Mata P. *Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y Diesel*. México 2012. Vol.13. ISSN 1405-7743

NTE INEN 2266, *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos*. Obtenido de <http://www.prosigma.com.ec/pdf/gssso/INEN2266Transporte-Almacenamiento-y-Manejo-de-Productos-Quimicos.pdf>

NTE INEN 2341, *Productos del petróleo. Productos relacionados con el petróleo y afines*.

- Definiciones.* Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.2341.2003/page/n7>
- Aranzabe, A., Ciria, J.I. (2004). *Proceso de degradación de un combustible y técnicas de análisis.* Wearcheck Iberica. Tekniker. Artículos técnicos.
<http://www.wearcheckiberica.es>.
- ASTMD97. (2005). *Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products.* Obtenido de <http://www.shxf17.com/pdf/ASTMD97-2005.pdf>
- ASTM D4057, *Standard practice for manual sampling of petroleum and petroleum products* obtenido de <http://file.yizimg.com/175706/2011090810373176.pdf>
- ASTM D4177, *Standard practice for automatic sampling of petroleum and petroleum products*
- J. Andres Flores. D. Balsells. *Motores alternativos de combustión interna.* Barceloda 2014. primera edición. ISBN 84-8301-818-5
26. Rojas Rodríguez A.D.(2015) *Petróleo y la Petroquímica.* pp. 27,

Conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo no presenta conflicto de intereses