

Energía solar en la comercialización de combustibles

The solar energy in the fuel oil commercialization

Franklyn González Segura ^{1*}, José Eduardo Márquez Delgado ², Juan Ramón Castillo Matos ³, Nelson dos Santos Castigo ⁴

¹ MSc. Profesor Auxiliar. franklyngonzalezsegura1969@gmail.com

² Doctor en Ciencias. Profesor Titular. jemarquezd69@gmail.com

³ MSc. Profesor Asistente. nonchipyo@gmail.com

⁴ Ingeniero Eléctrico. Empresa PRODEL. Lunda Sul. Angola. nelcastigo015@gmail.com

* Autor para correspondencia: franklyngonzalezsegura1969@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se analizó la posibilidad de utilizar la energía solar en el calentamiento del combustible Fuel Oil. Se determinó disminuir la viscosidad cinemática de dicho combustible al realizar los procesos de recepción, almacenamiento y entrega en un depósito. Se logró aumentar el volumen bombeado por unidad de tiempo al disminuir el tiempo de trabajo de la bomba de combustible y por consiguiente el consumo de energía eléctrica. Se aumentó la eficiencia energética en el proceso de manipulación del combustible Fuel Oil.

Palabras clave: Calentamiento de combustible, energía solar, combustible Fuel Oil, eficiencia energética.

ABSTRACT

In this work, was analyzed the possibility of using the solar energy in the heating of the Fuel Oil combustible. It was determined to diminish the cinematic viscosity of this fuel when carrying out the reception processes, storage and surrenders in a deposit. It was possible to increase the volume pumped by unit of time when diminishing the working time of the bomb of combustible and consequently the electric energy consumption. Increased the energy efficiency in the process of manipulation of the Fuel Oil combustible.

Keywords: Heating of fuels, solar energy, Fuel Oil, energetic efficiency.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en Cuba, el Fuel Oil se utiliza fundamentalmente en procesos industriales, en la generación de vapor para grandes cocinas y lavanderías y en la generación eléctrica. Para hacerlo llegar a su destino final es necesario manipularlo desde un medio de transporte a un depósito y viceversa, al menos en dos ocasiones. Pero, debido a su viscosidad, se necesita mucha energía y tiempo para poder bombear un volumen determinado en comparación con otros combustibles líquidos mucho menos viscosos como el diésel y las gasolinas.

La viscosidad de una sustancia es inversamente proporcional a la temperatura de la misma. Por eso, uno de los métodos que se utiliza para disminuir la viscosidad del Fuel Oil para su bombeado es el calentamiento con vapor, a través de pequeños conductos, (conocidos como venas de vapor), que se adosan a la tubería central de combustible. Otro método que también se usa, es el calentamiento mediante resistencias eléctricas, (Vega, 2009). Si bien es cierto que estos métodos son efectivos pues mejoran los parámetros de bombeo, a su vez implican la posibilidad de que se aumente la energía total consumida por volumen bombeado.

Sin embargo, una forma de calentar el combustible Fuel Oil para su bombeo es mediante el uso de la energía solar (ES). Todo operador de combustible Fuel Oil puede afirmar que en días soleados este fluye mejor que en días lluviosos o fríos, y atestiguar así la influencia de la (ES) en la viscosidad del producto.

Desde la perspectiva de (Bermúdez, 2009), es factible utilizar la (ES) para el calentamiento del Fuel Oil:

- Se consumiría prácticamente la mitad de la energía eléctrica utilizada en el proceso de bombeado del combustible, con su correspondiente impacto económico y ambiental.
- Disminuiría el tiempo necesario para realizar este procedimiento.
- Al no usar instalaciones eléctricas ni de vapor disminuye la probabilidad de ocurrencia de averías o accidentes.
- Las instalaciones que aprovechan la (ES), prácticamente no requieren mantenimientos, salvo la limpieza de los cristales del colector.

Entonces se procedió a construir un colector solar que permitiera utilizar la (ES) para calentar el combustible Fuel Oil para su bombeado eficiente.

El diseño que se presentó en este trabajo, constituye una propuesta, cuyo cálculo se realizó sobre la base del espacio disponible, los requerimientos de seguridad y del volumen a trasegar por unidad de tiempo en función de la comercialización del combustible Fuel Oil, en el depósito (642), de la empresa comercializadora de combustibles de Holguín, Cuba, (ECC-H), bajo la prerrogativa de ahorrar energía en el proceso y hacerlo mucho más óptimo y competitivo.

DESARROLLO

Luego de hacer un análisis de las instalaciones del departamento (642), de la (ECC-H), y tener en cuenta la distribución y funciones de cada área tecnológica, así como la idoneidad del área para la construcción de un colector solar, se determinó que se contaba con un área de 100 m².

La temperatura idónea para manipular el combustible Fuel Oil es de 50 °C, puesto que la viscosidad es inversamente proporcional a la temperatura, y la relación de la viscosidad con el gasto del fluido (caudal de bombeo), se expresa según la ley de Poiseuille, (González, 2012):

$$G = \frac{\pi \times r^2 \times \Delta p}{8 \times \mu \times l}$$

Donde r , es el radio de la tubería; p , la diferencia de presión en los extremos de la tubería, (en este caso la presión de trabajo de la bomba de combustible); μ la viscosidad del Fuel Oil y l la longitud de la tubería.

Luego si el radio y la longitud de la tubería y la presión de trabajo de la bomba son constantes, la única forma de aumentar el gasto en la tubería, lo que equivale a aumentar el volumen de combustible trasegado por unidad de tiempo es disminuyendo la viscosidad del combustible Fuel Oil.

Al atender a las características tecnológicas del depósito, se tomó como referencia un tanque de almacenamiento de Fuel Oil con capacidad para 60 000 litros, lo que representó una masa de 57 000 kg. Se determinó elevar la temperatura del combustible a 50 °C, desde la temperatura ambiente promedio que es de 27 °C, por lo que T es igual a 23 °C. Para determinar la cantidad de calor a suministrar se usó la siguiente ecuación, (Berriz, 2010):

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q = 57000 \text{ kg} \times 0.4 \text{ kcal/kg} \times 23^\circ\text{C}$$

$$Q = 524.400 \text{ kcal}$$

Para elevar la temperatura de 57 000 kg de Fuel Oil en 23 °C, se necesitaron 524 400 kcal, lo que equivale a un trabajo de 2 197 236 kJ. Para realizar ese trabajo en un segundo se necesitaría una potencia de 2 197 236 kW, pero si se utiliza la energía solar ese tiempo puede extenderse a 8 horas, equivalente a 28 800 s, por lo que la potencia necesaria será de 76.9 kW.

Se determinó que para construir el colector solar se necesitaba un área útil de 100 m². El promedio de energía solar recibida en Cuba es de 5 kW/m², (Berriz, 2010). En un área de 100 m² se recibirían 500 kW. Al construir el colector solar, para que tenga una eficiencia del 20 % se obtendrían 100 kW, suficientes según cálculos anteriores para elevar la temperatura del Fuel Oil a 50 °C.

Para el diseño del colector solar se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- El depósito en el que se encuentra el líquido a calentar se debe encontrar a nivel del suelo y su volumen ser variable en función de la comercialización, por lo que no es factible construir un calentador con termosifón.
- El líquido a calentar, en este caso el combustible Fuel Oil es muy viscoso, lo que dificulta su paso por los conductos de la placa colectora.

Por tanto se decidió diseñar un sistema indirecto con intercambiador integrado en el tanque de almacenamiento. Este sistema consistió en que por el captador solar circulará otro líquido en vez del combustible, (Rojas, 2013). En este caso se utilizó agua, al tener en cuenta sus características termodinámicas. El diseño es el que aparece en la figura 1.

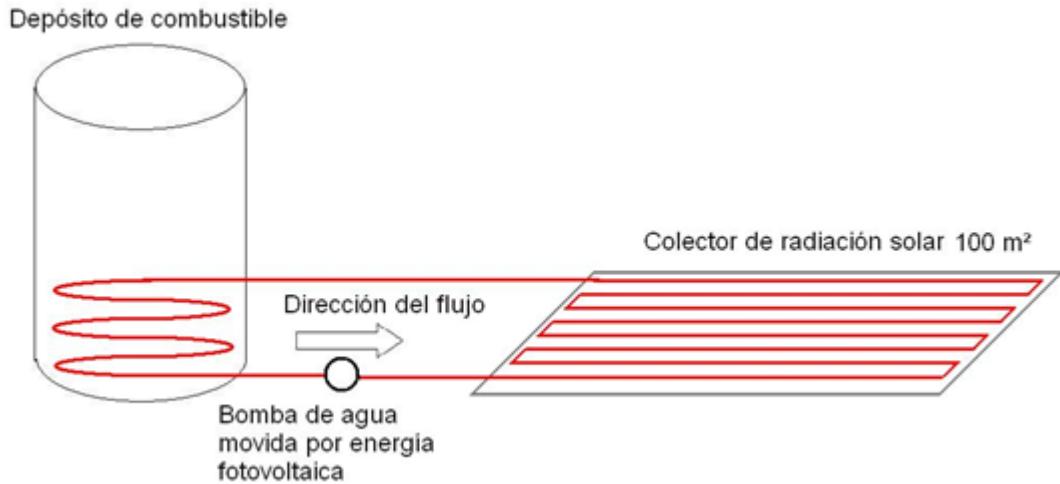


Figura 1. Diseño del colector solar. Fuente: (Autores, 2020).

El principio de funcionamiento es que la bomba de agua que se alimenta con energía eléctrica provista por paneles fotovoltaicos, cumple doble objetivo, al no utilizar energía generada con combustibles fósiles y trabajar sólo cuando exista incidencia de la radiación solar para evitar enfriamiento accidental del combustible que impulsa el agua con un gasto de 0.5 L/s, por un serpentín adosado a la placa metálica del colector solar de forma que adquiera una elevada cantidad de calor que será transferida al combustible mediante intercambiador integrado en el tanque de almacenamiento.

La temperatura del agua al salir del colector será la suma de su temperatura inicial más la variación de temperatura que está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta T = \frac{Q}{m \times cp}$$

$$\Delta T = \frac{1.20 \text{ kcal}}{0.5 \text{ kg} \times 1 \text{ kcal/kgK}}$$

$$\Delta T = 2.4^\circ C$$

El resultado se aplica para 1m², luego si el colector tiene una dimensión de 100 m² el resultado se multiplica por 100 y se obtiene una temperatura de 240 °C. Al suponer que el colector a construir tenga una eficiencia de solo un 30 % esta temperatura tendría el valor de 80 °C, que sumado a la temperatura inicial del agua de 27 °C, se obtendría una temperatura final del agua a la salida del colector de 107 °C.

Para calcular la cantidad de calor que le transferirá el agua calentada al combustible se realizará de la siguiente forma:

Se utilizó la fórmula:

$$Q = m \times cp \times \Delta T$$

Se tomó como temperatura, la diferencia entre la temperatura del Fuel Oil y la temperatura del agua calentada. Por tanto:

$$\begin{aligned} Q &= m \times cp \times \Delta T \\ Q &= 0.5 \text{ kg} \times 1 \text{ kcal/kgK} \times 80^\circ \text{C} \\ Q &= 40 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Este dato es para un segundo, al tener en cuenta que se calcula el gasto del sistema de circulación de agua a 0.5 L/s. Se tomó entonces el tiempo para el cual se calculó la utilización de la energía solar térmica, que es de 28 800 s, y se multiplicó por la cantidad de calor aportada en un segundo que fue de 40 kcal, y se obtuvo que en ocho horas de empleo de trabajo del calentador solar se aportó una masa de 57 000 kg de Fuel Oil y un total de 1 152 000 kcal. Al calcular la variación de temperatura obtenida con esta cantidad de calor se obtuvo:

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{Q}{m \times cp} \\ \Delta T &= \frac{1152000 \text{ kcal}}{57000 \text{ kg} \times 0.4 \text{ kcal/kgK}} \\ \Delta T &= 50^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Se sumó la variación de temperatura igual a 50 °C, a la temperatura ambiente de 27 °C, a la que se calculó el combustible y se obtuvo una temperatura de 77 °C, por encima de la temperatura idónea para la manipulación del Fuel Oil.

Para realizar el análisis del beneficio económico para la empresa del uso de la energía solar se tomaron como referencia los siguientes datos:

- Consumo nominal de la bomba de combustible Fuel Oil: 22 kW/h.
- Tiempo de trabajo de la bomba para bombear 60 000 Litros de Fuel Oil a temperatura ambiente: 3 horas.
- Tiempo estimado de trabajo de la bomba para bombear 60 000 Litros de Fuel Oil a 50°C: 1.5 horas.
- Costo del kW/h: 0.24 (CUC).

Se confeccionó la tabla 1, con los volúmenes de Fuel Oil vendidos por meses en el año 2019, y al calcular el consumo de la bomba de Fuel Oil, el costo de la energía consumida al mes en pesos convertibles, es el mostrado, así como la cantidad de combustible necesario para generar la energía eléctrica consumida (y asumir que para generar un kW/h se necesitan 360 g de combustible). Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Volúmenes de Fuel Oil vendidos por meses en el año 2019.

Mes	Volumen en Litros	Consumo en kWh	Costo en CUC	Combustible en kg
Enero	913618	822	197	296
Febrero	732545	659	158	237
Marzo	1276870	1149	276	414
Abril	1099691	990	238	356
Mayo	1034256	931	223	335
Junio	969660	873	209	314
Julio	1278656	1151	276	414
Agosto	1034985	931	224	335
Septiembre	1317539	1186	285	427
Octubre	483173	435	104	157
Noviembre	851598	766	184	276
Diciembre	1214895	1093	262	394
Total Anual	12207486	10987	2637	3955
Media al mes	1017291	916	220	330

Fuente: (Autores, Elaboración propia, 2020).

Como se puede observar, en un mes como promedio, para bombear el combustible a temperatura ambiente se consumen 916 kW/h, con un costo ascendente a 220 pesos convertibles, (CUC). Si el combustible es calentado a una temperatura igual o superior a 50 °C disminuiría su viscosidad en un 50 % o más. Por la ley de Poiseuille, el gasto sería el doble, lo que implica que la bomba tendrá que trabajar la mitad del tiempo.

Entonces el consumo de energía eléctrica consumida se reduciría a la mitad y entonces también se reduciría a la mitad el importe monetario de la misma. En la figura 2, se muestra una comparación entre el consumo de energía cuando el combustible se encuentra a temperatura ambiente y cuando está calentado a 50 °C.

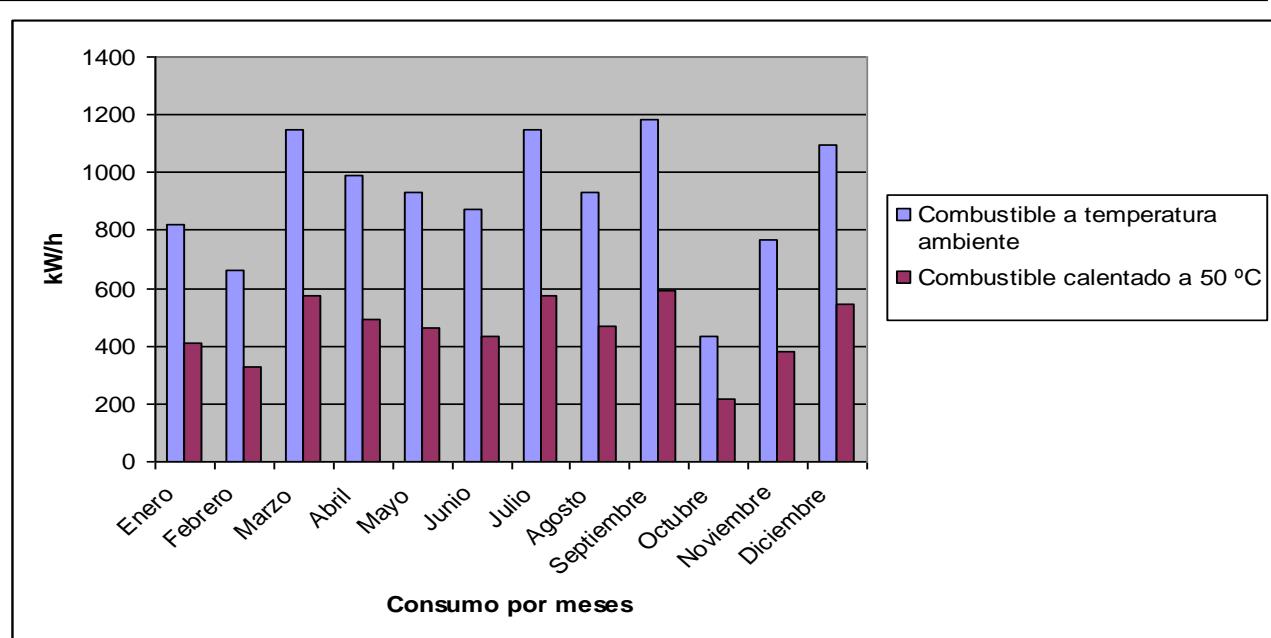


Figura 2. Comparación entre el consumo de energía cuando el combustible se encuentra a temperatura ambiente y cuando está calentado a 50 °C. Fuente: (Autores, 2020).

Obsérvese que el consumo de energía eléctrica disminuye sensiblemente en dependencia de la temperatura del combustible. Se demuestra así el beneficio económico para la empresa.

Para analizar el impacto ambiental, se tomó en cuenta la cantidad de monóxido de carbono emitido a la atmósfera al quemarse la cantidad de combustible necesaria para generar la energía eléctrica utilizada en un año para bombear el Fuel Oil. La comparación se hizo entre el consumo de electricidad para bombear el combustible a temperatura ambiente y calentado a 50 °C, se tomó como norma que por cada kg de combustible utilizado para generar electricidad se emiten a la atmósfera 0.74 kg de monóxido de carbono, (Landa, 2003). Los datos obtenidos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Monóxido de carbono emitido a la atmósfera al quemarse el combustible.

Temperatura del combustible	Electricidad consumida en un año en kW/h	Cantidad de combustible utilizado en kg	Monóxido de carbono emitido a la atmósfera en kg
Temperatura ambiente	10987	3955	2966
Calentado a 50 °C	5493	1978	1483

Fuente: (Autores, 2020).

Como se puede observar la carga contaminante se reduce prácticamente a la mitad.

CONCLUSIONES

Es posible emplear la energía solar térmica para disminuir la viscosidad del combustible Fuel Oil y elevar la eficiencia energética en su comercialización, además el empleo de la energía solar en los procesos de comercialización del Fuel Oil ofrece beneficios económicos para la empresa y contribuye a disminuir la cantidad de monóxido de carbono emitido a la atmósfera.

Además se recomienda estudiar la posibilidad de utilizar la energía solar para calentar el combustible Fuel Oil en depósitos de mayores dimensiones y en los depósitos de las calderas de las diferentes entidades estatales. Es posible emplear la energía solar térmica para disminuir la viscosidad del combustible Fuel Oil y elevar la eficiencia energética en su comercialización, además el empleo de la energía solar en los procesos de comercialización del Fuel Oil ofrece beneficios económicos para la empresa y contribuye a disminuir la cantidad de monóxido de carbono emitido a la atmósfera.

Además se recomienda estudiar la posibilidad de utilizar la energía solar para calentar el combustible Fuel Oil en depósitos de mayores dimensiones y en los depósitos de las calderas de las diferentes entidades estatales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bermúdez Rojas, C. R. (2009). Los calentadores solares como una forma de fuente renovable de energía alternativa. Citado por: García Cuba, J. y J. C. Pino Tarragó. Disponible en: <http://www.cienciasholguin.cu>. Visitado: 13/3/2020.

Berriz Pérez, Luis. (2010). Influencia del ángulo de inclinación de una superficie captadora solar sobre la radiación incidente. Disponible en: www.energiasolar.dervis.ar. Visitado: 13/3/2020.

González Arias, A. (2012). Mecánica de fluidos. Dpto. Mecánica Aplicada, UHOL. Cuba. Disponible en: www.uhol.edu.cu/. Visitado: 13/3/2020.

Landa García, J. (2003). Evaluación de un sistema de trasiego de miel de afinación de una refinería de caña de azúcar. Revista Avanzada Científica Vol. 6 No. 2 CIGET Matanzas, 2003.

Rojas, E. (2013). Energía Solar Térmica. Programa de capacitación en energías renovables. ONUDI, 2013.

Vega Peña, L. (2009). Alternativa metodológica para el cálculo térmico de oleoductos. Citado por: Batista Mateo, R. Ciencias Holguín, 2009. Disponible en: <http://www.cienciasholguin.cu/>. Visitado: 13/5/2020.

Síntesis curricular de los autores

MSc Franklyn González Segura: Profesor Auxiliar de la Universidad de Holguín, Cuba, desde el año 2003, profesor de la ESPtN Namibe, Angola, (2015-2019), y actualmente profesor de la Universidad (Lueji A'Nkonde) ESPLS, Angola, (2020). Master en Ciencias Técnicas. Ingeniero Eléctrico.

Doctor José Eduardo Márquez Delgado: Profesor Titular de la Universidad de Granma, Cuba, desde el año 2004, y actualmente profesor de la Universidad (Lueji A'Nkonde) ESPLS, Angola, (2020). Doctor en Ciencias Técnicas 2012. Master en CAD/CAM 2002. Ingeniero mecánico 1992.

MSc Juan Ramón Castillo Matos: Profesor Asistente de la Universidad de Moa, Cuba, desde el año 2010, y actualmente profesor de la Universidad (Lueji A'Nkonde) ESPLS, Angola, (2020). Master en Ciencias Técnicas. Ingeniero Mecánico.