

## **DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA TÉRMICA EN EL PROCESO DE CALENTAMIENTO EN DISTRIBUIDORES DE ASLFALTO MODELO ROSCO**

### **DIAGNOSIS OF THERMAL EFFICIENCY IN THE WELDING PROCESS IN ASLFALTO MODEL ROSCO DISTRIBUTORS**

**Emilia Aimacaña Sánchez <sup>1</sup>, Roberto Salazar Achig <sup>2</sup>**

**1,2. Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Departamento de Ciencias Exactas, Quijano y Ordoñez y Marques de Maenza s/n.**

**Email: <sup>1</sup> eeaimacana1@espe.edu.ec <sup>2</sup> ersalazar@espe.edu.ec**

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, V Edición 2016, No. 14 (15)

#### **RESUMEN**

El consumo excesivo de diésel por parte del quemador asociado con la falta de control de los principales parámetros operacionales del proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto modelo Rosco genera una baja eficiencia térmica.

Para determinar la baja eficiencia térmica se realizaron mediciones de los parámetros de temperatura, tiempo de calentamiento de asfalto y consumo de diésel por parte del quemador, mediante instrumentación para establecer un procedimiento de cálculo que permita la evaluación del proceso de calentamiento de distribuidores.

La evaluación del intercambiador actual muestra que las pérdidas de calor por los gases producto de la combustión llega a 275,5 KW, estos datos son útiles para en simulaciones y futuros cálculos relacionados a consumo de combustible e implementación de un nuevo sistema de intercambio térmico.

#### **Palabras Clave:**

Eficiencia térmica, calentamiento de distribuidores, intercambio térmico, quemador rosco.

#### **ABSTRACT**

Excessive consumption of diesel by the burner associated with the lack of control of the main operational parameters of the heating process in Rosco asphalt distributors generates a low thermal efficiency.

In order to determine the low thermal efficiency, measurements of the parameters of temperature, asphalt heating time and diesel consumption by the burner were carried out by means of instrumentation to establish a calculation procedure allowing evaluation of the heating process of distributors.

The evaluation of the current exchanger shows that the heat loss from the combustion gases reaches 275.5 KW, this data is useful for simulations and future calculations related to fuel consumption and implementation of a new heat exchange system

#### **Keywords:**

Thermal efficiency, heating of distributors, heat exchange, burner screw.

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo de diésel por parte del quemador representa el gasto energético considerable en comparación a sistemas actuales para imprimación asfáltica, presentando un consumo teórico de 30 litros de diésel para calentar 2000 litros de asfalto; a diferencia del proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto modelo Rosco que consume aproximadamente 72 litros para calentar 1500 litros de asfalto desde una temperatura de 293K a 373K, siendo el diésel el mayor portador energético utilizado.

Al mismo tiempo que la operación del quemador de diésel genera gases producto de la combustión entre ellos CO<sub>2</sub> constituyéndose en un agente contaminante del ambiente.

Los principales problemas no resueltos relacionados con el proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto modelo Rosco son los siguientes:

- Baja eficiencia del proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto en el consumo de diésel.
- Temperatura variable de salida de asfalto para la imprimación.
- Pérdidas de energía por calor perdido en el proceso de calentamiento en el distribuidor de asfalto.

El intercambiador de serpentín sumergido, que actualmente se emplea en el proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto modelo Rosco, trabaja de forma ineficiente debido al elevado consumo de diésel y la pérdida de calor al exterior, dando como resultado el tiempo que se demora en calentar el asfalto y la cantidad de diésel que se necesita.

Se aplica una investigación de tipo experimental al actuar directamente

sobre los parámetros operacionales en el proceso de calentamiento de asfalto es lógico obtener una variación en la eficiencia térmica de dicho proceso, siendo el portador diésel y dejando puerta abierta a la evaluación sistemática el comportamiento energético del proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto modelo Rosco.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio se realizará en el MTOP de Cotopaxi que cuenta con un equipo caminero para el proceso constructivo de carreteras, que consta de volquetas, motoniveladora, compactador, rodillo, distribuidor de asfalto modelo Rosco, barredora y pavimentadora, que cumple con la construcción y mantenimiento de vías en la provincia.

La metodología para el análisis y selección de intercambiadores de calor desde el punto de vista térmico analiza el flujo de calor aportado, el flujo de calor aprovechado y el flujo de calor perdido [1].

En el caso específico del tanquero de asfalto de la investigación, se analiza el calor aprovechado para el calentamiento del asfalto, el calor por transferencia al exterior a través del tanque de asfalto, el calor por pérdidas mediante los productos de combustión y el calor producido por la combustión de diésel.

### **Algoritmo de cálculo para el calor absorbido por el asfalto**

El análisis del calor absorbido por el asfalto se realiza mediante el siguiente algoritmo:



Figura 1. Algoritmo para el calor absorbido por el asfalto.

Donde:

$m_A$ : Flujo másico

$V_A$ : Volumen de asfalto contenido en el distribuidor;  $m^3$ .

$\rho_A$ : densidad del asfalto a 323 K;  $kg/m^3$ .

$T_{i_A}, T_{f_A}$ : temperaturas de entrada y salida del asfalto; K.

t: tiempo de calentamiento del asfalto, s.

$Cp_A, Cp_C, Cp_H, Cp_N, Cp_S, Cp_O$ : capacidad calorífica del asfalto, capacidad calorífica del carbono, capacidad calorífica del hidrógeno, capacidad calorífica del nitrógeno, capacidad calorífica del azufre, capacidad calorífica del oxígeno;  $J/kg \text{ } ^\circ C$ .

Algoritmo de cálculo para el calor por pérdidas mediante los gases de combustión. El análisis de los parámetros de pérdida de calor mediante los gases producto de la combustión se obtiene aplicando el algoritmo siguiente:

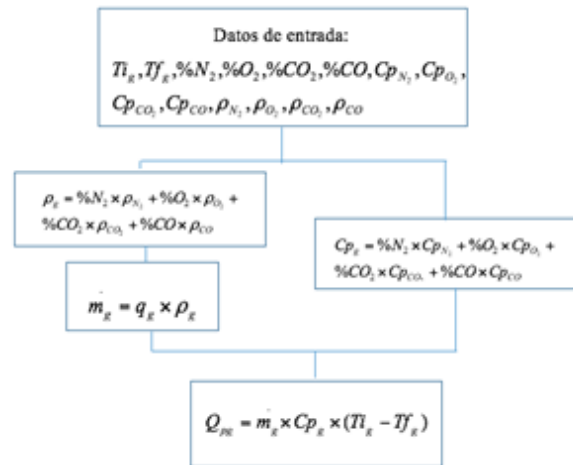


Figura 2. Algoritmo de cálculo de calor de los gases producto de la combustión

Donde:

$(m_g)$ : flujo másico los gases producto de la combustión del diésel (fluido caliente);  $kg/s$ .

$Cp_g$ : capacidad calorífica del gas de escape producto de combustión del diésel;  $J/kg \text{ } K$ .

$T_{i_g}, T_{f_g}$ : temperaturas inicial y final del gas producto de combustión del diésel;  $K$ .

$Cp_{gases}, Cp_{N_2}, Cp_{O_2}, Cp_{CO_2}, Cp_{CO}$ : capacidad calorífica de los gases producto de la combustión, capacidad calorífica del nitrógeno, capacidad calorífica del oxígeno, capacidad calorífica del dióxido de carbono, capacidad calorífica del monóxido de carbono;  $J/kg \text{ } ^\circ C$ .

$\%N_2, \%O_2, \%CO_2, \%CO$ : representan los porcentajes de nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono respectivamente, en la masa de gases de combustión.

$\rho_g$  la densidad de la totalidad de los gases producto de la combustión, seccionando los componentes principales del gas en porcentaje, con su respectiva densidad a la temperatura al final de la chimenea.

### Algoritmo de cálculo del calor perdido por transferencia (convección).

El análisis del calor perdido por transferencia (convección) se realiza mediante el siguiente algoritmo:



Figura 3. Algoritmo de cálculo del calor perdido por transferencia (convección)

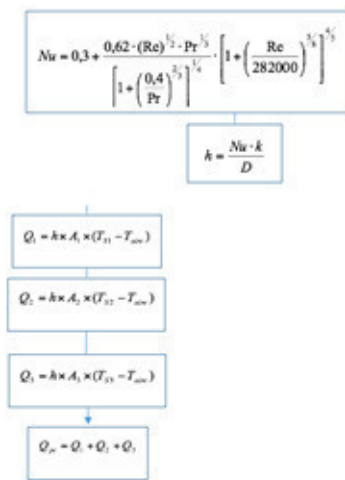


Figura 4. Algoritmo de cálculo del calor perdido por transferencia

Donde:

h: coeficiente transferencia de calor por convección; adimensional.

A: área de transferencia de calor por convección; m<sup>2</sup>.

T<sub>s</sub>, T<sub>aire</sub>: temperatura promedio de la superficie del tanquero de asfalto y la temperatura del aire; K.

Re: razón de las fuerzas de inercia y viscosas; Reynolds.

v: velocidad de aire que circula por el exterior; m/s.

D: longitud característica, diámetro del tanquero contenedor de asfalto; m.

ν: viscosidad relativa o estática; m<sup>2</sup>/s.

Según Churchill y Bernstein; el número de Nusselt se obtiene por la siguiente ecuación experimental [2]:

$$Nu = 0,3 \frac{0,6 \cdot Re^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{1/4}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

Nu : gradiente de temperatura adimensional de una superficie; Nusselt.

Pr : razón de las difusiones de momento y temperatura; Prandtl.

**Algoritmo de cálculo del consumo teórico de diésel en el quemador.**

Análisis de los resultados en el cálculo del consumo de combustible en el distribuidor de asfalto modelo rosco es el siguiente:



Figura 5. Algoritmo de cálculo del consumo de diésel en el quemador

**Algoritmo de cálculo del consumo experimental de diésel en el quemador**

El proceso de cálculo es el siguiente:

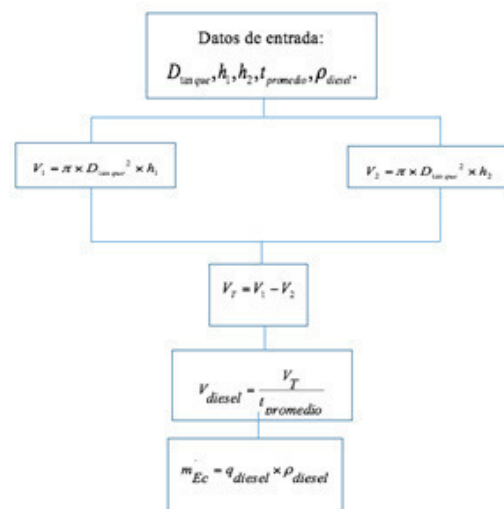


Figura 6. : Algoritmo de cálculo del consumo experimental de diésel

### Algoritmo de cálculo para la eficiencia sistema actual

Los resultados obtenidos del calor  $Q_{g1}$ , es decir, el calor gastado en el proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto en relación con el calor utilizado para calentar el asfalto  $Q_A$ , permite evaluar el proceso en relación a su eficiencia de acuerdo al siguiente algoritmo:

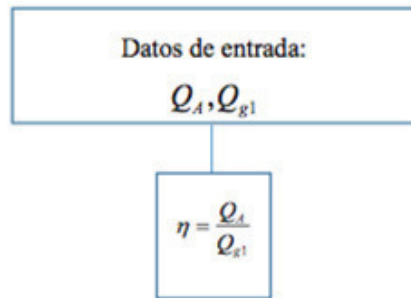


Figura 7. Algoritmo para el cálculo de la eficiencia del sistema actual

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados del calor absorbido por el asfalto

Los resultados del algoritmo de la figura 1 para el cálculo del calor absorbido por el asfalto se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 1. Flujo másico del asfalto

K	%C	Cp <sub>C</sub>	%H <sub>2</sub>	Cp <sub>A</sub> (kJ/kg K)							
				Cp <sub>H<sub>2</sub></sub>	%N <sub>2</sub>	Cp <sub>N<sub>2</sub></sub>	%S	Cp <sub>S</sub>	%O <sub>2</sub>	Cp <sub>O<sub>2</sub></sub>	Cp <sub>A</sub>
373	0,7800	0,9215	0,11	14,4530	0,01	1,0434	0,05	0,7080	0,05	0,9350	2,4012
375	0,7800	0,9268	0,11	14,4550	0,01	1,0435	0,05	0,7080	0,05	0,9355	2,4056
377	0,7800	0,9322	0,11	14,4570	0,01	1,0436	0,05	0,7080	0,05	0,9360	2,4100
379	0,7800	0,9376	0,11	14,4590	0,01	1,0437	0,05	0,7080	0,05	0,9365	2,4145
381	0,7800	0,9430	0,11	14,4610	0,01	1,0439	0,05	0,7080	0,05	0,9371	2,4189

Tabla 2. Capacidad calorífica del asfalto

Calor del asfalto (KW)					
Tf <sub>A</sub> (K)	Ti <sub>A</sub> (K)	ΔT <sub>A</sub> (K)	m <sub>A</sub> (kg/s)	Cp <sub>A</sub> (kJ/kg K)	Q <sub>A</sub> (KW)
373	293	80	0,1833	2,4012	35,2170
375	294	81	0,1980	2,4056	38,5810
377	295	82	0,2080	2,4100	41,1022
379	296	83	0,1731	2,4145	34,6848
381	297	84	0,1793	2,4189	36,4414
<b>PROMEDIO</b>					37,2053

Tabla 3. Calor absorbido por el asfalto

Calor del asfalto (KW)					
Tf <sub>A</sub> (K)	Ti <sub>A</sub> (K)	ΔT <sub>A</sub> (K)	m <sub>A</sub> (kg/s)	Cp <sub>A</sub> (kJ/kg K)	Q <sub>A</sub> (KW)
373	293	80	0,1833	2,4012	35,2170
375	294	81	0,1980	2,4056	38,5810
377	295	82	0,2080	2,4100	41,1022
379	296	83	0,1731	2,4145	34,6848
381	297	84	0,1793	2,4189	36,4414
<b>PROMEDIO</b>					37,2053

### Resultados del calor por pérdidas mediante los gases de combustión

Los resultados del algoritmo de la figura 2 se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 4. Capacidad calorífica de los gases producto de la combustión

Cp <sub>g</sub> de los gases (kJ/kg K)									
K	N <sub>2</sub>	Cp <sub>N<sub>2</sub></sub>	O <sub>2</sub>	Cp <sub>O<sub>2</sub></sub>	CO <sub>2</sub>	Cp <sub>CO<sub>2</sub></sub>	CO	Cp <sub>CO</sub>	Cp <sub>g</sub>
402	0,805	1,0452	0,062	0,9432	0,121	0,94356	0,012	1,04924	1,0266
403	0,796	1,0453	0,059	0,9438	0,132	0,94434	0,013	1,04936	1,0260
406	0,777	1,0456	0,078	0,9456	0,135	0,94668	0,01	1,04972	1,0245
407	0,782	1,0457	0,083	0,9462	0,13	0,94746	0,005	1,04984	1,0247
408	0,792	1,0458	0,072	0,9468	0,128	0,94824	0,008	1,04996	1,0262

Tabla 5. Densidad de los gases producto de la combustión

Densidad (kg/m <sup>3</sup> )									
K	N <sub>2</sub>	ρ <sub>N<sub>2</sub></sub>	O <sub>2</sub>	ρ <sub>O<sub>2</sub></sub>	CO <sub>2</sub>	ρ <sub>CO<sub>2</sub></sub>	CO	ρ <sub>CO</sub>	ρ <sub>g</sub>
402	0,80	0,8387	0,062	0,9577	0,121	1,3198	0,01	0,8383	0,9043
403	0,79	0,8368	0,059	0,9556	0,132	1,3178	0,01	0,8364	0,9073
406	0,77	0,8312	0,078	0,9492	0,135	1,308	0,01	0,8308	0,9048
407	0,78	0,8293	0,083	0,947	0,13	1,305	0,00	0,8289	0,9009
408	0,79	0,8274	0,072	0,9449	0,128	1,3021	0,00	0,827	0,8966

Tabla 6. Flujo másico de los gases producto de la combustión

Flujo másico (kg/s)			
K	V m <sup>3</sup> /s	ρ <sub>g</sub> kg/m <sup>3</sup>	m <sub>g</sub> kg/s
402	0,28	0,9043	0,7686
403	0,29	0,9073	0,7349
406	0,27	0,9048	0,6876
407	0,31	0,9009	0,6487
408	0,29	0,8966	0,6904

Tabla 7. Calor de pérdida por los gases producto de la combustión

Calor de pérdida de los gases KW					
Tf <sub>g</sub> (K)	Ti <sub>g</sub> (K)	ΔT <sub>g</sub> (K)	m <sub>g</sub> (kg/s)	Cp <sub>g</sub> (kJ/kg K)	Q <sub>g</sub> (KW)
402	789	387	0,7686	1,0266	100,5975
403	791	388	0,7349	1,0260	104,7471
406	792	386	0,6876	1,0245	96,6039
407	805	398	0,6487	1,0247	113,8985
408	793	385	0,6904	1,0262	102,7320
<b>PROMEDIO</b>					103,7158

**Resultados calor perdido por transferencia al exterior (convección)**

Los resultados del algoritmo de cálculo de la figura 3 se muestran en las tablas siguientes:

Las áreas de transferencia de calor por convección se dividen en tres así:

Tabla 8. Áreas del tanquero contenedor de asfalto

Áreas del tanquero (m <sup>2</sup> )	
A1	27,143
A2	4,524
A3	4,459

Los promedios de temperaturas en las diferentes áreas de transferencia de calor por convección a lo largo del tanquero contenedor de asfalto.

Tabla 9. Datos del proceso de transferencia por

T <sub>S1</sub> (K)	T <sub>S2</sub> (K)	T <sub>S3</sub> (K)	T <sub>aire</sub> (K)	V <sub>aire</sub> (m/s)	D (m)	Tb <sub>1</sub> (K)	Tb <sub>2</sub> (K)	Tb <sub>3</sub> (K)
295	297	303	288	5,278	2,4	291,5	292,5	295,5

Con las temperaturas promedio Tb, de las diferentes áreas consideradas para la experimentación alrededor del tanquero contenedor de asfalto permiten interpolar las propiedades termofísicas del aire a presión atmosférica consideradas en tablas, resultados que se observan en la tabla siguiente:

Tabla 10. Propiedades termofísicas del aire

Propiedades termofísicas del aire a presión atmosférica			
Tb	v	Pr	k
291,5	15,1335	0,70921	0,0257
292,5	15,2225	0,70895	0,0257
295,5	15,4895	0,70817	0,02594

Tabla 11. Resultados de los números adimensionales

Re	Nusselt	h
836995,19	1062,3856	11,376379
832101,6	1057,0634	11,319387
817758,27	1041,4469	11,256305

El calor perdido por transferencia (convección), se presenta en la siguiente tabla dividido por áreas para al final mostrar la suma del calor total perdido por convección en el proceso.

Tabla 12. Calor perdido por transferencia

Calor perdido por transferencia al exterior (KW)			
Qp <sub>1</sub> (W)	Qp <sub>2</sub> (W)	Qp <sub>3</sub> (W)	Qpt (KW)
2161,55714	460,870388	752,885601	3,375

**Resultados del calor disponible por la combustión de diésel**

Para calcular el poder calorífico se hace referencia a la tabla 13 y se aplican las fórmulas para el proceso de cálculo del poder calorífico [3].

Tabla 13. Temperatura de cocción del diésel

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0,5	26,107
1	26,09
1,5	26,079
2	26,07
2,5	26,06
3	26,054
3,5	25,043
4	26,037
4,5	26,03
5	26,023

ENERGÍA MECÁNICA INNOVACIÓN Y FUTURO  
No. 5 Vol. 1 / 2016 (15) ISSN 1390 - 7395 (14/15)

$$t = t_c - t_a - r_1 (b - a) - r_2 (c - b) \quad \text{Ec.2}$$

$$t = 30,398 - 26,023 - (-0,017) (6,5 - 5) - 0,028 (9 - 6,5)$$

$$t = 4,3305 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$e_1 = \frac{c_1}{1000} = \frac{23900}{1000} \quad \text{Ec.3}$$

$$e_1 = 23,9 \text{ cal}$$

$$e_2 = 13,7 \# c_2 \# m = 13,7 \# 1,021,02 \quad \text{Ec.4}$$

$$e_2 = 13,974 \text{ cal}$$

$$e_3 = 2,3 \# c_3 = 2,3 \# 9,15 \quad \text{Ec.5}$$

$$e_3 = 21,045 \text{ cal}$$

$$Q_{st} = \frac{t \# W \# e_1 - e_2 - e_3}{m} \quad \text{Ec.6}$$

$$Q_{st} = \frac{4,3305 \# 2426 - 23,9 - 13,974 - 21,045}{1,02}$$

$$Q_{st} = 10242,0333 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} = 42881,3452 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Sabiendo que el porcentaje de hidrógeno del combustible es 11% y el porcentaje de humedad es 1,5% se calcula el calor disponible mediante la ecuación 7 [4].

$$Q_{it} = Q_{st} - 2500 \# \left( \frac{9H}{100} t + \frac{W}{100} t \right) \quad \text{Ec.7}$$

$$Q_{it} = 42881,3452 - 2500 \# \left( \frac{9 \# 11}{100} t + \frac{1,5}{100} t \right)$$

$$Q_{it} = 40368,8452 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

El calor disponible por la combustión de diésel en el quemador es de:  
 $Q_{comb} = Q_{it} = 40368,8452 \text{ kJ/kg}$ .

### Consumo teórico de diésel en el quemador.

Aplicando el algoritmo de cálculo de la figura 4 para el consumo teórico de diésel por parte del quemador se obtienen los siguientes resultados mostrados en las tablas a continuación:

Tabla 14. Flujo másico de combustible

$Q_{asf} \text{ (KW)}$	$Q_{pt} \text{ (KW)}$	$Q_{pg} \text{ (KW)}$	$Q_{g1} \text{ (KW)}$	$Q_{comb} \text{ (kJ/kg)}$	$\dot{m}_{Tc} \left( \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right)$
37,2053	3,375	272,8212	313,402	40368,8452	0,00776346

El calor utilizado en el proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto es de  $Q_{g1} = 313,402 \text{ kW}$  en promedio y el consumo teórico de diésel en el quemador es de  $\dot{m}_{Tc} = 7,763 \times 10^{-3} \text{ Kg/s}$ .

### Consumo experimental de diésel en el quemador

Según el algoritmo de cálculo mostrado en la figura 5 se obtienen los resultados mostrados en las tablas a continuación: La densidad del diésel a 293 K, es de  $875 \text{ kg/m}^3$  [5].

Tabla 15. Consumo experimental de diésel en relación a las alturas

$h_1 \text{ (m)}$	$h_2 \text{ (m)}$	$t_{promedio} \text{ (s)}$
1,2	0,21	7920

Tabla 16. Flujo másico de diésel

$V_1 \text{ (m}^3\text{)}$	$V_2 \text{ (m}^3\text{)}$	$V_t \text{ (m}^3\text{)}$	$V \text{ (m}^3\text{/s)}$	$\dot{m}_{Ec} \text{ (kg/s)}$
0,085	0,015	0,07	8,836E-06	0,00773402

Dando como resultado el consumo experimental de diésel en el quemador  $\dot{m} = 7,734 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$ .

### Eficiencia del sistema actual

De acuerdo al algoritmo de cálculo de la figura 6 los resultados se muestran en las tablas siguientes:

Cabe mencionar que se presentan los valores promedio, tanto del calor del asfalto  $Q_A$  como del calor gastado en el proceso  $Q_{g1}$ .

Tabla 17. Eficiencia del proceso actual

$Q_A \text{ (KW)}$	$Q_{g1} \text{ (KW)}$	$\eta \text{ (\%)}$
37,2053	313,4018	11,87

### Discusión

En el proceso de calentamiento en distribuidores de asfalto el calor utilizado para llevar al asfalto desde una temperatura inicial hacia una temperatura final de trabajo en relación al calor por pérdidas por los gases producto de la combustión y las pérdidas por transferencia de calor al exterior, muestran una eficiencia promedio

de 11,87%, con las mayores pérdidas por parte de los gases producto de la combustión que salen por la chimenea a altas temperaturas, es posible analizar este fenómeno mediante gráficas que muestran el calor por pérdidas por los gases producto de la combustión en relación a la eficiencia. Figura 8.

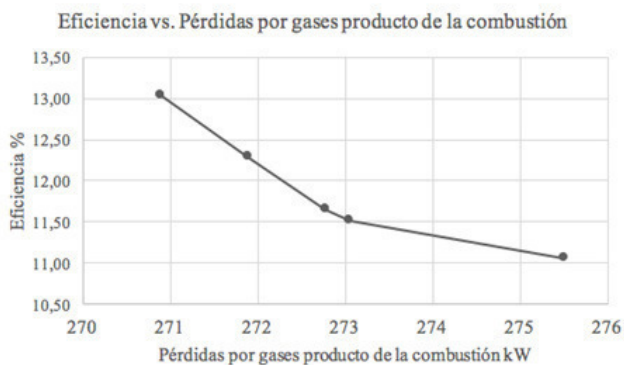


Figura 8. Eficiencia vs. Pérdidas por gases producto de la combustión

En la figura 9 se expone el comportamiento de las pérdidas de calor por transferencia al exterior (convección) en función de la eficiencia del proceso, es posible concluir que la eficiencia no se ve afectada por las pérdidas por transferencia.

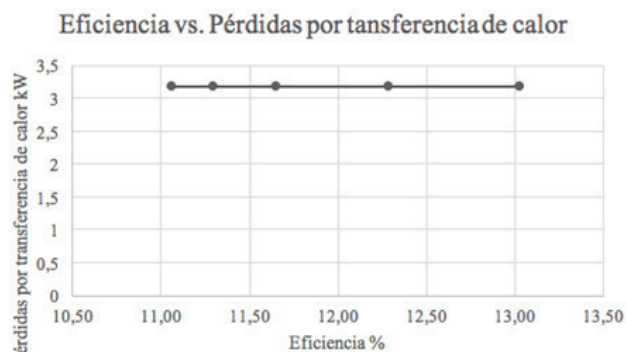


Figura 9. : Eficiencia vs. Pérdidas por transferencia de calor

### **Eficiencia del sistema actual**

La figura 10 muestra el flujo másico de combustible (diésel) consumido durante el calentamiento en el distribuidor de asfalto modelo Rosco del MTOP de Cotopaxi y las pérdidas por los gases producto de la combustión, mientras más son las pérdidas también aumenta el consumo de diésel.

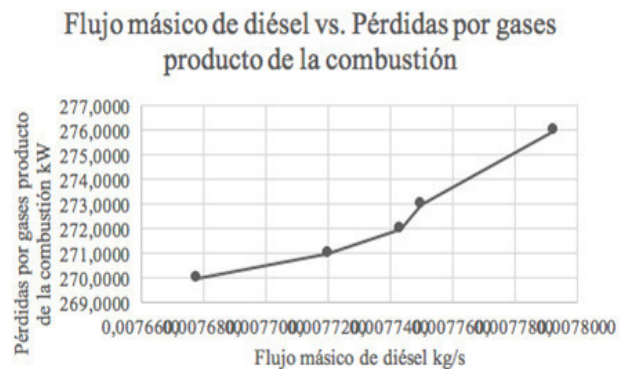


Figura 10. Flujo másico de combustible versus pérdidas por gases producto de la combustión

En la figura 11 se expone el comportamiento del flujo másico de combustible en función de las pérdidas por transferencia de calor por convección al exterior, los resultados obtenidos muestran que el consumo de diésel no se ve afectado por las pérdidas por transferencia por convección, debido a que permanece constante.

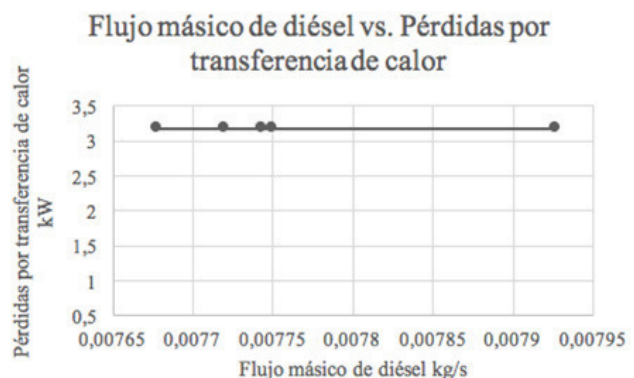


Figura 11. Flujo másico de diésel versus Pérdidas por transferencia de calor por convección

## **4. CONCLUSIONES**

Se obtuvieron los flujos másicos del asfalto 0,1883kg/s, de los gases producto de la combustión 0,6873 Kg/s; capacidades caloríficas del asfalto 2,4112KJ/Kg.K como de los gases producto de la combustión 1,026KJ/Kg.K y el poder calorífico del diésel 403688KJ/Kg. Los algoritmos de cálculo para los flujos de calor en el asfalto 37,2015KW, en los gases producto de la combustión 272,8212KW y las pérdidas por convección 3,375KW, en esta investigación permitieron establecer consumos de combustible teórico



El comportamiento de la eficiencia disminuye con el incremento de las pérdidas y con la reducción del consumo de combustible. El valor máximo alcanzado es de 13,03% con pérdidas de 270 KW. Los valores promedio son de 11,87% con pérdidas de 272 KW.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J.P. Holman, "Heat Transfer," McGraw-Hill Higher Education. 10th Edition. New York United States, 2009.
- [2] F. Incropera, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", John Wiley & Sons. New York. U.S.A, 2013.
- [3] I.Parr, "Colorímetro de bomba de oxígeno de chaqueta sencilla Parr 1341". Parr Instruments Company, 2014.
- [4] E. Torrella, "La Combustión, combustibles y tipos", Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España, 2014.
- [5] L.Valencia, "Caracterización de mezclas diésel-biodiésel orientadas a disminuir las emisiones contaminantes provocadas por Fuentes móviles. Densidad del diésel a 15°C", 2013.

## 6. BIOGRAFÍA



<sup>1</sup>Emilia Aimacaña Sánchez. Magíster en Gestión de Energías, Ingeniera Automotriz, Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.



<sup>2</sup> Roberto Salazar A. Magíster en Gestión de Energías, Ingeniero en Electromecánica, Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

### REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	20 junio 2016
Fecha aceptación	06 noviembre 2016