

Ahorro energético en el Sistema de Recuperador de Condensados de una Planta Industrial en Guayaquil utilizando un Surge Tank

Jorge Villacrés Y.*, Francisco Andrade S.**
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de Producción (FIMCP)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral
Guayaquil, Ecuador
jvillacr@espol.edu.ec*, fandrade@espol.edu.ec**

Resumen

En estos últimos años, la conciencia energética y la percepción medioambiental han transformado el sistema de condensado. Lo que antes era un modesto subproducto de la distribución de vapor se ha convertido hoy día en un recurso muy valioso para cualquier industria.

La eficiencia energética es el corazón de un sistema de vapor. El concepto de ingeniería llamado circuito totalmente cerrado ha alcanzado en grandes empresas de nuestro país cero pérdidas de vapor y retorno de condensados mayor al 95%.

Un Sistema de condensados presurizado puede ahorrar a una planta industrial como mínimo de un 15% a 35% los costos de combustible, cuando lo comparamos con un sistema de condensados convencional venteado a la atmósfera.

Entendiendo estos conceptos, la presente tesis se basa en el Ahorro energético en el Sistema de Recuperador de Condensados de una Planta Industrial en Guayaquil utilizando un Surge Tank, el motivo de la instalación de este Surge Tank desde el punto de vista operacional es que se lo presuriza a 70 Psig, haciendo que las bombas de transferencia funcionen perfectamente, porque no es vapor lo que van a bombear cuando el tanque esta a la presión atmosférica sino agua a 160°C que es cercana a la temperatura de saturación del agua a 70 Psig.

Con la implementación del sistema propuesto podemos darle a conocer a la alta gerencia la cantidad de energía que estaríamos ahorrando, y a su vez mostrarle cuánto dinero ahorraría la empresa anualmente en combustible y en agua.

Palabras claves: Sistema de condensados presurizado, Surge Tank, Ahorro energético

Abstract

In the latter years, the energetic conscience and the environmental perception have transformed the system of condensed. What before was a modest by-product of the steam distribution has turned today into a very valuable resource for any industry.

The energetic efficiency is the heart of a steam system. The concept of engineering called totally closed circuit has reached in big ecuadorian companies of our country zero losses of steam and return of condensed water bigger than 95 %.

Pressurized condensate systems can provide plants with a minimum of 15% to 35% savings in fuel costs when compared to a conventional atmospherically vented condensate system.

Understanding these concepts, the present thesis is based on the energetic Saving on Recuperador's System of Condensed of an Industrial Plant on Guayaquil using a Surge Tank, the motive of the installation from this Surge Tank from the operational point of view is that presurized to 70 Psig, doing that the transfer's pump work perfectly, because it is not a steam what they are going to pump when the tank this is at atmospheric pressure but water at 160°C that is near to the saturation temperature of water at 70 Psig.

With the implementation of the proposed system we can announce to the high management the quantity of energy that we would be saving, and how much money would save the company annually in fuel and in water.

Key words: Pressurized Condensate System, Surge Tank, Energy saving

1. Introducción

En estos últimos años, la conciencia energética y la percepción medioambiental han transformado el sistema de condensado. Lo que antes era un modesto subproducto de la distribución de vapor se ha convertido hoy día en un recurso muy valioso para cualquier industria.

Un Sistema de condensados presurizado puede ahorrar a una planta industrial como mínimo de un 15% a 35% los costos de combustible, cuando lo comparamos con un sistema de condensados convencional ventado a la atmósfera.

El tema a analizar en la presente tesis se basa en comparar cuanta energía ahorrará una Planta Industrial en Guayaquil implementando un Sistema Recuperador de condensados presurizado utilizando un Surge Tank en vez de utilizar un tanque recolector de condensados ventado a la atmósfera.

Con la implementación del sistema propuesto podemos darle a conocer a la alta gerencia la cantidad de energía que estaríamos ahorrando, y a su vez mostrarle cuánto dinero ahorraría la empresa anualmente y en cuanto tiempo recuperaría la inversión.

1. Objetivos

- El objetivo principal del proyecto es analizar y comparar el ahorro energético que se obtiene al implementar un Sistema Recuperador de condensados presurizado utilizando un Surge Tank en vez del Sistema Recuperador de condensado con un tanque recolector de condensados ventado a la atmósfera que posee una planta industrial.
- Recuperar los condensados orgánicos que se obtienen en los diferentes procesos de producción.

2. Metodología

En la primera parte se revisara los fundamentos teóricos utilizados en un sistema de vapor y principios prácticos de conservación de energía.

Luego se realizara un detalle de los elementos que conforma el sistema de vapor instalado en la planta industrial, entendiéndose equipos de generación,

distribución de vapor a los diferentes procesos y el sistema de recuperación de condensados.

Posteriormente se realizara un análisis energético del sistema actual de recuperación de condensados y un evaluación del sistema de recuperación de condensado utilizando un Surge Tank.

Finalmente se realizara un análisis económico de cuánto dinero se ahorraría la empresa en combustible y cuál es el tiempo de retorno de la inversión.

Al culminar el proyecto se espera poder cumplir con el objetivo principal planteado, permitiendo de esta manera disminuir los costos de producción.

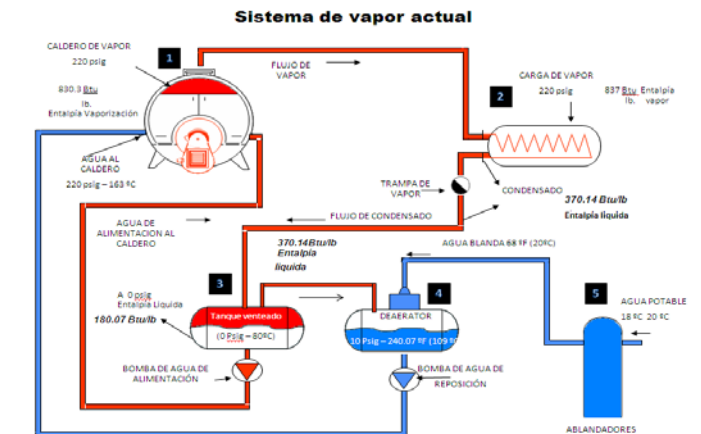
3. Análisis sistema actual de recuperación de condensados

Para realizar el análisis energético del sistema actual de recuperación de condensado debemos de tener en cuenta los siguientes parámetros:

Capacidad instalada de generación de vapor	: 2300 BHP
Presión de operación de la caldera	: 220 Psig
Eficiencia de la caldera	: 80%
Porcentaje estimado retorno de condensado	: 80%
Cantidad de agua de reposición (Make-up)	: 20%
Temperatura del agua de reposición	: 70°F

Condiciones actuales del sistema de retorno de condensado

Todo el condensado retorna al tanque recolector de



condensados, cuya presión es de 0 Psig (Ver figura 1)

FIGURA 1 ESQUEMA DEL SISTEMA ACTUAL DE VAPOR

Análisis energético del sistema actual

La planta industrial requiere un flujo estimado de vapor de 38,812.5 lb/hr para satisfacer la demanda que exige los diferentes procesos. Como el porcentaje estimado de retorno de condensado es del 80% podemos obtener que la cantidad de retorno de condensado es de 31050 lb/hr.

El recolector de condensado actual ventea a la atmósfera vapor flash, lo que significa pérdidas para el sistema.

Para poder calcular el porcentaje de pérdida de vapor flash en el sistema podemos utilizar la ecuación 1 [6]:

$$\% \text{ Vapor Flash} = \frac{\text{Calor sensible a alta presión} - \text{Calor sensible a baja presión}}{\text{Calor latente a baja presión}} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$$\dot{m}_{flash} = \text{Cantidad de retorno de condensado} \times \% \text{ vapor flash} \quad \text{Ec. 2}$$

- El calor sensible a alta presión es la entalpía de líquido saturado a los 220 Psig (hf) que es la presión de operación de las calderas, cuyo valor corresponde a 370.14 Btu/lb
- El calor sensible a baja presión es la entalpía del agua a la presión de 0 Psi (hf) cuyo valor corresponde a 180.07 Btu/lb
- El calor sensible a baja presión es la entalpía de evaporización a la presión de 0 Psi (hfg) cuyo valor

$$\% \text{ Vapor Flash} = \frac{370.14 - 180.07}{970.3} \quad \text{corresponde a } 970.3 \text{ Btu/lb}$$

Reemplazando los valores en la Ec. 1 se obtiene:

$$\% \text{ Vapor Flash} = 19.59\%$$

Usando este porcentaje, podemos calcular la cantidad de condensado perdido en el venteo como vapor flash de la siguiente manera:

Donde:

- Cantidad de retorno de condensado= 31050 lb/hr
- % Vapor flash= 19.59%

Se procede a reemplazar los valores en la Ec. 2 obtenemos que:

$$\dot{m}_{flash} = 19.59\% \times 31,050 \text{ lb/hr}$$

$$\dot{m}_{flash} = 6,082.7 \text{ lb/hr}$$

Una vez obtenida la cantidad de condensado perdido como vapor flash podemos calcular el calor perdido en el sistema con la siguiente ecuación:

$$q_{perdido} = h_{g1} \dot{m}_{flash} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- hg1 es la Entalpía de vapor saturado a 0 Psig cuyo valor corresponde a 1,150.6 Btu/lb
- y como $\dot{m}_{flash} = 6,082.7 \text{ lb/hr}$

Procedo a reemplazar valores en la Ec. 3

$$q_{perdido} = h_{g1} \dot{m}_{flash}$$

$$q_{perdido} = 1,150.6 \text{ Btu/lb} * 6,082.7 \text{ lb/hr}$$

$$q_{perdido} = 6,998,754.62 \text{ Btu/hr}$$

Análisis energético utilizando los deareadores

Para realizar el análisis energético del sistema actual de recuperación de condensado utilizando los deareadores debemos de calcular en primera instancia la cantidad de vapor requerido para la deareación del agua de reposición (make-up), realizando un balance de energía entre el tanque deareador y la caldera [2]:

$$\dot{m}_A h_{fg4} = \dot{m}_1 (h_{f4} - h_{f5}) * (\% AR) \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- \dot{m}_A = Cantidad de vapor requerido para deaeración
- h_{fg4} = Calor latente de evaporización a 10 Psig cuyo valor es de 952.1 Btu/lb
- \dot{m}_1 = Flujo estimado de vapor requerido por la planta cuyo valor es de 38,812.5 lb/hr
- h_{f4} = Entalpía de líquido saturado a la presión de 10 Psig, cuyo valor es de 208.42 Btu/lb
- h_{f5} = Entalpía líquida a la temperatura de 70 °F (Make-up), cuyo valor es de 38.04 Btu/lb
- (%AR) = Porcentaje de agua de reposición, este valor lo estamos estimando que es el 20%.

Despejando \dot{m}_A de la ecuación 4 se obtiene:

$$\dot{m}_A = \frac{\dot{m}_1(h_{f4} - h_{f5}) * (\%AR)}{h_{fg4}}$$

Procedo a reemplazar valores:

$$\dot{m}_A = \frac{38,812.5 \text{ lb/hr} (208.42 \text{ Btu/lb} - 38.04 \text{ Btu/lb}) * (20\%)}{952.1 \text{ Btu/lb}}$$

$$\dot{m}_A = 1,389.22 \text{ lb/hr}$$

Ahora debemos calcular el calor total que deben suministrar las calderas con tanque venteado:

$$\eta_{caldera} = \frac{\text{Calor útil}}{\text{Calor total}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_T} \quad \text{Ec. 5}$$

El calor útil es igual a:

$$Q_{\text{útil}} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D \quad \text{Ec. 6}$$

Procedo a calcular el $Q_{\text{útil}}$ sabiendo que:

Q_A : Es igual al calor generado por la caldera y retorna al tanque venteado:

$$Q_A = \dot{m}_2(h_{g1} - h_{f3}) - \dot{m}_{\text{flash}}(h_{g1} - h_{f3}) \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

\dot{m}_2 = Cantidad de retorno de condensado cuyo valor es de 31050 lb/hr

$$\dot{m}_{\text{flash}} = 6,082.7 \text{ lb/hr}$$

- h_{g1} = Entalpía de vapor saturado a la presión de operación de la caldera 220 Psig cuyo valor es de 1200.4 Btu/lb
- h_{f3} = Entalpía de líquido saturado a la presión del tanque recolector de condensado 0 Psig cuyo valor es de 180.07 Btu/lb

Reemplazo los valores en Ec. 7:

$$Q_A = (31,050 - 6,082.7) \text{ lb/hr} (1,200.4 - 180.07) \text{ Btu/lb}$$

$$Q_A = 25,474.8852 \text{ Btu/hr}$$

Q_B : Es igual al calor que ingresa al tanque venteado como reposición (Make-up):

$$Q_B = \dot{m}_{\text{flash}}(h_{g1} - h_{f5}) \quad \text{Ec. 8}$$

- h_{g1} = Entalpía de vapor saturado a la presión de operación de la caldera 220 Psig cuyo valor es de 1200.4 Btu/lb

- h_{f5} = Entalpía del líquido saturado del agua de reposición a la temperatura de 70 °F cuyo valor es de 38.04 Btu/lb

Reemplazo los valores en Ec. 8:

$$Q_B = 6,082.7 \text{ lb/hr} (1,200.4 \text{ Btu/lb} - 38.04 \text{ Btu/lb})$$

$$Q_B = 7,070,287.17 \text{ Btu/hr}$$

Q_C : Es igual al calor generado por la caldera que va al tanque deaerador:

$$Q_C = \dot{m}_1(h_{g1} - h_{f4}) * (\%AR) \quad \text{Ec. 9}$$

- \dot{m}_1 = Flujo estimado de vapor requerido por la planta cuyo valor es de 38,812.5 lb/hr

- h_{g1} = Entalpía de vapor saturado a la presión de operación de la caldera 220 Psig cuyo valor es de 1200.4 Btu/lb

- h_{f4} = Entalpía de líquido saturado a la presión de 10 Psig, cuyo valor es de 208.42 Btu/lb

- (%AR) = Porcentaje de agua de reposición, este valor lo estamos estimando que es el 20%

Reemplazo los valores en Ec. 9:

$$Q_C = 38,812.5 \text{ lb/hr} (1,200.4 \text{ Btu/lb} - 208.42 \text{ Btu/lb}) * (20\%)$$

$$Q_C = 7'700,244.75 \text{ Btu/hr}$$

Q_D : Es igual al calor requerido para la deaeración del agua de reposición:

$$Q_D = \dot{m}_A (h_{g1} - h_{f5}) \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

- $\dot{m}_A = 1,389.22 \text{ lb/hr}$
- h_{g1} = Entalpía de vapor saturado a la presión de operación de la caldera 220 Psig cuyo valor es de 1200.4 Btu/lb
- h_{f5} = Entalpía del líquido saturado del agua de reposición a la temperatura de 70 °F cuyo valor es de 38.04 Btu/lb

Reemplazo los valores en Ec. 10:

$$Q_D = 1,389.22 \text{ lb/hr} (1,200.4 \text{ Btu/lb} - 38.04 \text{ Btu/lb})$$

$$Q_D = 1'614,773.76 \text{ Btu/hr}$$

Una vez calculado Q_A , Q_B , Q_C y Q_D procedo a reemplazar los valores en la ecuación 6, para obtener Q_{util} .

$$Q_{util} = (25'474.885,2 + 7'070,287.17 + 7'700,244.756 + 1'614,773.76) \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{util} = 41'860,190.88 \text{ Btu/hr}$$

Ahora procedemos a calcular el calor total generado por las calderas utilizando la ecuación 5, asumiendo que la eficiencia de las calderas es del 80%.

$$Q_T = \frac{Q_{util}}{\eta_{caldera}}$$

$$Q_T = \frac{41'860.190.88 \text{ Btu/hr}}{0.80}$$

$$Q_T = 52'325,238.6 \text{ Btu/hr}$$

4. Evaluación del sistema energético utilizando un Surge Tank

Utilizando un sistema de condensado presurizado puede ahorrar como mínimo de un 15% a 35% en combustible en comparación con un sistema de retorno de condensado utilizando un tanque convencional venteadado.

El sistema de condensado presurizado no es un lujo, pero es un componente necesario para maximizar o incrementar la eficiencia de del sistema de vapor.

En Figura 2, se muestra como el condensado retorna directamente al llamado "Surge Tank" de alta presión (High Pressure receiver) instalado en la sala de calderos, a una presión de 70 Psig, desde aquí se alimenta el agua a 158°C. El agua de reposición (Make-up), que viene de los ablandadores hacia el derredor es mínima, y por supuesto se logra una eficiencia total que pasa del 85% con un considerable ahorro de combustible y agua.

Una vez mencionada las ventajas de utilizar el Surge Tank en el sistema de recuperación de condensado procedamos a calcular el ahorro de energía que se tiene con la utilización del mismo.

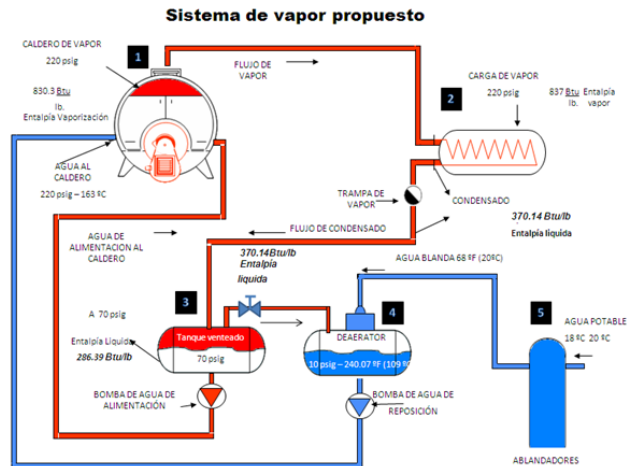


FIGURA 2 ESQUEMA DEL SISTEMA DE VAPOR PROPUESTOS

Para poder calcular el porcentaje de pérdida de vapor flash en este sistema podemos hacer uso de la ecuación 1[6]:

$$\% \text{ Vapor Flash} = \frac{\text{Calor sensible a alta presión} - \text{Calor sensible a baja presión}}{\text{Calor latente a alta presión}} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- El calor sensible a alta presión es la entalpía de líquido saturado a los 220 Psig (hf) que es la presión de operación de las calderas, cuyo valor corresponde a 370.14 Btu/lb
- El calor sensible a baja presión es la entalpía del agua a la presión de 70 Psig (hf) cuyo valor corresponde a 286.39 Btu/lb
- El calor sensible a baja presión es la entalpía de evaporización a la presión de 70 Psig (hfg) cuyo valor corresponde a 1,184.2 Btu/lb

$$\% \text{ Vapor Flash} = \frac{370.14 - 286.39}{1,184.2}$$

$$\% \text{ Vapor Flash} = 7\%$$

Usando este porcentaje, podemos calcular la cantidad de condensado que retorna como vapor flash al deareador utilizando al ecuación 2:

$$\dot{m}_{flash} = \text{Cantidad de retorno de condensado} \times \% \text{ vapor flash} \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

- Cantidad de retorno de condensado= 31050 lb/hr
- % Vapor flash= 7%

Se procede a reemplazar los valores en la Ec. 2 obtenemos que:

$$\dot{m}_{flash} = 7\% \times 31,050 \text{ lb/hr}$$

$$\dot{m}_{flash} = 2,173.5 \text{ lb/hr}$$

Y como ya habíamos calculado que la cantidad de vapor requerido para deareacion del agua de reposición es de 1,389.22 lb/h, podemos obtener que la cantidad de vapor que debe suministrar la caldera al deareador es mínima, la misma que la podemos aproximar a 0 lb/hr.

Ahora debemos calcular el calor total que deben suministrar las calderas con el Surge Tank aplicando la ecuación 5:

$$\eta_{caldera} = \frac{\text{Calor útil}}{\text{Calor total}} = \frac{Q_{util}}{Q_T} \quad \text{Ec. 5}$$

Así mismo como calculamos el calor útil utilizando un tanque venteado utilizamos la ecuación 6:

$$Q_{util} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D \quad \text{Ec. 6}$$

Procedo a calcular el Q_{util} sabiendo que:

Q_A : Es igual al calor generado por la caldera y retorna al Surge Tank:

$$Q_A = \dot{m}_2(h_{g1} - h_{f3}) - \dot{m}_{flash}(h_{g1} - h_{f3}) \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- \dot{m}_2 = Cantidad de retorno de condensado cuyo valor es de 31050 lb/hr
- $\dot{m}_{flash} = 2,173.5 \text{ lb/hr}$
- h_{g1} = Entalpía de vapor saturado a la presión de operación de la caldera 220 Psig cuyo valor es de 1200.4 Btu/lb
- h_{f3} = Entalpía de líquido saturado a la presión del Surge Tank a 70 Psig cuyo valor es de 286.39 Btu/lb

Reemplazo los valores en Ec. 7:

$$Q_A = (31,050 - 2,173.5) \text{ lb/hr} (1,200.4 - 286.39) \text{ Btu/lb}$$

$$Q_A = 26,393,409.77 \text{ Btu/hr}$$

Q_B : Es igual al calor que ingresa al Surge Tank como reposición (Make-up), por ende $Q_B \rightarrow 0$.

Q_C : es igual al calor generado por la caldera que va al tanque deareador y viene dada por la siguiente ecuación:

$$Q_C = (h_{g1} - h_{f4}) * [(\dot{m}_1 * \%AR) + \dot{m}_{flash}] \quad \text{Ec. 10}$$

- \dot{m}_1 = Flujo estimado de vapor requerido por la planta cuyo valor es de 38,812.5 lb/hr
- $\dot{m}_{flash} = 2,173.5 \text{ lb/hr}$
- h_{g1} = Entalpía de vapor saturado a la presión de operación de la caldera 220 Psig cuyo valor es de 1,200.4 Btu/lb
- h_{f4} = Entalpía de líquido saturado a la presión de 10 Psig, cuyo valor es de 208.42 Btu/lb
- (%AR) = Porcentaje de agua de reposición, este valor lo estamos estimando que es el 20%

Reemplazo los valores en Ec. 10:

$$Q_C = (1,200.4 - 208.42) * [(38,812.5 * 20\%) + 2,173.5]$$

$$Q_C = 9,856,313.28 \text{ Btu/hr}$$

Q_D es igual al calor requerido para la deareacion del agua de reposición, por ende $Q_D \rightarrow 0$.

Una vez calculado Q_A , Q_B , Q_C y Q_D procedo a reemplazar los valores en la ecuación 6, para obtener Q_{util} .

$$Q_{\text{util}} = Q_A + Q_B + Q_C + Q_D$$

$$Q_{\text{util}} = (26'393,409.77 + 9'856,313.28) \text{ Btu / hr}$$

$$Q_{\text{util}} = 36'250,023.05 \text{ Btu / hr}$$

Ahora procedemos a calcular el calor total generado por las calderas utilizando un Surge Tank, con la ecuación 5, asumiendo que la eficiencia de las calderas es del 80%.

$$Q_r = \frac{Q_{\text{util}}}{\eta_{\text{caldera}}}$$

$$Q_r = \frac{36'250,023.05 \text{ Btu / hr}}{0.80}$$

$$Q_r = 45'312,528.81 \text{ Btu / hr}$$

Una vez realizado los cálculos energéticos del sistema actual de recuperación de condensados y los cálculos energéticos utilizando un Surge Tank en el sistema de recuperación de condensado podemos ver que la cantidad de energía que se ahorra es de:

$$Q_{\text{ahorrado}} = 52'325,238.6 - 45'312,528.81 \text{ Btu / hr}$$

$$Q_{\text{ahorrado}} = 7'012,709.79 \text{ Btu / hr}$$

5. Análisis Económicos

Costos de general de vapor

El costo del vapor o costo de generación del vapor (\$/1000 lbs.vapor) es una buena vía para poder conocer la eficiencia de un sistema de vapor. Este costo depende del tipo de combustible se utilice, del costo del combustible, la eficiencia de las calderas, la temperatura de alimentación del agua y la presión del vapor.

El combustible que se utiliza en esta planta industrial es el Oil N°6(bunker).

Para saber el contenido de energía del Oil N°6(bunker) podemos utilizar la Tabla 1.

TABLA 1

CONTENIDO DE ENERGÍA Y EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES

Energy Content and Combustion Efficiency of Fuels		
Fuel Type, sales unit	Energy Content, Btu/sales unit	Combustion Efficiency, %
Natural Gas, MMBtu	1,000,000	85.7
Natural Gas, thousand cubic feet	1,030,000	85.7
Distillate/No. 2 Oil, gallon	138,700	88.7
Residual/No. 6 Oil, gallon	149,700	89.6
Coal, ton	27,000,000	90.3

Note: Combustion efficiency is based on boilers equipped with feedwater economizers or air preheaters and 3% oxygen in flue gas.

El costo del Oil N°6(bunker) es de 0.7224 \$/galón.

Costo del sistema propuesto

En el análisis de costo están considerados todos los requerimientos necesarios para realización del montaje del Surge Tank, así como también el costo de materiales y mano de obra del proyecto el cual tiene un costo total de US 31.139,36 los cuales se subdividen como:

Costo del Surge Tank : \$ 13.832,00

Costo de Instalaciones relativas al Surge: \$ 17.307,36

Costo total de la Inversión : \$ 31.139,36

Ahorro económico y tiempo de retorno de inversión

En la sección 4 pudimos obtener que el calor total que debe suministrar las calderas utilizando el tanque recolector de condensados venteado es de $Q_r = 52'325,238.6 \text{ Btu / hr}$, y en la sección 5 calculamos que el calor total que debe suministrar las calderas utilizando el Surge Tank es de $Q_r = 45'312,528.81 \text{ Btu / hr}$.

Con el análisis energético realizado podemos obtener el ahorro neto que se tiene utilizando el Surge Tank en vez de un tanque venteado.

$$\text{Ahorro Neto} = 7'012,709.79 \text{ Btu / hr}$$

Como:

Para Oil N°6(bunker) → 1 galón=149,700Btu (Ver Tabla 1)

Costo del Bunker = \$ 0.7224/ galón

Se obtiene que:

$$\text{Ahorro Neto} = \frac{7'012,709.79 \text{ Btu / hr}}{149,700 \text{ Btu / galón}} = 46.85 \frac{\text{galón}}{\text{hr}} + \frac{\$0.7224}{\text{galón}} = \frac{\$33.84}{\text{hr}}$$

Considerando que la operación de las calderas es de 24 horas por día, 7 días de la semana y 48 semanas al año se obtiene que:

$$\text{Ahorro Neto} = \frac{\$ 33.84}{\text{hr}} * 8,064 \frac{\text{hr}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro Neto} = \text{USD } \$ 272,885.76 \text{ al año}$$

En este valor solo se está considerando el ahorro de combustible, por lo cual se le debe sumar el ahorro en agua y el ahorro de producto químico utilizado para su tratamiento.

El tiempo que se va a recuperar la inversión es:

$$TRI = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}}$$

$$TRI = \frac{\$ 31.139,36}{\$ 272,885.76/\text{año}}$$

$$TRI = 0.12 \text{ año} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}}$$

$$TRI = 45 \text{ días}$$

6. Conclusiones

- Comparando los resultados de los análisis energéticos del sistema recolector de condensados actual con el sistema recolector de condensados utilizando un Surge Tank, podemos ver que la Planta Industrial podría ahorrar un 15% de energía.
- La Planta Industrial podría ahorrar \$272,885.76 al año solo en combustible, sin tomar en cuenta el ahorro de agua y de químicos. Teniendo un tiempo de retorno de inversión de 45 días.

7. Recomendaciones

- La implementación de este proyecto debe de realizarse lo más pronto posible debido al gran ahorro económico que representa para la planta industrial.
- Colocar medidores de flujo para vapor y condensado en puntos estratégicos, para poder registrar el consumo de vapor en cada proceso y cuanta cantidad de condensado retorna.

8. Referencias

- [1] Manson R. Bruce & Young F. Donald, Fundamentos de Mecánica de Fluidos, Editorial Limusa año 2003.
- [2] Cengel A. Yunus, Fundamentos de Termodinámica, Editorial Mc-Graw Hill año 2006.
- [3] Zambrano Z. Carlos, “Diseño de Software para Diseño de Recipientes a presión Según el Código Asme” (Tesis Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 1999)
- [4] Balanzategui S. Vladimir, “Diseño Térmico y Mecánico de un Generador a vapor, tipo Piro-tubular, posición Horizontal” (Tesis Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 1999)
- [5] Paffer Kelly, “Pressurized Condensate Return System”, Technical Manager Plant Support & Evaluations, Inc. año 2006.
- [6] Flash Steam Are You Venting (Flash) Steam to Atmosphere?, Technical Manager Plant Support & Evaluations, Inc. año 2006.
- [7] Selmecc, Manual Selmecc de Calderas, Edición año 1980