

AHORRO ENERGÉTICO INTEGRAL EN LA FABRICA DE CERVEZA TÍNIMA.

Dr. Ricardo González Gutiérrez, Ing. Raul González de la Cruz.

Institución: Universidad de Camagüey. Carretera de circunvalación norte km 5 ½. Camagüey.

Teléfono: 261192. Fax: 322-261126

Email: opuc@qui.reduc.edu.cu

Resumen

En el presente trabajo se propone realizar un análisis integral del sistema termoenergético de la cervecera Tínima de Camagüey; en el mismo se realizan, entre otras cosas: la determinación del gasto de vapor en los grandes consumidores y su valoración económica (global y por aparato), el análisis del comportamiento de algunos indicadores energéticos, la consideración de dos posibles alternativas para el ahorro de combustible así como una valoración del impacto medioambiental del proceso.

El **problema** en la fabrica fue: insuficiente aprovechamiento del vapor y los condensados y la **hipótesis** propuesta: Alternativas para el ahorro de combustible en el sistema termoenergético de Tinima y los **resultados** fueron:

El tacho (2) es el mayor consumidor de vapor de la fabrica(en un 50%), los indicadores energéticos considerados no tienen valores favorables y tienden a crecer, la producción de cerveza de alta densidad proporciona tanto un aumento de la productividad como un apreciable ahorro de fuel-oil(37,5%),

Como resultado del análisis de condensado (3) se obtuvo que el sistema presenta caídas de presión relativamente bajas; las pérdidas exergéticas son poco significativa así como la eficiencia de las tuberías se presenta en un rango bastante aceptable próximo a un valor de 99 % que es el óptimo valor para este tipo de tuberías y se llevo a cabo su valoración económica.

Introducción.

En los momentos actuales, el consumo energético en la empresa cervecera Tínima es una gestión de primera necesidad y tiene una influencia marcada en las fichas de costo de las áreas productivas. Por ello se hace necesario un análisis minucioso del sistema energético, principalmente de la energía térmica, de la empresa. Tanto los procesos de cocción de mosto como la pasteurización y lavado de botellas representan puntos críticos en el consumo energético de las empresas cerveceras mundiales.

En los momentos actuales, la fábrica desconoce por completo los consumos reales de los grandes consumidores, tales como el macerador, el tacho, el pasteurizador y la lavadora, y por lo tanto desconoce también si hay una sobreproducción de vapor en la casa caldera.

En esta institución la recuperación y recirculación de los condensados que se obtienen a partir del vapor de agua generado en la caldera son de gran importancia debido al ahorro energético que proporciona a la misma, otro problema que existe en la fábrica consiste en la emisión a la atmósfera de los vahos del tacho, cantidad considerable de energía que podría ser aprovechada; ocasionando pérdidas considerables por concepto de no aprovechamiento óptimo de combustible, sin dejar de destacar que este escape de vahos también constituye una fuente de contaminación al ambiente.

Objetivos del trabajo:

- Realizar un análisis técnico-económico del uso y aprovechamiento del vapor y el condensado en el esquema termoenergético de la cervecera Tínima.

Esquema de distribución de vapor en la cervecera Tínima

Los 12006 kg./hora de vapor producido en la casa caldera, con una presión de trabajo que oscila entre 523343.63 y 837349,8 Pa, es enviado a un distribuidor de vapor, el cual alimenta a todos los

consumidores de vapor de la fábrica. Del distribuidor, salen las tres líneas fundamentales de vapor con los siguientes destinos: área de cocción y área de embotellado.

Aparte de estos consumidores potenciales, existen otros que se alimentan de alguna de estas líneas principales antes mencionadas.

Metodología de cálculo

La metodología de cálculo consiste en el planteamiento y uso de balances de masa y energía para los diferentes equipos bajo estudio. Estos balances de masa y energía encuentran sus fundamentos en la ciencia de las operaciones y procesos con transferencia de calor.

Para realizar la evaluación de tuberías de equipos de la fábrica de cervezas Tímina primeramente se procedió a realizar un levantamiento hidráulico del sistema de tuberías instalado, para conocer las características técnicas de la misma como son, diámetro, longitud, cantidad de accesorios, tipos de accesorios, etc. Luego de realizar dicho levantamiento, se calculan las pérdidas o caídas de presión en las diferentes etapas que componen el sistema. Más tarde se realiza un balance exergético para cuantificar las pérdidas de exergía a través de la tubería, así como el cálculo del valor monetario de estas pérdidas. Para realizar los cálculos antes mencionados, se dividió el sistema en seis secciones las que enumeraremos a continuación:

Sección 1: salida del macerador hasta el tanque de recepción de condensado.

Sección 2: salida del tacho hasta el tanque de recepción de condensado.

Sección 3: salida de la lavadora hasta el tanque de recepción de condensado.

Sección 4: salida del pasteurizador hasta el tanque de alimentación de condensado.

Sección 5: salida del tanque de condensado hasta el deareador.

Sección 6: salida del deareador hasta la caldera.

En el caso del aprovechamiento de los vahos se procede de la forma siguiente: Se toma como base la cerveza de 8^o balling (50-50) ya que es la que mayor producción tiene la fábrica.

Para realizar el diseño del Termocompresor a fin de recuperar los vahos del tacho en la fabrica de cerveza, primeramente se procede a realizar un balance de materiales para cuantificar pérdida de vapor a la atmósfera.

Luego se calculó la cantidad necesaria de vapor vivo para comprimir el vapor aspirado, de acuerdo a esa cantidad, si es rentable y sus características, así como su dimensión, con lo que se calculó el Termocompresor por separado.

Por último los cálculos de ahorro de energía y económico.

Datos de los fluidos de los equipos bajo estudio.

Datos del Macerador

$$T_1 = 38,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad P_v = 0,395 \text{ Mpa}$$

$$T_2 = 76 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_v = 143,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V = 430 \text{ Hls} = 43 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1250 \text{ kg/m}^3$$

Datos del Tacho

$$P_v = 0,273 \text{ Mpa}$$

$$T_v = 130,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V = 750 \text{ hls} = 75 \text{ m}^3$$

$$t = 112 \text{ minutos} = 1,87 \text{ horas}$$

$$\rho = 1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Datos de la lavadora

$$P_v = 0,396 \text{ Mpa}$$

$$T_v = 143,22^\circ \text{C}$$

$$P_v = 0,396 \text{ Mpa}$$

$$T_v = 143,22^\circ \text{C}$$

en..el..arranque

$$T_1 = 30^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 75^\circ \text{C}$$

Datos del pasteurizador

$$P_v = 0,396 \text{ Mpa}$$

$$T_v = 143,22^\circ \text{C}$$

$$Q_v = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

durante..el...proceso

$$\Delta T_1 = 6^\circ \text{C}$$

$$\Delta T_2 = 8^\circ \text{C}$$

Datos a utilizar.

Los datos con que trabajaremos a continuación se darán por equipos comprendase estos como su salida hasta su destino.

Tabla # 1. Datos de salida de los equipos.

Equipos	T(°C)	$\rho(\text{Kg}/\text{m}^3)$	$\mu(\text{Pa}\cdot\text{s})$	Qm(Kg/s)	D _{tub} (m)
Macerador	143.18	943.49	192	1.646	0.0875
Tacho	132.97	932.59	207.3	2.280	0.0875
Lavadora	143.18	943.49	192	0.363	0.0875
Pasteuriz.	143.18	943.49	192	0.309	0.0875
T. conden.	143.18	943.49	192	4.598	0.0875
Deareador	202.89	851.7	131.11	4.598	0.0875

Datos para la realización del diseño del Termocompresor.

Datos del vapor que entra a la calandria del tacho Huppmann.

Vapor saturado a la temperatura de 133°C y a la presión absoluta de 3 kgf/cm² = 304,059 kPa.=0.273 Mpa

Volumen específico del vapor: 0,2196 m³/kg. (Keenan, 1978)...

Densidad = 2,12 kg/m³ (Keenan, 1978)...

H = 2721 kJ/kg (Keenan, 1978)...

λ = 2254.4 kJ/kg (Keenan, 1978)...

Presión de trabajo: 3 kgf abs/cm² = 0.273 Mpa

Datos para la cervezas de:

8° Balling (50/50)

Resultados Obtenidos:

1) Vapor

Tabla 2: Consumo másico de vapor en los equipos.

Equipos	Consumo(%)
Tacho	50,42
Macerador	35,8
Lavadora	7,9
Pasteurizador	6,72

Tabla 3: Costo de producción del vapor.

<i>Equipo</i>	<i>Costo(\$USD)</i>	<i>%</i>
<i>Tacho</i>	<i>512,95</i>	<i>45,67</i>
<i>Macerador</i>	<i>130,47</i>	<i>11,61</i>
<i>Pasteurizador</i>	<i>220,51</i>	<i>19,63</i>
<i>Lavadora</i>	<i>259,32</i>	<i>23,09</i>
<i>Total</i>	<i>1123,26</i>	<i>100</i>

Tabla 4: Indicadores energéticos.

<i>Indicador</i>	<i>Enero/03</i>	<i>Febrero/03</i>	<i>Marzo/03</i>	<i>Abril/03</i>
<i>Indice de consumo de fuel-oil (ton/Mhl)</i>	<i>5,62</i>	<i>6,62</i>	<i>4,61</i>	<i>4,55</i>
<i>Eficiencia energética(TCC/Mhl)</i>	<i>14,51</i>	<i>14,54</i>	<i>12,03</i>	<i>11,32</i>
<i>Intensidad energética(TCC/Mpesos)</i>	<i>0,3469</i>	<i>0,3255</i>	<i>0,3091</i>	<i>0,3335</i>

Comportamiento del consumo de otros portadores energéticos.

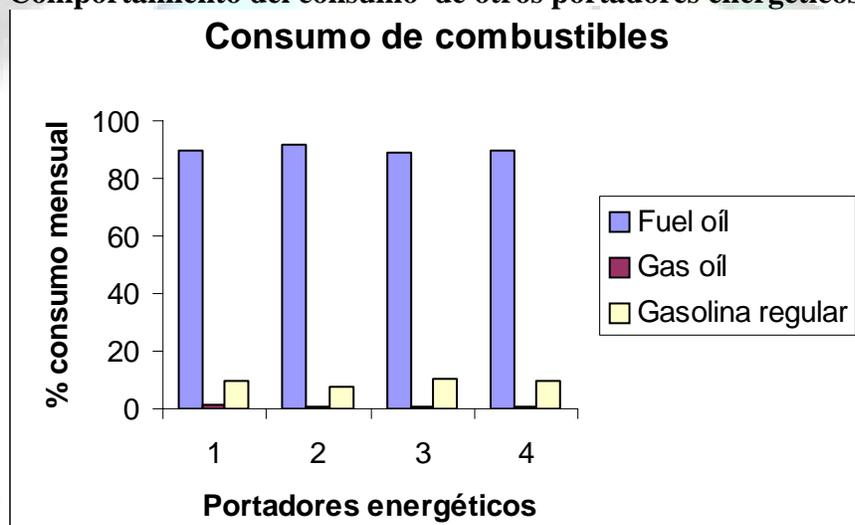


Tabla 5: Algunos indicadores por equipos.

<i>Indicadores</i>	<i>Macerador</i>	<i>Tacho</i>	<i>pasteurizador</i>	<i>lavadora</i>
<i>Kg vapor/kg combustible</i>	<i>17,63</i>	<i>17,39</i>	<i>17,63</i>	<i>17,63</i>
<i>Kg vapor/hl cerveza</i>	<i>4,82</i>	<i>18,68</i>	<i>24,44</i>	<i>28,74</i>
<i>Indice de fue-oil(ton/Mhl)</i>	<i>0,2734</i>	<i>1,074</i>	<i>1,386</i>	<i>1,63</i>

Alternativa de solución para el ahorro de combustible.

Aumento de la presión de vapor en los aparatos

Los siguientes cálculos se realizarán para la cerveza de 10°(85-15), considerando las siguientes presiones de vapor en los equipos:

Tabla 6: presión de vapor.

<i>Variable</i>	<i>Macerador</i>	<i>tacho</i>	<i>Pasteurizador</i>	<i>Lavadora</i>
<i>Presión(Mpa)</i>	<i>0,49</i>	<i>0,294</i>	<i>0,49</i>	<i>0,49</i>

Cálculo del combustible equivalente gastado.

Siguiendo la misma metodología ya empleada más arriba, se obtuvieron:

Tabla 7: Combustible gastado

	<i>Macerador</i>	<i>Tacho</i>	<i>Total</i>
<i>Masa de fuel-oil(kg)</i>	224,18	881,37	1105,55

**Aumento de la concentración del mosto(cerveza de alta gravedad: 16).
 Cálculo del combustible equivalente gastado.**

Siguiendo la misma metodología ya empleada más arriba, se obtuvieron:

Tabla 8: Combustible gastado

	<i>Macerador</i>	<i>Tacho</i>	<i>Total</i>
<i>Masa de fuel-oil(kg)</i>	168,8	714,92	883,72

- Teniendo en cuenta que el volumen final de cerveza de 16°P producido es de 650 hectolitros y que el índice de dilución para 10°P es de 1,6, se podrá obtener un volumen de cerveza de 10°P igual a:

$$V_{10^{\circ}P} = 650 \times 1,6 = 1040 \text{ hectolitros}$$

- El gasto de fuel-oil en estos equipos que correspondería a esta producción de 10°P sería igual a:
 $m_{\text{fuel-oil}} = m_{\text{fuel-oil}} \dots 16^{\circ}P \times \text{índice de dilución} = 883,72 \times 1,6 = 1413,95 \text{ kg}$

lo que corresponde a un ahorro de fuel-oil igual a:

$$1413,95 - 883,72 = 530,23 \text{ kg} = 0,53023 \text{ ton}$$

El porcentaje de ahorro será: $\frac{1413,95 - 883,72}{1413,95} \times 100 = 37,50\%$

**Lo que equivale a un ahorro monetario de: $0,53023 \times 194 = 102,86 \text{ USD}$
 por cada cocimiento de cerveza de 16°P(58-42).**

A razón de tres cocimientos diarios, el ahorro se elevaría a 338,58\$USD, en un mes de 29 días de trabajo, ascendería a 9818,82\$USD y al cabo de un año de 12 meses daría un total de 117825,84\$USD.

2) Condensado.
Tabla # 9. Cálculos energéticos y eficiencia de las tuberías.

<i>Secciones</i>	e_1	e_2	e_P	Ψ
2	73.806	70.42	3.39	95.41
3	86.464	82.08	4.44	94.78
4	86.464	82.08	4.44	94.78
5	86.464	63.44	23.02	73.37
6	177.41	170.97	6.44	96.37

Cálculo con la eliminación del tanque de condensado.

Con la eliminación del tanque de condensado reduciremos las secciones de 6 a 5 y el $C_{\text{GLOBAL}} = 1327,88 \text{ \$/año}$ que equivale a 6.95 t/año estos resultados se obtuvieron realizando los mismos cálculos que anteriormente efectuamos teniendo en cuenta el tanque, que se reflejan en este costo global de las pérdidas exergéticas.

Tabla #10. Resultados de los restantes cálculos económicos.

<i>Secciones</i>	<i>K</i>	<i>C_i(\$/año)</i>
2	1.035	143.20
3	1.046	30.18
4	1.046	25.68
5	1.299	2461.12
6	1.068	566.50

Tabla #11. Resultados del radio crítico y espesor del aislante.

<i>Secciones</i>	<i>Radio crítico (ft)</i>	<i>Radio ext. Tub.(ft)</i>	<i>Espesor . (ft)</i>
1	0.0358	0.1455	0.053
2	0.0406	0.1455	0.052
3	0.035	0.1455	0.048
4	0.036	0.1455	0.048
5	0.030	0.1455	0.052
6	0.026	0.1455	0.052

Conclusiones.

1. De todos los grandes consumidores de vapor, el tacho es el mayor consumidor(en un poco más del 50%), seguido por el macerador, el pasteurizador y la lavadora.
2. Los indicadores energéticos considerados no tienen valores favorables y hasta ahora presentan valores superiores a los del año anterior.
3. Con la producción de cerveza de alta gravedad se logra cierto ahorro de combustible(aumenta también el volumen de producción); por ejemplo, para el caso estudiado se logrará un 37,50% de ahorro de Fuel oil y un monto de 117825,84\$USD anual.
4. La fábrica genera residuales de diversos tipos, a los cuales no se da ningún tipo de tratamiento antes de ser incorporados al medio ambiente.
5. La eliminación en el sistema del tanque de condensado reduciría de seis secciones existentes a cinco, por consiguiente las pérdidas exergéticas disminuyen a 34.758 KJ/Kg, ahorrándose por este concepto 23. KJ/Kg, estando de esta manera la eficiencia energética más próxima a un valor de 99% para tuberías conductoras.
6. El cálculo del espesor arrojó que es más factible la utilización de un espesor de 1.5 plg desde el punto de vista energético.

Referencias Bibliográficas.

1. bad, y. model for water distribution system reliability. Journal of hydraulic engineering/y. bad; l. w. Mays-. usa, 1990. pp 1119-1137.
2. GONZALEZ G., RICARDO. APUNTES MAESTRO CERVECERO/ GONZALEZ G., RICARDO...[et al.]. CAMAGUEY,2001.S.A, 213P.
3. Moreno Figueredo, c. problemas de mecánica de fluidos/ Moreno Figueredo, c., Fernández Serna, c- la habana. editorial ispjae. 1986- 255 pág.Evaluación del sistema de tuberías de distribución de vapor del C.A.I. "Brasil". Camaguey 1999.- Tesis presentadas en opción del título de Máster en Ciencias.1999. [s.p].

4. CARDOSO MARIN MIDALYT. Variantes tecnológicas para el ahorro de energía en la producción de cerveza y maltas/ Midalyt Cardoso Marin- Trabajo de Diploma- Camagüey: Universidad de Camagüey, 2002.



Copyright of Revista Cubana de Química is the property of Direccion de Informacion Cientifico-Tecnica Universidad de Oriente and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.