



CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CONSUMO DE VAPOR EN LA PLANTA DE LLENADO, LIOFILIZACIÓN Y ENVASE Y OTROS SERVICIOS DEL CENTRO NACIONAL DE BIOPREPARADOS

Marta. Domingo Montané
Osvaldo Portales Reyes
Israel . Benitez Alvarez

Resumen / Summary

El progresivo encarecimiento de los productos y servicios energéticos se ha convertido en una preocupación prioritaria para toda industria, es por ello que en esta política nacional de ahorro y conservación de portadores energéticos se realiza este trabajo en la Planta de Llenado, Liofilización y Envase y en las áreas de Lavandería y Cocina- Comedor, pertenecientes al Centro Nacional de Biopreparados, con el objetivo de determinar los índices de consumo de vapor en los procesos productivos. Se realizaron varias corridas con el fin de obtener los consumos de vapor directamente de la práctica o de cálculos, a partir de balances de energía y correlaciones de transferencia de calor. Se calcula también el consumo de vapor dado por las pérdidas al medio ambiente en las tuberías que lo transportan a los puntos de consumo. Se obtuvieron los índices de consumo en cada área de vapor, de combustible y económicos correspondientes. Se recomienda al Centro utilizar los índices de consumo calculados para la comprobación de la eficiencia energética de las áreas estudiadas.

Palabras claves: Índices de Consumo, Combustible.

The progressive rise in the price of the products and energy services have become a high-priority concern for all industry, it is for it that in this national politics of saving and energy porters conservation is carried out this work, in the Plant of having Filled, Liofilization and packing; and in the areas of Laundry and Kitchen - dining room, belonging to the Centro Nacional de Biopreparados with the objective of determining the indexes of consumption of vapor in the productive processes. They were carried out several experiments, with the purpose of obtaining the consumptions of vapor directly of the practice or of calculations, starting from energy balances and correlations of heat transfer . The consumption of vapor given by the losses to the environment in the pipes, that transports it to the consumption points is also calculated. The consumption indexes were obtained in each area of vapor, of fuel and economic corresponding. It is recommended to the Center to use the consumption indexes calculated for the confirmation of the energy efficiency of the studied areas.

Key words: Consumption Rate, Fuel.

Introducción

El aumento del valor de los portadores energéticos es hoy en día de una gran preocupación para las industrias. Un elemento agravante de los problemas de la energía en el país es el mal aprovechamiento y despilfarrero en algunos casos de los recursos energéticos disponibles. Entre las causas que provocan las pérdidas de energía se encuentran:

- No existe un control riguroso de los parámetros del proceso

- Mala utilización de los sistemas de recuperación de energía
- Falta de aislamiento en tramos de tubería o equipos que lo requieran
- Perdidas de vapor provocadas por escape y uso irracional del vapor

En medio de esta política nacional de ahorro de portadores energéticos se ubica este trabajo que se realiza en el centro nacional de biopreparados, específicamente

en la Planta de LLenado, envase y Liofilización y en las áreas de cocina-comedor y lavandería con el objetivo de determinar los índices de consumo de vapor en las áreas anteriormente mencionadas.

El centro pertenece al Polo Científico y es una instalación dedicada a la investigación y producción industrial dentro del mundo biofarmacéutico y biotecnológico.

Desarrollo

Equipamiento

En primer lugar para llevar a cabo el objetivo de este trabajo se realizó un estudio de los procesos tecnológicos que intervienen; el equipamiento involucrado y en particular un levantamiento de aquellos que eran consumidores de vapor.

En la Planta de LLenado, envase y Liofilización los equipos consumidores de vapor son: Autoclave, destilador, lavadores de tapones y liofilizadora.

- Autoclave (GETINGE). Diseñada para esterilizar materiales tanto en la industria médico-farmacéutica como en hospitales y otros centros relacionados con la salud.
- Lavadora de tapones. Equipo de fabricación italiana (ICOS), diseñado para lavar, siliconizar, esterilizar y secar tapones de goma usados en procesos con condiciones asépticas.
- Destilador GETINGE (KEMITERM). Equipos de fabricación alemana diseñado para producir agua pura destilada y vapor limpio.
- Liofilizadoras. Hay dos, la más pequeña (USIFROID; FRANCIA) es donde se esteriliza con vapor.

En la lavandería los equipos consumidores de vapor son las lavadoras de ropa, las secadoras y las planchas.

- Secadoras de fabricación alemana (SPEZIMAT16). Son de tambor con calentador de aire, cuyo

medio de calentamiento es vapor. Existen 4 secadoras idénticas, una específicamente para ropas de las áreas asépticas y el resto para cualquier tipo de ropas.

- Lavadoras de ropas. Dos tipos, una de fabricación rusa (DSHAM BULSKY) donde el agua se calienta directamente con vapor, es para la ropa aséptica. Además, existen otras dos, de fabricación alemana (TEXTIMA) cuya diferencia con la anterior es en tamaño, capacidad y otros detalles. Se usan para el resto de las ropas solamente.
- Planchas. Fabricación japonesa (ASAHI), existen 3: una menor cuya función es planchar partes específicas de la ropa, como cuellos, mangas, etc. y dos mayores que se utilizarán para las restantes partes de la ropa.

Cocina comedor. Los equipos consumidores en esta área son las marmitas, el horno y la lavadora de vajillas.

- Marmitas. Españolas (F. Valles) usadas para la cocción y condimentación de alimentos en cocinas industriales.
- Horno de vapor. Fabricación japonesa (NITCHO), es usado para la cocción de viandas.
- Lavadora de vajilla. Fabricación española (F. Valles) utilizada para higienizar bandejas plásticas (1).

Metodología para el cálculo.

Desde el inicio de este trabajo se pretendió llevar a cabo la medición del condensado en cada equipo para determinar el consumo práctico de vapor, se realizó en aquellos que fue posible hacer la instalación necesaria para ello:

- Planta de llenado, en el autoclave y destilador de agua. Debido a la complejidad de las instalaciones en la lavadora de tapones y en la liofilizadora no fue posible hacer la medición.

En el autoclave se efectuaron las mediciones por diferencias de volúmenes experimentadas en determinado tiempo, además de medirse la temperatura para obtener el flujo de condensado que será considerado el flujo de vapor. Se repitieron las mediciones para cada corrida, obteniéndose un flujo promedio por hora que multiplicado por el tiempo de trabajo diario determina el consumo de vapor para cada corrida.

En el destilador se siguió la misma secuencia experimental.

- Lavandería, en secadoras y planchas. En las lavadoras el vapor entra en contacto con el agua fría por lo que su consumo se obtendrá de otra forma.

En las secadoras y planchas se siguió la misma secuencia experimental explicada anteriormente. En las secadoras se realizaron mediciones también cuando no están en uso ya que siguen consumiendo vapor.

- Cocina comedor, en la lavadora de vajillas. En los otros equipos no fue posible debido a sus características. En las lavadoras de vajilla se realizó el mismo procedimiento experimental anterior para obtener el consumo de vapor.

A continuación se expondrán los métodos de obtención de consumo de vapor en los demás equipos.

En las lavadoras de ropa, debido a las características de la operación, se procedió a calcular el consumo de vapor mediante balances de energía en las mismas

$$Q_v = WI = Q' + Q_{abse} + Q_p \quad (1)$$

$$Q' = (mC_p \Delta T)_{agua} + (mC_p \Delta T)_{ropa} \quad (\text{kJ}) \quad (2)$$

$$Q_{abse} = (mC_p \Delta T)_{equipo} \quad (\text{kJ}) \quad (3)$$

Donde:

W = consumo de vapor (kg)

I = Calor latente de condensación (kJ/kg)

Q_p = Calor perdido al exterior (kJ)

Q' = Calor absorbido por el agua y la ropa (kJ)

Q_{abse} = Calor absorbido por el equipo en el calentamiento (kJ)

m = Masa (kg)

C_p = Capacidad calórica (kJ/kg·°C)

ΔT = Diferencia de temperaturas (°C)

Las lavadoras constan de un cilindro y dos tapas (de hierro fundido para las grandes y de aluminio y vidrio para la chica) lo que debe tomarse en consideración para el cálculo de las pérdidas de calor al exterior.

Conociendo que las pérdidas de calor al medio ambiente se deben a los mecanismos de convección y radiación los cálculos correspondientes se hicieron a partir de la siguiente

ecuación:

$$Q_p = hA\Delta T + eAS(T_s^4 - T_a^4) \quad (4)$$

Donde:

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección ($\text{kJ}/\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$)

A = Área de transferencia de calor (m^2)

e = Emisividad del material (-)

s = Constante de Stefan-Boltzman ($\text{kJ}/\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^4$)

T_s = Temperatura de la superficie ($^\circ\text{C}$)

T_a = Temperatura del aire ($^\circ\text{C}$)

Las ecuaciones para el cálculo de transferencia de calor por convección se obtuvieron del texto "Procesos de transferencia de calor" (2).

Se realizaron mediciones para cada tipo de lavadora, de la temperatura inicial y final del agua, del ambiente, de la superficie del equipo, en diferentes partes, además se determinó el peso de la ropa y el volumen del agua, que se usa en el lavado, así como la determinación de la geometría del equipo. Para el caso particular de una corrida en la lavadora TEXTIMA se obtuvieron los siguientes resultados:

$Q = 38592 \text{ kJ}$ $Q_{\text{abse}} = 27115 \text{ kJ}$ $Q_p = 146.58 \text{ kJ}$ $W = 31.87 \text{ kg}$ de vapor

En el horno, debido a las características del equipo, se consideró cada orificio como pitera y se determinó el consumo a través de la misma [3] por la expresión siguiente:

$$W = 0.4 Dp^2 [P (P+1)]^{0.5} \quad (5)$$

Donde:

Dp = Diámetro del orificio (mm)

P = Presión del vapor (atm)

W = Flujo de vapor (kg / h)

Se multiplica por el número de orificios (116) y por el tiempo de operación.

Aplicando la metodología de cálculo se obtuvo los siguientes resultados:

Flujo de vapor = 4017.3 kg / h , que en el tiempo de trabajo, resulta un consumo diario de 1339 kg .

Marmitas.- Para obtener los consumos de vapor se utilizó el programa de computación "PDCP.EXE" [4]. Este programa se ocupa del cálculo del consumo de vapor en equipos encaquetados y en tuberías por concepto de pérdidas al medio ambiente, además de tener otras posibilidades. El programa finaliza con la presentación del resultado que informa al usuario del calor cedido y la masa del vapor consumida. También calcula la masa de combustible, así como el costo correspondiente. Para una corrida de una marmita se obtuvieron los siguientes resultados:

Consumo de vapor = 316.96 kg Masa de combustible = 23.08 kg

En cuanto a los consumos de vapor de la lavadora de tapones y la liofilizadora de la Planta de Llenado no fue posible medir o calcular los consumos por las características complejas de las operaciones que ocurren en dichos equipos, por lo que en esos casos se tomaron los consumos reportados por el fabri-

cante. Para la lavadora se tomó el consumo por ciclo que es de 46 kg de vapor para la lavadora LST- 80 y 27.5 kg para la lavadora LST- 40. Estos consumos se multiplican por la cantidad de ciclos diarios dando el consumo total del día.

En la liofilizadora, como la esterilización, se efectúa cada tres días, aparece reportado el consumo para ese tiempo, el valor reportado es 50 kg / ciclo [7].

Para completar, los consumos de vapor se calcularon por concepto de pérdidas de calor al medio ambiente, tanto para los ramales de tuberías que van a cada equipo consumidor dentro de cada edificio como los ramales que conducen el vapor hacia las tres áreas de interés. Para ello se utilizó el programa "PDCP.EXE" [4].

Cálculo de los índices de consumo por áreas.

Se tomó el valor total promedio de la masa de vapor consumida, la masa de combustible calculada y el costo correspondiente. Para la Planta de Llenado se determinó la producción diaria de bulbos de 1 ml, así como los litros de vacuna que se llenan en igual período. En el caso de la lavandería se determinó la cantidad aproximada de piezas diarias y la masa de éstas; en la

cocina comedor se determinó el número de comensales promedio por día. A continuación se exponen los consumos totales diarios de vapor por áreas y los índices de consumo correspondientes.

CONSUMOS TOTALES DIARIOS DE VAPOR POR ÁREAS

Area	Equipos	Ramales	Total por área			
	W_{ve} [kg]	W_{vv} [kg]	W_{vt} [kg]	W_{comb} [kg]	C.C (\$)	% Pérdidas
Planta de Llenado	2525.01	366.13	2891.14	198.38	27.51	14.36
Lavandería	1840.41	112.28	1952.69	132.79	18.41	7.71
Cocina.- Comedor	2813.92	234.47	3048.39	217.1	30.11	8.25

INDICES DE CONSUMO POR ÁREAS

Area						
Planta de Llenado	kg vapor/L vacuna	kgvapor/mL vacuna	kg comb./L vacuna	kg comb./mL vacuna	C.C (\$)/L vacuna	C.C (\$)/mL Vacuna
	38.548	0.0385	2.645	0.0026	0.367	0.00036
Lavandería	kg vapor/kg ropa	kg vapor/pieza ropa	kg comb./kg ropa	kg comb./pieza ropa	C.C (\$)/kg ropa	C.C (\$)/Pieza ropa
	6.102	4.882	0.415	0.332	0.058	0.046
Cocina-Comedor	kg vapor/comensal	kg comb./comensal	C.C (\$)/comensal			
	3.586	0.255	0.035			

Análisis de los resultados:

En la Planta de Llenado el flujo promedio de vapor al destilador fue de 559.3 kg/h y el reportado por catálogo de 568 kg/h, para una diferencia de un 1.5%, lo que indica buenos resultados en la determinación. El mayor consumidor de vapor de la Planta es el destilador GETINGE con 2253 kg/h, debe destilar 1100 L/h de agua para las necesidades de la Planta.

En el área de lavandería el flujo de vapor obtenido para cada secadora fue de 45.61 kg/h, por catálogo debe ser 50 kg/h, se presenta una diferencia de 8.8%, lo que es aceptable. Las lavadoras TEXTIMA y la rusa consumieron 34.47 y 27.74 kg de vapor/ciclo respectivamente, esta última opera un mayor número de ciclos que la primera al atender la ropa especial de las áreas asépticas. No existen catálogos en el Centro para poder comparar. El secado (4 secadores) es el mayor consumidor del área con 842.1 kg/día, además cuando no están en operación mantienen la válvula de vapor abierta.

En la cocina- comedor el consumo de vapor calculado para cada una de las marmitas fue de 323.5 kg/ ciclo con un flujo de 71.9 kg/h, el reportado por el fabricante es de 100 kg/h a una presión de trabajo de 1 atm., en el área se opera a 3 atm. por lo que no se hace comparación. En el horno el flujo de vapor es de 4017.3 kg/h, este valor es alto debido a la ineficiencia termoenergética en su funcionamiento ya que se aprovecha muy poco el calor latente que trae el vapor. Es el mayor consumidor de la cocina con 1342.1 kg de vapor/día. Las marmitas (4 equipos) son altas consumidoras también, tienen alto tiempo de operación.

En la Planta de Llenado, las pérdidas de calor por tuberías en el área representan un 14.36% del consumo total diario de vapor, esto se debe a lo largo de los tramos, los que se mantienen llenos de vapor durante las 16 horas que está abierta la válvula de entrada a los ramales de la planta.

En la lavandería, por concepto de pérdidas, el ramal principal consume 112.28 kg de vapor/día y por equipos el mayor consumidor es el ramal a las lavadoras TEXTIMA con 16.47 kg/día ya que es el tramo más largo. Las pérdidas representan el 7.71% del consumo total de vapor diario.

En la cocina, el ramal que más pérdidas de calor presenta es el que conecta la caldera al área, representa 190.84 kg de vapor/día. La razón de esto es la longitud del tramo 122.2m y el hecho de mantenerse lleno de vapor las 16 horas de operación. Las pérdidas por tuberías en el área representan un 8.25% del consumo total de vapor diario.

Los índices de consumo se calcularon con el objetivo de conocer con una fundamentación técnica, la magnitud de vapor requerido para procesar una cantidad de producto dado. El cálculo de los índices de combustible y económicos se basaron en una eficiencia de caldera de 75% valor obtenido recientemente en el Centro.

Conclusiones

Se logró calcular los consumos de vapor en los diferentes equipos, práctico o teórico, salvo en la lavadora de tapones y en la liofilizadora cuyos valores se tomaron de la información técnica. El mayor consumidor de vapor diario es el destilador GETING con 2252.97 kg. Los consumos que representan las pérdidas de calor por tuberías son aceptables con respecto al consumo total del área, las mayores pérdidas son en la Planta de Llenado con 415.2 kg de vapor/día lo que representa un 14.36% del consumo total de la Planta.

El área de mayor consumo es la cocina- comedor con 3048.39 kg de vapor/día.

Los índices de consumo calculados sirven de guía para un adecuado uso del vapor como portador energético.

Referencias

1. Benítez I. y O. Portales. Trabajo de diploma “Cálculo de los índices de consumo de vapor en la Planta de Llenado, Liofilización y Envase y Otros Servicios”. C.N.B., Habana 1997.
2. Kern, D.Q. “Procesos de transferencia de calor”. Edición Revolucionaria, La Habana 1969.
3. Crane Co. “Flow of fluids through fittings and pipes”. Chicago Ill 1957.
4. Domínguez A. Trabajo de diploma “Cálculo de pérdidas de energía”. I.S.P.J.A.E, La Habana 1995.
5. Earle R.L. “Ingeniería de los alimentos”. Edit. Pueblo y Educación, La Habana 1988.
6. Keenan J.H. “Steam tables. Thermodynamics properties of water including vapor, liquid and solid phase”. (Sist. Int. de Unidades). Edición. Revolucionaria, La Habana 1988.
7. “USIFROID Liofilization Frezze Dryer Manual”. France 1989 y “Rubbers Stoppers’ Manual ICOST (LST) 1993.

Autores

Marta Domingo Montané, asistente, Maestra en Ciencias Técnicas, Ingeniera Química, Dpto. de Ing. Química, Facultad de Ingeniería Química. ISPJAE. 127 s/n, Marianao 19390, C. Habana. Cuba.

Telef. (537) 2607220, Fax (537) 272964, E-mail martad@quimica.cujae.edu.cu

Osvaldo Portales Reyes, Ingeniero Químico, Centro Nacional de Biopreparados. Bejucal. Habana Telef.067-81898 ext 1108

Israel . Benítez Alvarez, Ingeniero Químico, Centro Nacional de Biopreparados. Bejucal.

Habana Telef. 067-81898 ext 1435

Israel . Benítez Alvarez, Ingeniero

Termoenergético, Centro Nacional de Biopreparados. Bejucal. Habana .Telef.067-81898 ext 110