

Simplificaciones en el Cálculo de Columnas de Destilación Alcohólica

Osney Pérez, Lourdes Zumalacárregui y Osvaldo Gozá

Grupo de Análisis de Procesos, Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Ave 114 No. 11901 e/ 119 y 127. Marianao, Ciudad Habana-Cuba
(e-mail: osney@quimica.cujae.edu.cu, lourdes@quimica.cujae.edu.cu, ogoza@quimica.cujae.edu.cu)

Recibido Dic. 22, 2009; Aceptado Feb. 15, 2010; Versión Final recibida Abr. 15, 2010

Resumen

Se analiza el efecto de algunas simplificaciones en cálculos de columnas de destilación alcohólica, tales como considerar solo etanol y agua en las corrientes involucradas en el proceso y suponer que las pérdidas de calor al medio ambiente son despreciables. Se discute el efecto de la reducción de la cantidad de componentes en el vino, sobre la entalpía de las corrientes de la columna, desde un sistema de nueve componentes hasta el sistema binario etanol+agua. Se utilizan tres modelos de evaluación de propiedades demostrando que los resultados no se afectan de manera sensible. Se estimaron las pérdidas de calor al medio ambiente por convección y radiación, tanto en una columna rectificadora como en una repasadora, aisladas térmicamente y sin aislamiento. Se demuestra la validez de las consideraciones utilizando el simulador de procesos HYSYS.

Palabras clave: etanol, destilación alcohólica, vino, simulación, columnas

Simplifications for the Evaluation of Alcoholic Distillation Columns

Abstract

The effect of certain simplifications in calculations of alcoholic distillation columns, such as to consider ethanol and water as the only components and to neglect heat losses is analyzed. The effect of reducing the number of components in the wine, from nine to the binary ethanol+water, over the enthalpy of the streams is discussed. The analysis was done from a nine components solution to the binary system ethanol-water. Three models for estimating the required properties were used showing that results are not significantly affected. The effects of heat losses by convection and radiation were estimated on both rectifying and purifying columns for insulated and non insulated cases were evaluated. The paper shows that the simplifications introduced to the HYSYS simulator are correct.

Keywords: ethanol, alcoholic distillation, wine, simulation, columns

INTRODUCCIÓN

La destilación de etanol como componente del vino tiene sus particularidades, que no la hacen tan sencilla como cuando la alimentación a la columna es una mezcla binaria. Como se conoce, hay más de 200 sustancias que acompañan al etanol en el vino que se alimenta al sistema de destilación y todos mantienen diferentes comportamientos durante este proceso (Pérez, 2003).

Mediante diversas técnicas de análisis se ha establecido la presencia en el alcohol crudo o bruto (condensado que se obtiene como tope de la columna destiladora) de más de 94 compuestos, siendo los compuestos dominantes el etanol y el agua. El contenido de impurezas en el alcohol bruto es del orden de 10^{-3} , expresado en fracción másica y todas reunidas representan entre 0.5% y 1% del contenido del alcohol (Villena et al., 1995).

Las impurezas en el vino, conocidas como congéneres, están usualmente presentes a concentraciones entre 10^{-6} a 10^{-4} mg/L (Hikari y Kubo, 1975; Williams y Knuttel, 1982; Lora et al., 1992; Valderrama et al., 2001; Valderrama et al., 2002; Valderrama y Faúndez, 2003; Osorio et al., 2004). El alto número de compuestos en la mezcla a destilar, la baja concentración (de gran importancia como parámetro enológico) a que se encuentran y la baja disponibilidad de datos y parámetros de interacción requeridos para la aplicación de los modelos termodinámicos, hace compleja la modelación de estos sistemas (Valderrama et al., 2001; Valderrama y Faúndez, 2003). Por lo anterior, los autores de este trabajo plantean, que desde el punto de vista energético, es razonable considerar la mezcla multicomponente obtenida en la fermentación alcohólica, como una mezcla binaria etanol-agua (Pérez, 2003). Se demuestra que esta afirmación es válida y se calcula el grado de error que introduce en los cálculos energéticos dicha consideración.

Por otra parte, en la literatura general de ingeniería química (Holland, 1981; Geankoplis, 1998; McCabe et al., 2007) se refiere que es posible considerar despreciable en los balances de energía, el calor perdido al medio ambiente a través de la pared en las columnas de destilación. En este trabajo se demuestra la veracidad de tal consideración.

MEZCLAS ESTUDIADAS

Los datos de composición necesarios para la simulación del vino de entrada a la columna de destilación fueron analizados de diversas fuentes (Lora et al., 1992; Valderrama et al., 2001, Toselli et al., 2004; Decloux y Coustel, 2005; Toselli et al., 2007; Marriaga, 2009). Para los cálculos se consideró un vino a destilar de nueve componentes. La Tabla 1 muestra los valores de composición considerados en la simulación, que se corresponden con los reportados por Marriaga 2009.

Tabla 1: Composición del vino utilizado como alimentación a la columna.

Nº	Componentes	Fracción másica	Nº	Componentes	Fracción másica
1	Etanol	0.0609430	6	Alcohol isoamílico	0.0000980
2	Agua	0.9262600	7	Dióxido de carbono	0.0002400
3	Acetaldehído	0.0000011	8	Acido acético	0.0025000
4	Metanol	0.0000099	9	Glicerol	0.0099000
5	1-propanol	0.0000480			

Para la selección del paquete de propiedades de HYSYS a utilizar en la simulación se tuvieron en cuenta los siguientes criterios. Para la descripción del comportamiento de la fase de vapor se utilizó la ecuación de los gases ideales, por estar sometido el sistema a bajas presiones; esto se corroboró con el valor del factor de compresibilidad, que resultó igual a la unidad. Para la descripción de la no idealidad de la fase líquida, acorde a la literatura (Valderrama y Faúndez, 2003; Faúndez y Valderrama, 2004; Marquini et al., 2007) se seleccionó el modelo de composición local NRTL de Renon y Prausnitz (Smith y Van Ness, 2001). Los coeficientes de ELV se estimaron por el método UNIFAC, que se basa en las contribuciones de los diversos grupos que configuran las moléculas de una solución. Otros autores han utilizado el método de UNIFAC para la descripción de la fase líquida en sistemas multicomponentes que contienen etanol (Decloux y Coustel, 2005).

La simulación del proceso de destilación requiere, además de información termodinámica, de datos de variables de operación de la columna. La Tabla 2 muestra las variables requeridas por el simulador. Los datos de operación de la columna utilizados para la simulación corresponden a los de una columna industrial instalada en una planta productora de 2080 L/h de etanol hidratado por destilación convencional, cuyo sistema de destilación puede verse en la Fig. 1.

Tabla 2: Variables de entrada para la simulación columna destiladora.

Variable	Valor
Nº de etapas de la columna destiladora	18
Presión en tope y fondo de la columna (kPa)	101.3
Temperatura del vino (°C)	60
Presión del vino (kPa)	101.3
Flujo de vino (kg/h)	43983
Temperatura del vapor de calentamiento (°C)	140
Presión del vapor de calentamiento (kPa)	135.8
Flujo de vapor de calentamiento (kg/h)	8000

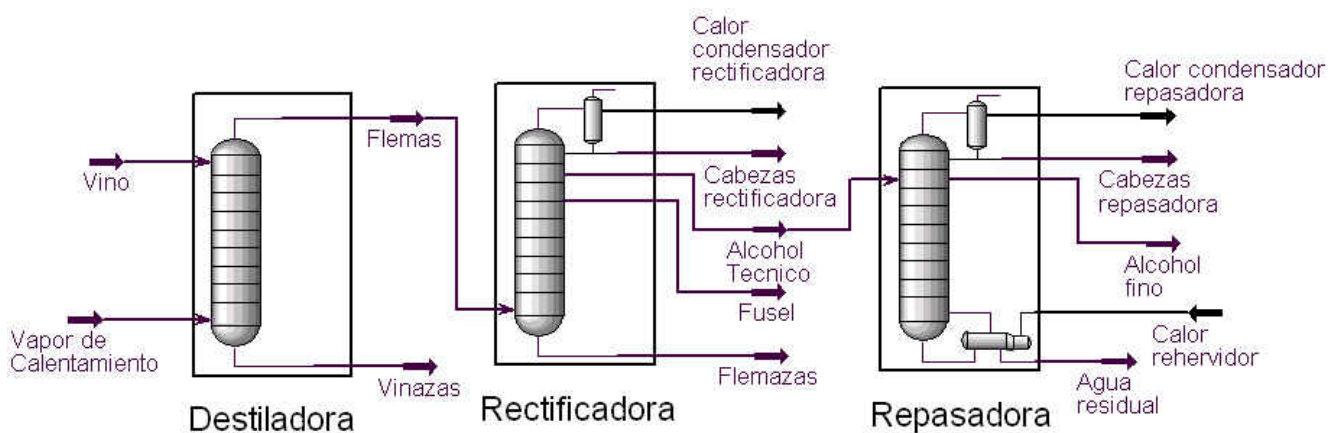


Fig. 1: Sistema de destilación de etanol hidratado de la planta bajo estudio.

Las mezclas estudiadas incluyen etanol y agua como componentes mayoritarios y varios congéneres. Se analizaron ocho mezclas de vino, restándose un componente en cada corrida de simulación. La Tabla 3 resume los sistemas de componentes estudiados en este trabajo. Para la eliminación de los componentes se tomó como criterio base la sustracción siguiendo un orden ascendente de composición en la mezcla original de nueve componentes. Así el primer componente a retirar sería el acetaldehído.

Tabla 3: Sistemas estudiados.

Nº de sistema	Nº de componentes	Componentes del sistema
I	9	agua + etanol + glicerol + ácido acético + dióxido de carbono + alcohol isoamílico + 1-propanol + metanol + acetaldehído
II	8	agua + etanol + glicerol + ácido acético + dióxido de carbono + alcohol isoamílico + 1-propanol + metanol
III	7	agua + etanol + glicerol + ácido acético + dióxido de carbono + alcohol isoamílico + 1-propanol
IV	6	agua + etanol + glicerol + ácido acético + dióxido de carbono + alcohol isoamílico
V	5	agua + etanol + glicerol + ácido acético + dióxido de carbono
VI	4	agua + etanol + glicerol + ácido acético
VII	3	agua + etanol + glicerol
VIII	2	agua + etanol

PÉRDIDAS DE CALOR

Para el estudio del balance energético en columnas de destilación, se calcularon los calores intercambiados en dos columnas, en particular en una columna rectificadora (con condensador de tope) y una repasadora (con condensador y rehervidor de fondo) instaladas en una planta industrial de producción de 2080 L/h de etanol hidratado por destilación convencional, mostrada en la Fig. 1. Se estimaron las pérdidas de calor al medio ambiente por convección y radiación, utilizando ecuaciones reportadas en la literatura (Mijeev y Mijeeva, 1979) para superficies cilíndricas verticales largas. La inclusión de las pérdidas por radiación fue necesaria atendiendo a que, por una parte, la temperatura promedio en la pared de las columnas sobrepasa los 50°C y por otra, la superficie de estas paredes es pequeña si se compara con la superficie de los alrededores. En la Tabla 4 se presentan los datos necesarios para el cálculo de las pérdidas de calor.

Tabla 4: Datos necesarios para el cálculo de pérdidas de calor en columnas.

Variable	Rectificadora	Repasadora
Altura de la columna (m)	14.66	11.53
Diámetro exterior de la pared (m)	1.7	0.95
Temperatura promedio de la pared sin aislante (°C)	84.85	78.75
Diámetro exterior del aislante (m)	2	1.23
Temperatura promedio de la pared con aislante (°C)	53	47
Presión del ambiente (kPa)	101.3	
Temperatura del ambiente (°C)	29	
Humedad relativa del aire (%)	85	

Las corrientes involucradas en el proceso se consideraron formadas solamente por etanol y agua. Las Tablas 5 y 6 muestran las variables requeridas por el simulador.

Tabla 5: Variables de entrada para la simulación columna rectificadora.

Variable	Valor
Nº de etapas de la columna rectificadora	49
Presión en tope y fondo de la columna (kPa)	101.3
Tipo de condensador	total
Temperatura de las flemas (°C)	94.39
Presión de las flemas (kPa)	101.3
Flujo de flemas (kg/h)	6803.7
Plato de extracción del alcohol técnico	44
Plato de extracción del fusel	5
Razón de reflujo	5
Flujo de alcohol técnico (kg/h)	1300
Flujo de cabezas (kg/h)	78.48
Flujo de fusel (kg/h)	39.74

Tabla 6: Variables de entrada para la simulación columna repasadora.

Variable	Valor
Nº de etapas de la columna repasadora	52
Presión en tope y fondo de la columna (kPa)	101.3
Tipo de condensador	total
Temperatura del alcohol técnico (°C)	78.5
Presión de las alcohol técnico (kPa)	101.3
Flujo de alcohol técnico (kg/h)	1300
Plato de alimentación de alcohol técnico	45
Plato de extracción del alcohol fino	37
Razón de reflujo	3
Flujo de alcohol fino (kg/h)	310
Fracción másica de etanol en cabezas	0.93

RESULTADOS Y ANÁLISIS

La influencia del número de componentes desde el punto de vista energético, se realizó comparando los valores obtenidos por la simulación del proceso de destilación de estas mezclas en una columna destiladora. Para ello se consideraron los valores de las entalpías de las corrientes vino, flemas y vinazas. La Tabla 7 presenta las desviaciones relativas de las entalpías (% Δh) de estas corrientes para los sistemas mostrados en la Tabla 3. Las desviaciones que se obtienen para cada corriente se calculan respecto al sistema de nueve componentes ($h_{9 \text{ comp}}$), utilizando la ecuación 1, donde $h_{n \text{ comp}}$, representa la entalpía de la corriente formada por n componentes.

$$\% \Delta h = \left| \frac{(h_{9 \text{ comp}} - h_{n \text{ comp}})}{h_{9 \text{ comp}}} \right| \times 100 \quad (1)$$

Tabla 7: Desviaciones relativas de las entalpías.

Nº de sistema	Nº de componentes	Entalpía de la corriente (kJ/kg)			% Δh		
		Vino	Flemas	Vinazas	Vino	Flemas	Vinazas
I	9	-14966	-9986.8	-15402	-	-	-
II	8	-14966	-9986.8	-15402	0.00	0.00	0.00
III	7	-14966	-9987.0	-15402	0.00	0.00	0.00
IV	6	-14967	-9988.7	-15402	0.01	0.02	0.00
V	5	-14968	-9993.9	-15402	0.01	0.07	0.00
VI	4	-14970	-9995.7	-15402	0.03	0.09	0.00
VII	3	-14990	-10001.0	-15418	0.16	0.14	0.10
VIII	2	-15073	-9997.6	-15499	0.71	0.11	0.63
Valor		Promedio	% Δh_{PROM}	0.13	0.06	0.10	
		Máximo	% Δh_{MAX}	0.71	0.14	0.63	
		Mínimo	% Δh_{MIN}	0.00	0.00	0.00	

Como se observa en la Tabla 7, las desviaciones entre los valores calculados de la entalpía para los diferentes sistemas son inferiores al 0.75%. La mayor desviación se presenta en la corriente vino (0.71%). Por otra parte se aprecia que, en el caso de la vinaza, las mezclas formadas desde cuatro hasta nueve componentes tienen un comportamiento idéntico, que se corresponde con la igualdad en la composición y temperatura de la vinaza para estas mezclas estudiadas, compuestas por agua, glicerol y ácido acético. La mayor proporción de agua en las mezclas de tres y dos componentes es responsable de la variación de la entalpía y la ligera disminución de temperatura, aunque es de destacar que, dado que la composición de esta corriente es prácticamente agua, la temperatura que se obtiene para todos los casos es, prácticamente, la de ebullición normal del agua.

Para el vino y las flemas, la igualdad en el comportamiento puede considerarse entre siete y nueve componentes siendo mayores las diferencias, con respecto a la mezcla de nueve componentes, para las restantes. Esto se explica por el hecho de que los dos componentes que menos influyen en las propiedades termodinámicas de estos sistemas, acetaldehído y metanol, fueron retirados para formar las mezclas de ocho y siete componentes respectivamente. La mayor desviación en el vino (0.71%) se aprecia al retirar el componente de mayor influencia, el glicerol, para pasar de la mezcla de tres componentes a la de dos componentes. Para la flema, la mayor desviación se obtiene cuando se retira el ácido acético (0.14%), para pasar de la mezcla de cuatro componentes a la de tres, ya que el glicerol se incorpora totalmente a las vinazas.

Las Fig. 2 y 3 muestran el comportamiento de las temperaturas en las corrientes flemas y vinazas al reducir el número de componentes en la mezcla. Como se observa, la reducción del número de componentes no tiene prácticamente efecto en los valores de temperatura que se obtienen en las corrientes de salida de la columna. Para los sistemas estudiados se obtiene un valor promedio de temperatura de 94.42 °C (desviación estándar 0.02) para las flemas y de 100.02 °C (desviación estándar 0.01) para las vinazas.

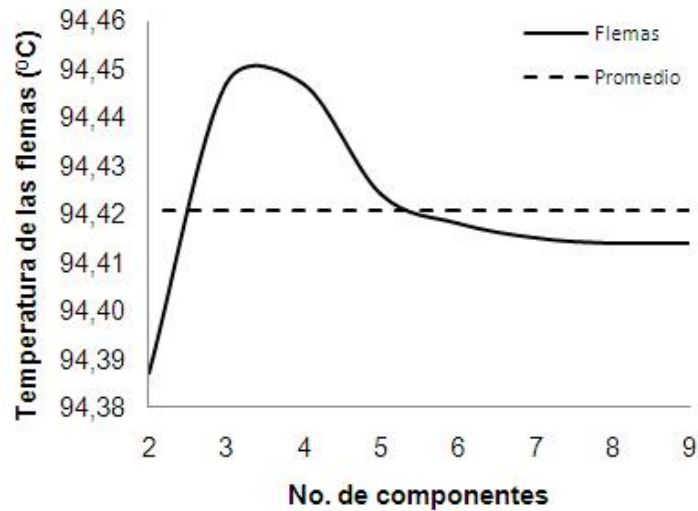


Fig. 2: Temperatura de la corriente flemas.

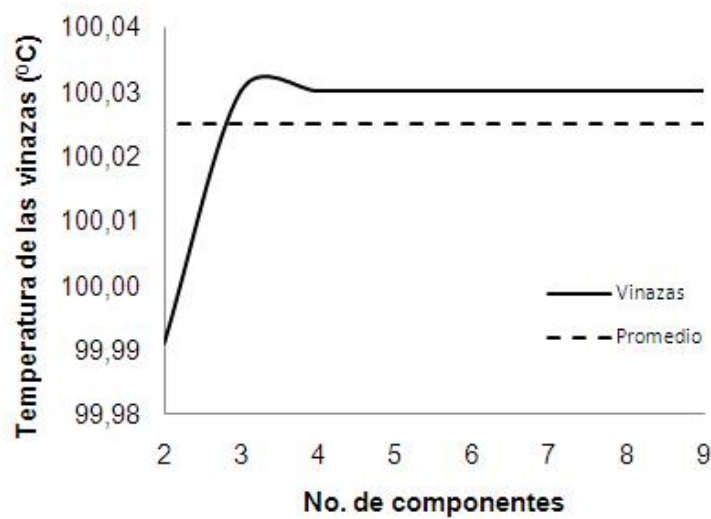


Fig. 3: Temperatura de la corriente vinazas.

La Fig. 4 muestra el comportamiento de la fracción másica de etanol en la corriente flemas al cambiar el número de componentes en la mezcla. Se aprecia que puede ser considerado un valor promedio de fracción másica de etanol de 0.202 (desviación estándar 0.0003), lo cual avala el uso de sistemas binarios etanol-agua en cálculos energéticos.

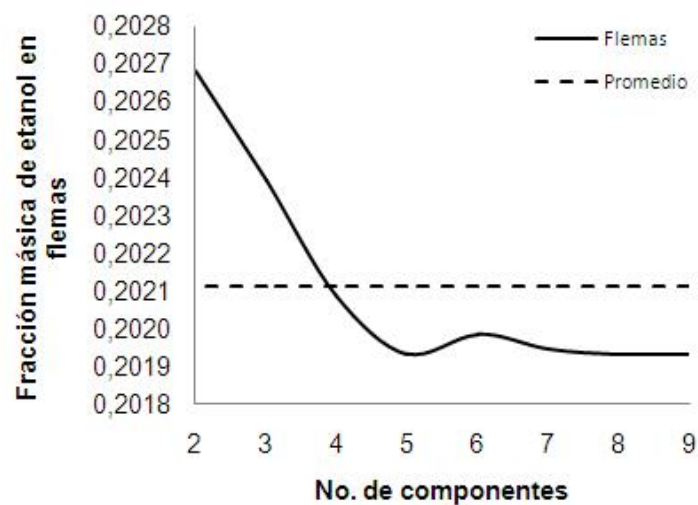


Fig. 4: Fracción másica de etanol en flemas.

Para verificar la influencia de la selección del paquete de propiedades en los resultados alcanzados se realizó la simulación sustituyendo el modelo NRTL por las ecuaciones de Wilson y UNIQUAC. En la Tabla 8 se presentan las desviaciones relativas promedios de las entalpías ($\% \Delta h_{\text{PROM}}$) de las corrientes vino, flemas y vinazas, para el sistema desde dos a nueve componentes, utilizando los tres métodos de estimación.

Tabla 8: Desviaciones relativas promedios de las entalpías para el sistema desde 2 a 9 componentes utilizando diferentes métodos.

Método	$\% \Delta h_{\text{PROM}}$		
	Vino	Flemas	Vinazas
NRTL	0.13	0.06	0.10
Wilson	0.13	0.06	0.11
UNIQUAC	0.13	0.06	0.11

Se comprobó que el mayor alejamiento entre los valores de entalpías de vino, flemas y vinazas calculados con los tres modelos es inferior al 0.13%, de donde se comprueba que las conclusiones de este trabajo son independientes del paquete de propiedades con el que la simulación sea realizada, siempre que el paquete seleccionado sea apropiado para el tipo de sistema en estudio.

Adicionalmente se analizó si el orden de eliminación de los componentes de las mezclas ejercía alguna influencia en los resultados obtenidos. Para ello se estudiaron otros dos modos de sustracción de los componentes: sustrayendo el componente en orden descendente de concentración en el vino (glicerol, ácido acético, dióxido de carbono, alcohol isoamílico, 1-propanol, metanol y acetaldehído) y sustrayendo el componente en orden aleatorio (glicerol, acetaldehído, metanol, 1-propanol, alcohol isoamílico, dióxido de carbono y ácido acético). Si bien los perfiles obtenidos para las curvas temperatura de flemas, temperatura de vinazas, fracción másica de etanol en las flemas, así como los valores puntuales de entalpías de vino, flemas y vinazas, son diferentes según la mezcla presente, se obtienen valores promedio similares para cada condición estudiada.

En la Tabla 9 se presentan los porcentajes de desviación de los promedios en relación con el valor promedio obtenido para el caso base. Se aprecia que la mayor desviación es inferior al 0.5% de donde puede considerarse que el orden de remoción puede no ser considerado para este análisis.

Tabla 9: Desviaciones relativas de entalpías, temperaturas y composición al variar el orden de remoción de los componentes.

Orden de eliminación de los componentes	Desviación relativa de la (%)					
	Entalpía promedio			Composición promedio de etanol en flemas	Temperatura promedio	
	Vino	Flemas	Vinazas		Flemas	Vinazas
Descendente de concentración en vino	0.48	0.00	0.45	0.19	0.04	0.03
Aleatorio	0.40	0.02	0.38	0.10	0.04	0.04

En la Tabla 10 se presentan los resultados del calor intercambiado en las columnas de destilación estudiadas. Se puede observar, que el calor cedido al medio ambiente es como mínimo 90 veces menor con respecto al calor cedido en el condensador, en el caso de la columna rectificadora y más de 40 veces menor en el caso de la repasadora. En ningún caso, con o sin aislamiento, el calor perdido al medio ambiente representa un valor superior al 1.5%.

En las Fig. 5 y 6 se puede observar el peso que tienen las pérdidas de calor al medio ambiente con respecto a los flujos de calor intercambiados en las ambas columnas. En el caso de la Fig. 5, las corrientes cabezas y fusel aunque tienen un valor bajo dado sus flujos másicos, su valor es superior al de las pérdidas.

Tabla 10: Resultados del calor intercambiado en columnas.

Calor intercambiado		Columna			
		Rectificadora		Repasadora	
		kJ/h	%	kJ/h	%
Absorbido en el condensador	Sin aislamiento	1.178e+07	98.95	2.529e+06	49.54
	Con aislamiento		99.98		50.00
Cedido en el rehervidor	Sin aislamiento	-		2.528e+06	49.52
	Con aislamiento				49.98
Perdido al medio ambiente	Sin aislamiento	1.255e+05	1.05	4,775e+04	0.94
	Con aislamiento	2.938e+03	0.02	1.269e+03	0.03
Total intercambiado	Sin aislamiento	1.191e+07	100	5.105e+06	100
	Con aislamiento	1.178e+07	100	5.058e+06	100

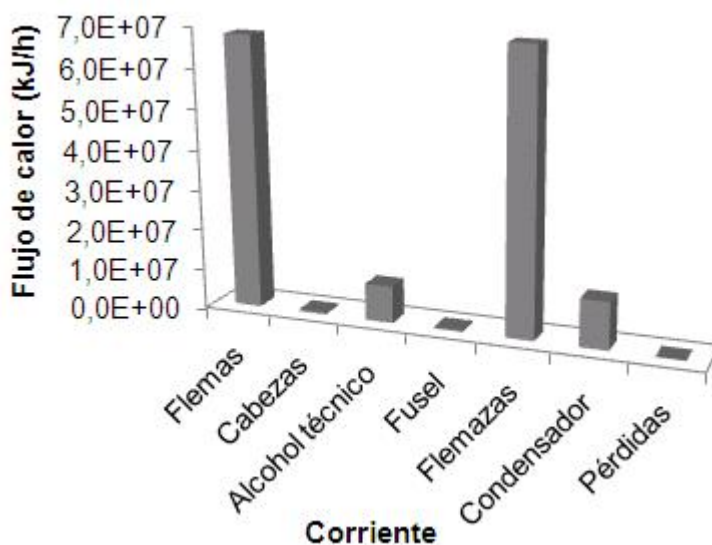


Fig. 5: Flujo de calor en la columna rectificadora.

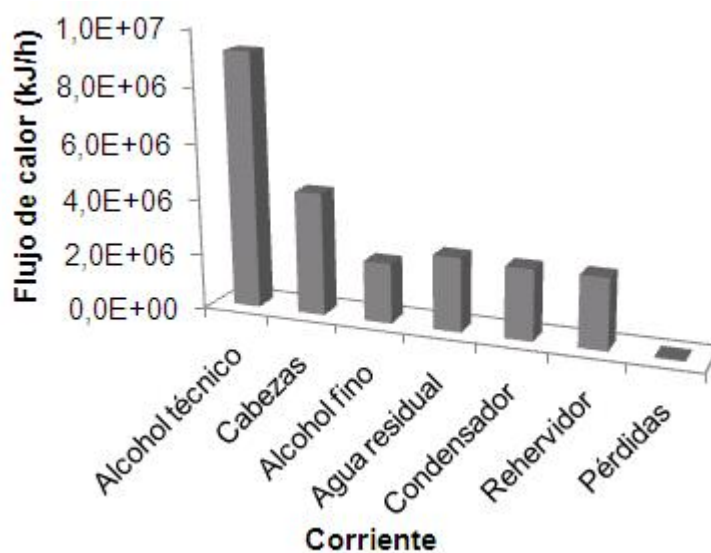


Fig. 6: Flujo de calor en la columna repasadora.

CONCLUSIONES

De los resultados mostrados, de su análisis y de su discusión, se pueden obtener las siguientes conclusiones, sobre las posibilidades de realizar simplificaciones en el cálculo de columnas de destilación: 1) es posible considerar el vino como un sistema binario etanol-agua para la realización de estudios energéticos, lo cual contribuye a la facilidad de los cálculos; 2) es posible considerar despreciable el calor cedido al medio ambiente en los balances de energía en columnas de destilación; 3) siempre que el paquete de propiedades seleccionado en el simulador sea adecuado, las diferencias en la estimación de las propiedades requeridas en los balances de energía (temperatura, entalpía, composición) son despreciables. La simulación ha permitido estudiar diferentes situaciones del proceso de producción de etanol de una forma rápida y sencilla.

REFERENCIAS

- Decloux, M. y J. Coustel, *Simulation of a Neutral Spirit Production Plant Using Beer Distillation*, International Sugar Journal: 107 (1283), 628-643 (2005).
- Faúndez, C.A y J.O. Valderrama, *Phase Equilibrium Modeling in Binary Mixtures Found in Wine and Must Distillation*, Journal of Food Engineering: 65, 577-583 (2004).
- Geankoplis C.J., *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*, 3^a Edición, 743-753. Editorial Continental, México (1998).
- Hikari, A. y R. Kubo, *Behavior of Various Impurities in Simple Distillation of Aqueous Solutions of Ethanol*, J. Chem. Eng. Japan: 8 (4), 294-299 (1975).
- Holland, H.D, *Fundamentals of Multicomponent Distillation*, 46-49. McGraw-Hill, New York, USA (1981).
- Lora, J., M.I. Iborra, R. Pérez e I. Carbonell, *Simulación del Proceso de Destilación para la Concentración de Aromas del Vino*, Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos: 32 (6), 621-633 (1992).
- Marquini M.F., D.C. Mariani, A.J.A. Meirelles, O.A.A. dos Santos e L.M.M. Jorge, *Simulação e Análise de um Sistema Industrial de Colunas de Destilação de Etanol*, Acta Sci. Technol.: 29 (1), 23-28 (2007).
- Marriaga, N., *Indicadores de Desempeño de la Destilación de Bioetanol*, Dyna: 76 (159), 85-92 (2009).
- McCabe, W.L, J.C. Smith y P. Harriot, *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*, 7^{ma} Edición, 583-591. McGraw-Hill, Madrid, España (2007).
- Mijeev, M.A e I.M. Mijeeva, *Fundamentos de Termodinámica*. Editorial Mir, Moscú, Rusia (1979).
- Osorio, D., R. Pérez-Correa, A. Belancic y E. Agosin, *Rigorous Dynamic Modeling and Simulation of Wine Distillations*, J. Food Control: 15 (7), 515-521 (2004).
- Pérez, O., *Módulos de Cálculo para la Evaluación Energética de Destilerías de Alcohol*, Tesis de Magister, Facultad de Ingeniería Química, CUJAE, Ciudad Habana, Cuba (2003).
- Smith, J. M. y H.C. Van Ness, *Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th Edition, 440-445. McGraw-Hill, USA (2001).
- Toselli, L.A., M. Rosa y M. Basualdo, *Análisis del Comportamiento de un Sistema de Rectificación Continuo de Etanol por Simulación*, Actas del XXV Congreso Argentino de Química, Olavarría, Argentina, 22 a 24 de septiembre (2004).

Toselli, L.A., V.M. Monesterolo, R.A. Beltrán y M.C. Prámparo, *Simulación de Procesos de Destilación de Bebidas Alcohólicas Aplicando CHEMCAD y CC-BATCH*, Actas del 8º Congreso Iberoamericano de Computación Aplicada, CAIP'07, 9-12, Asunción, Paraguay, 2 a 6 de julio (2007).

Valderrama, J.O., C. Pizarro y R. Rojas, *Equilibrio Líquido-Vapor en Mezclas Complejas para la Simulación de Procesos de Destilación de Mostos y Vinos*, Alimentaria: 39 (334), 151-156 (2001).

Valderrama, J.O., R. Huerta y R. Alarcón, *Base de Datos de Propiedades de Sustancias para Procesos de Destilación de Vinos*, Información Tecnológica: 13 (4), 155-166 (2002).

Valderrama, J.O. y C.A. Faúndez, *Modelado del Equilibrio Líquido-Vapor en Mezclas Binarias y Ternarias de Interés en Destilación Vínica*, Información Tecnológica: 14 (1), 83-92 (2003).

Villena, M., R. Rudkowskyj y V. Labarquilla, *Destilación de Alcohol. Eliminación de Impurezas*, Folleto TOMSA DESTIL S.L. España. 1-32 (1995).

Williams, L.A. y W.P. Knuttel, *Flavours of Distilled Beverages*, 135-144 (1982).