

Diseño y caracterización de un equipo duplex evaporador-condensador para una máquina de absorción

Design and characterization of an evaporator-condenser duplex equipment for an absorption machine

Patricia Jazmín Solórzano Galván,
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería UAEM, México
yass.2610@gmail.com

Laura Irene Morales Gómez*,
Instituto de Energías Renovables UNAM, México
limg@ier.unam.mx

Francisco Noé Demesa López,
Alianza para el Desarrollo Tecnológico, México
noedelo@hotmail.com

Recibido 15, octubre, 2017

Aceptado 24, enero, 2018

Resumen

Se diseñó, construyó y caracterizó un componente dúplex Evaporador-Condensador (EVACON) para operar a presiones subatmosféricas (temperaturas de saturación bajas). La finalidad es utilizarlo en sistemas de absorción tales como bombas de calor y transformadores térmicos. Se propone la unión de dos procesos físicos en un solo cuerpo para mejorar la dinámica y estabilidad, disminuyendo las pérdidas de calor y caídas de presión por tuberías. Lo anterior disminuye las irreversibilidades y mejorar el desempeño. El EVACON se compone de dos corazas unidas verticalmente, en la sección inferior el evaporador y en la superior el condensador. Para facilitar el ascenso del vapor del evaporador hacia el condensador y evitar el retorno del condensado, ambas secciones se interconectan mediante una campana de dispersión de vapor. Para los procesos de transferencia de calor, se cuenta con múltiples serpentines concéntricos interconectados en paralelo mediante un manifold por donde se suministran los servicios (parte interna del tubing). Por la parte externa del tubing, se humedecen a través de un distribuidor de gota tipo regadera, para operar mediante película descendente. Para prolongar la vida útil, el EVACON fue construido en acero inoxidable 304, que es resistente a la corrosión. Se realizaron 36 pruebas preliminares utilizando H₂O/H₂O como par de trabajo a diferentes condiciones de flujo y temperatura, identificando los parámetros más importantes en los procesos de transferencia de masa y de calor. Los resultados muestran que el equipo tiene buena dinámica, alcanzando la estabilidad en tiempos cortos de estado transitorio, en comparación con equipos de geometría convencional. Se determinaron las cargas térmicas de cada componente, alcanzando un máximo de 9.95 kW para evaporación y 9.87 kW para condensación. Los resultados son alentadores y se espera que al realizar el acoplamiento del EVACON en una máquina de absorción opere satisfactoriamente.

Palabras clave. Componente Dúplex, Múltiples Serpentines Concéntricos, Película Descendente.

Abstract

An Evaporator-Condenser (EVACON) with duplex component was designed, build and characterized to operate at sub-atmospheric pressures (low saturation temperatures). The purpose is to use it in absorption systems such as heat pump and heat transformer.

It is proposed to join two physical processes in a single body to improve the dynamics and stability, at the same time, reducing heat losses and pressure drops through pipes. This reduces irreversibilities and improves the performance device. The EVACON consists of two shells joined vertically, in the lower section the evaporator and in the upper one the condenser. To facilitate steam raise from evaporator to condenser and to avoid the return of condensate, both sections are interconnected by means of a steam dispersing hood. For the heat transfer processes, there are multiple concentric coils interconnected in parallel by a manifold where the services are supplied (internal part of the tubing). They are moistened by the outside of the tubing through a drop distributor as a sprinkle type, to operate by falling film principle. To extend service life, EVACON was built in 304 stainless steel, which is corrosion resistant. Thirty-six preliminary proofs were performed using H₂O/H₂O as a working pair at different flow and temperature conditions, identifying the most important parameters that dominate the heat and mass transfer processes. The results shown that the equipment has good dynamics, achieving stability in short times of transitory state, compared to conventional geometry equipment. The thermal capacity of each component was determined, reaching a maximum of 9.95 kW for evaporation and 9.87 kW for condensation. The results are encouraging and it is expected that when coupling EVACON in an absorption machine, it will operate satisfactorily.

Key Words: Duplex Component, Multiple Concentric Coils, Falling Film.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, desde las actividades más básicas del ser humano, implican el uso de energía. Por tal motivo, la energía es inherente al ser humano. Actualmente, los países se plantean objetivos para disminuir el consumo de energía, con la finalidad de evitar su derroche. Para ello, es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan almacenar, generar y recuperar la energía de forma más eficiente.

Los efluentes de las industrias textiles, de papel y pulpa, utilizan grandes cantidades de agua de refrigeración para eliminar el exceso de calor. Este calor desechado puede recuperarse para utilizarse en procesos secundarios o bien, para reintegrarlo al proceso principal, disminuyendo los insumos de energía. Con esta propuesta, se puede recuperar el calor y disminuir la contaminación térmica. Este tipo de contaminación es perjudicial para el medio ambiente y los seres vivos.

Los sistemas de absorción son una propuesta viable para la recuperación de calor, debido a que son sistemas eficientes y de bajo impacto ambiental (Devotta y Patwardhan, 1989). Además, tienen la ventaja de trabajar con calor residual y pueden ser acoplados a energías renovables tales como la energía solar o geotérmica (Holland, 1990).

El principal problema de las máquinas de absorción es el alto costo de inversión por tratarse de una tecnología relativamente nueva. La mayoría de las máquinas térmicas actuales, utilizan intercambiadores de coraza y tubos o de placas (convencionales), que resultan incompatibles con máquinas de pequeña capacidad.

Los componentes de una máquina por absorción son intercambiadores de calor. En años recientes, diseñadores de equipos experimentales de transferencia de calor, buscan la compactación de los componentes. Para tal propósito, se han desarrollado diversas maneras de aumentar la turbulencia en los fluidos que circulan en los intercambiadores de calor, mejorando la transferencia de calor. Entre ellos podemos mencionar: aletas de diversas geometrías (Pahlavanzadeh *et al.*, 2007), eyectores (Cakmak y Yildiz, 2007), bandas tipo persiana (Smith *et al.*, 2008), mallas de alambre (Moawed *et al.*, 2008). Para los transformadores térmicos, se han reportado diversas geometrías de sus componentes: platos verticales (De Vega *et al.*, 2000), tubos helicoidales (Rivera, 2000), película descendente (Medrano *et al.*, 2002), coraza y tubos (Yoon *et al.*, 2002) y discos de grafito (Olarte, 2013), entre otras.

En cuanto a sistemas dúplex (sistemas que realicen dos operaciones unitarias en una misma coraza), la bibliografía es escasa. En esta propuesta, encontramos un Absorbedor-Evaporador de tubos verticales que opera por película descendente (Tsern *et al.*, 2001), otro Absorbedor-Evaporador sobre tubos helicoidales (Yoon, 2006), una máquina por absorción con equipos dúplex y geometría de tubos horizontales en una coraza (Pospisil *et al.*, 2009) y un transformador térmico por absorción con componentes dúplex Generador-Condensador y Absorbedor-Evaporador que trabaja por película descendente sobre tubos helicoidales (Morales *et al.*, 2015).

En este contexto, se ha diseñado construido y caracterizado un equipo dúplex Evaporador-Condensador (EVACON). Este componente trabaja bajo el principio de película descendente sobre múltiples serpentines helicoidales concéntricos. Este sistema tiene la ventaja de ser más compacto que sistemas convencionales, integra dos operaciones unitarias en un mismo cuerpo, se reducen las pérdidas de calor en tuberías y mejora la estabilidad disminuyendo los tiempos transitorios. Para la caracterización del EVACON se realizaron 36 pruebas experimentales utilizando H₂O/H₂O como par de trabajo a presiones sub-atmosféricas. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

2 MÉTODOS Y MATERIALES

El Evaporador, tiene la finalidad de evaporar el refrigerante para alimentar al Condensador. El vapor es generado al retirar calor de una fuente de calor que pasa por el interior de los tubos. Por la parte exterior, se baña de agua, alcanzando su punto de saturación para evaporarse. El Condensador, tiene la finalidad de retirar calor desde un sumidero para condensarse sobre la superficie de un banco de tubos, dentro de los cuales circula agua fría.

El equipo EVACON está compuesto por dos corazas unidas mediante dos bridas atornilladas. El Evaporador se encuentra en la parte inferior para facilitar el ascenso del vapor. Las corazas tienen un diámetro de 0.32 m y una altura de 0.33 m. El material de construcción es acero inoxidable 304 que es resistente a la corrosión. La Figura 1 muestra la vista lateral y frontal de EVACON, antes de su armado y aislado térmicamente. El tubing es de 0.0127 m (1/2 in) de diámetro exterior calibre 16 y 18, para evaporador y condensador respectivamente.



Figura 1. Vista final del EVACON.

La coraza del Evaporador tiene una base cónica la cual tiene una altura de 0.05 m (Figura 2a), con la finalidad de tener un volumen de control durante las pruebas. Cuenta con dos mirillas de vidrio de borosilicato, resistentes a altas temperaturas y presiones. La finalidad de estas mirillas es el control del nivel del agua y la visualización de la película sobre los serpentines. Para asegurar el paso del vapor,

las dos corazas se encuentran unidas mediante una campana de condensado (Figura 2b), que a su vez permite el paso del vapor, pero impide el retorno del condensado. Para realizar la transferencia de calor cuenta con 7 serpentines concéntricos interconectados en paralelo mediante un manifold (Figura 2c). La distribución del agua sobre los serpentines se realiza mediante un distribuidor de gota (Figura 2d).



Figura 2. Componentes del Evaporador.

Al igual que el Evaporador, el Condensador cuenta con dos mirillas de vidrio de borosilicato para observar el nivel del agua en el interior y la formación de la película (Figura 3a). El Condensador se compone internamente de un banco de 7 serpentines concéntricos, interconectados en paralelo por un manifold. Como se muestra en la Figura 3b el Condensador, cuenta con guías para asegurar la alineación de los serpentines. La tapa tiene 18 barrenos para hermetizar la coraza, se soldaron 5 medios coples de 0.0127 m (0.5 in) de diámetro para instalar sensores de monitoreo (Figura 3c).



Figura 3. Componentes del Condensador.

Para realizar las pruebas experimentales se construyó un banco de pruebas, el cual se armó en una estructura de acero inoxidable con ruedas para su fácil transportación. En la Figura 4 se muestra la estructura construida en perfil de acero inoxidable 304 perforado, esto con la finalidad de facilitar la instalación de flujómetros. Además, cuenta con dos placas de acero inoxidable de 0.50 m de largo y 0.25 m de ancho para la colocación de las bombas de proceso. Se instalaron dos placas una para el adquisidor de datos y otra para la fuente de poder. Cuenta con cuatro ruedas de marca las cuales permiten que el equipo sea de fácil transportación. Las medidas finales del banco son: 1.02 m de largo, 0.51 m de ancho y 1.40 m de alto.



Figura 4. Vista final del banco de pruebas del EVACON.

Para el monitoreo de las variables más importantes y el control del proceso, se instrumentó el banco de pruebas con flujómetros de diferentes capacidades, termopares tipo J y transductores de presión (excitados mediante una fuente de poder). Tanto los termopares como los transductores de presión se conectaron a la tarjeta de un adquisidor de datos y calibraron. Mediante este sistema, se obtuvo comunicación con una computadora a través del software Agilent BenchLink Data Logger 3, registrando lecturas de medición cada 10 segundos. Las características de los instrumentos de medición se presentan en la Tabla 1. Además de los transductores de presión, para el monitoreo visual de la presión del sistema se instaló un manovacuómetro de carátula.

Tabla 1. Características de Instrumentos de Medición

VARIABLE	SENSOR	CARACTERISTICAS
Temperatura	Termopar Tipo J Marca West	Rango de Temperatura 0-120 °C Exactitud $\pm 0.01^\circ\text{C}$
Presión	Transductor de Presión	Rango de Temperatura -140 a 127 °C Exactitud $\pm 0.25\%$
Flujo	Flujómetros Analógicos Marca Cole-Parmer de 1200 mL/min, 6 GPM, 12 GPM	Rango de Temperatura -26 a 121 °C Exactitud $\pm 0.25\%$

Para el suministro de calor, se conectó el Evaporador a una fuente de calor con control de temperatura y flujo másico mediante un sistema electrónico. En cambio, para el enfriamiento, se interconectó el

Condensador a un tanque que almacena agua enfriada previamente mediante un enfriador comercial (chiller). Esto con la posibilidad de operar el EVACON a diferentes capacidades y niveles de enfriamiento y calentamiento. Para alimentar el refrigerante, se utilizaron microbombas de desplazamiento positivo interconectadas mediante tubing de acero inoxidable 304 de 0.0127 m (0.5 in) de diámetro cédula 16. Se utilizaron diferentes accesorios para la interconexión como válvulas (de bola y compuerta), racores, conectores, tuercas unión, tees, codos, reducciones, tapones, y otros accesorios de tubería. Se interconectó el sistema a una bomba de vacío para operar a condiciones de presión sub-atmosféricas. Se aisló térmicamente mediante Armaflex, material con conductividad térmica de 0.039 W/m°C. En la Figura 5 se muestra el diagrama de tubería e instrumentación del banco de pruebas.

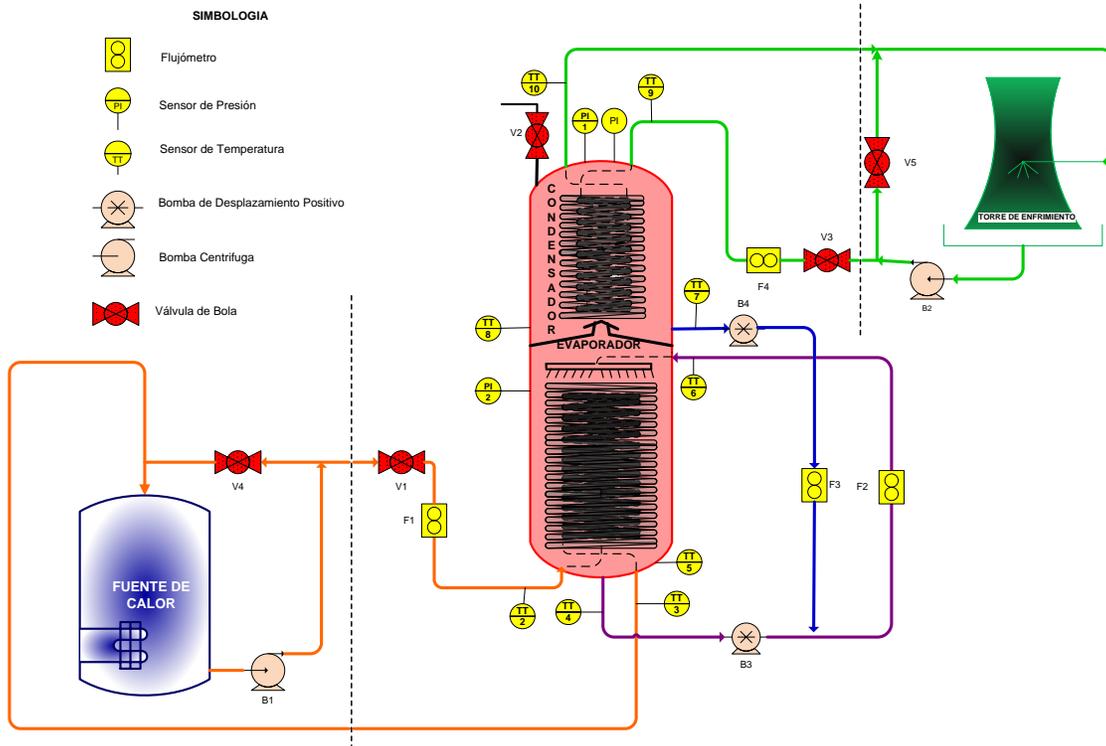


Figura 5. DTI del banco de pruebas del EVACON.

3 RESULTADOS

El equipo se operó H₂O/H₂O a diferentes flujos y temperaturas de calentamiento. Las temperaturas de operación fueron de 65°C hasta 90°C en intervalos de 5°C. Los flujos controlados (de calentamiento) fueron desde 10 L/min hasta 20 L/min, en intervalos de 2 L/min con un flujo fijo de enfriamiento de 3.4 L/min. Se realizaron un total de 36 pruebas experimentales.

En la Figura 6 se muestra la estabilidad del equipo para una temperatura de calentamiento de 65°C. Las líneas de la figura marcan los estados estables, llamados prueba 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Un estado estable se considera cuando las variaciones en la temperatura son de $\pm 1^\circ\text{C}$ en un lapso de 30 minutos. Esta prueba tuvo una duración de aproximadamente 5 horas. Se observa que el EVACON tiene buena estabilidad y que su estado transitorio es de 1 hora aproximadamente.

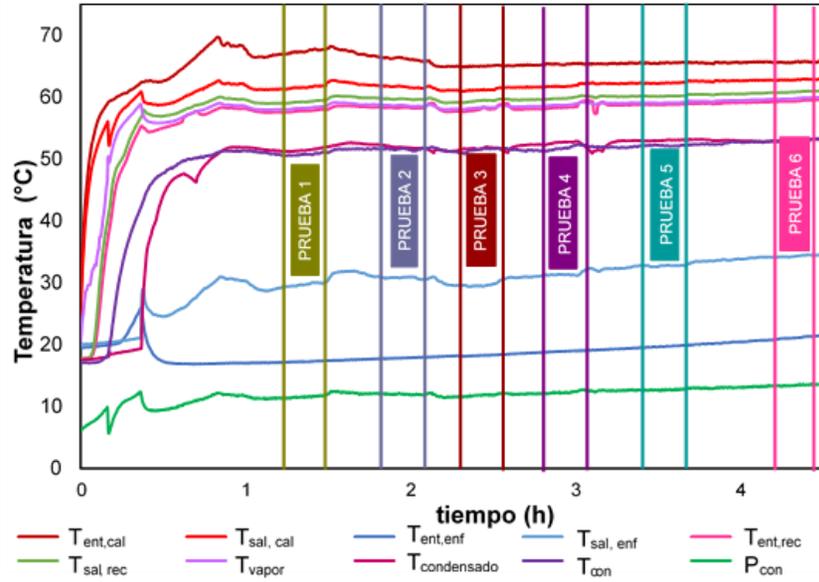


Figura 6. Estabilidad del equipo para una temperatura de calentamiento de 65°C.

Para cuantificar la cantidad de energía cedida y recibida en cada equipo se realizaron los balances de masa y energía correspondientes:

EVAPORADOR:

$$\dot{m}_{ENT,REC} = \dot{m}_{SAL,REC} + \dot{m}_{VAP} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$Q_{GEN,INT} = \dot{m}_{SAL,REC}h_{SAL,REC} + \dot{m}_{VAP}h_{VAP} - \dot{m}_{ENT,REC}h_{ENT,REC} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$Q_{CAL} = \dot{m}_{CAL}(H_{SAL,CAL} - H_{ENT,CAL}) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$e_{GEN} = \frac{Q_{GEN,INT}}{Q_{CAL}} \quad (\text{Ec. 4})$$

CONDENSADOR:

$$\dot{m}_{SAL,VAP} = \dot{m}_{ENT,CON} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$Q_{CON,INT} = \dot{m}_{VAP}(H_{ENT,VAP} - H_{SAL,CON}) \quad (\text{Ec. 6})$$

$$Q_{ENF} = \dot{m}_{ENF}(H_{SAL,ENF} - H_{ENT,ENF}) \quad (\text{Ec. 7})$$

$$e_{CON} = \frac{Q_{ENF}}{Q_{CON,INT}} \quad (\text{Ec. 8})$$

Con la finalidad de evaluar la influencia del calentamiento sobre la transferencia de calor, se cuantificó el calor transferido a diferentes niveles térmicos y flujos másicos de calentamiento en condiciones de operación similares.

A. GENERADOR

En la Figura 7, se observa que la transferencia de calor mejora al incrementar la temperatura de calentamiento, debido a que se alcanza ligeramente una mayor presión en el sistema. Este aumento de presión causa mayor interacción molecular (rapidez con la que el vapor asciende y se condensa),

aumentando el transporte de energía por convección y difusión. Además, al aumentar la diferencia de temperatura entre el fluido que cede y el que acepta energía, aumenta la fuerza motriz de transferencia (ΔT), mejorando la dinámica de transferencia. Esta mejora aumenta los coeficientes globales de transferencia de calor.

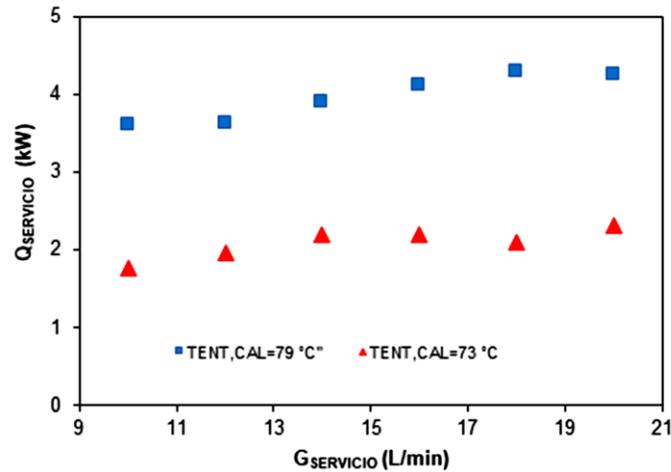


Figura 7. Potencias térmicas del calentamiento del Evaporador.

La Figura 8 muestra la temperatura de salida del Evaporador ($T_{PROCESO}$ donde existe un cambio de fase) en función del calor de proceso ($Q_{PROCESO}$ proporcionado por el equipo). Se observa que a mayor potencia se incrementa la temperatura de proceso, lo cual indica que el equipo tiene una buena respuesta a la transferencia de calor. Se observa que el valor máximo de $T_{PROCESO}$ es de 81.7°C para una potencia de 9,955.6 W.

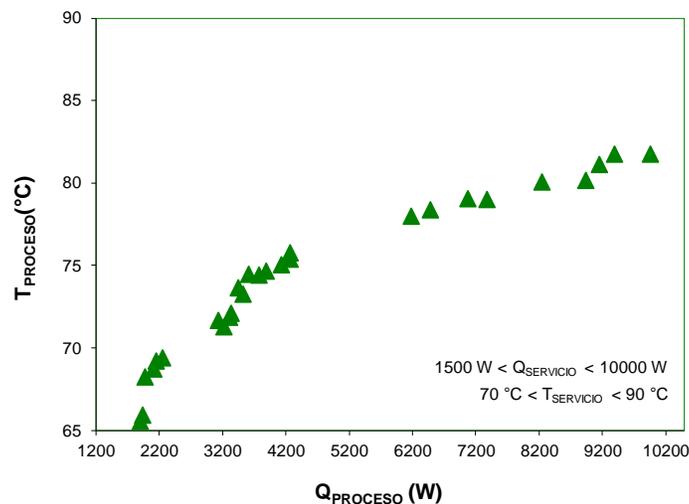


Figura 8. $T_{PROCESO}$ en función de $Q_{PROCESO}$ para 36 pruebas del Evaporador.

La Figura 9 muestra el comportamiento de la eficiencia del evaporador en función del flujo de servicio suministrado ($G_{SERVICIO}$) a diferentes temperaturas. Al incrementar el flujo, se incrementa la eficiencia del equipo. El Número de Reynolds, teniendo un área de transferencia de calor y temperaturas constantes, asociado a la turbulencia, incrementa al aumentar el flujo dentro de los tubos por el efecto convectivo adicional en tubos helicoidales (flujos secundarios, vorticidad). Esto promueve la transferencia de calor e incrementa el calor transferido a través de las paredes del tubo.

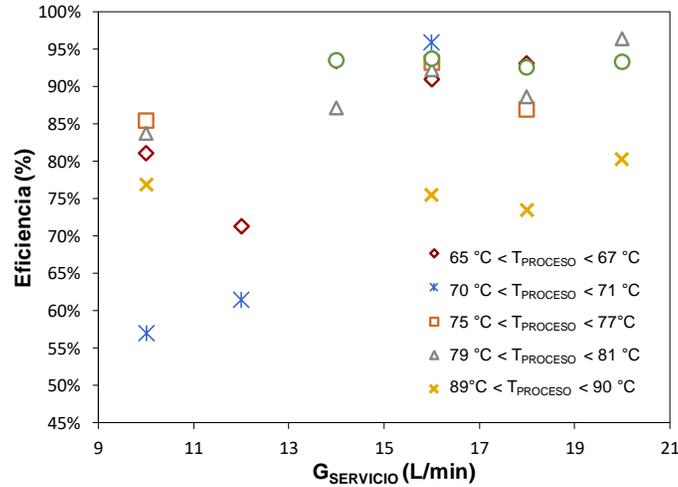


Figura 9. Eficiencia en función de $G_{SERVICIO}$ suministrado para 36 pruebas del Evaporador.

La Figura 10 muestra eficiencias del 50% al 98%. Se observa que a mayor potencia suministrada el equipo, entrega mayor potencia térmica. Esto demuestra que el equipo opera de manera eficiente. Se observa que las potencias máximas del equipo están alrededor de los 12,000 W por lo que se puede concluir que esta geometría es recomendable para un evaporador.

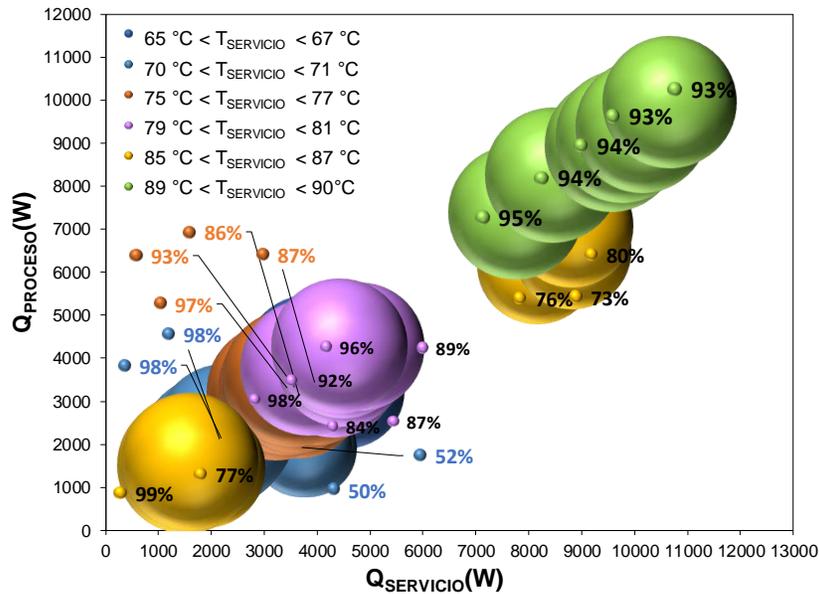


Figura 10. Eficiencias del evaporador para 36 pruebas.

B. CONDENSADOR

Para este componente, se evaluó el efecto de las condiciones del vapor en la transferencia de calor en el proceso de condensación, al variar las condiciones de enfriamiento. De manera similar que el Evaporador, mayor flujo de enfriamiento mejora el calor trasferido en el condensador (Figura 11). Mayor temperatura de calentamiento aumenta ligeramente la temperatura del vapor producido, y por lo tanto la dinámica de transferencia entre el fluido caliente y frío. Debido a que ambos procesos se encuentran acoplados, ambos procesos están ligados estrechamente.

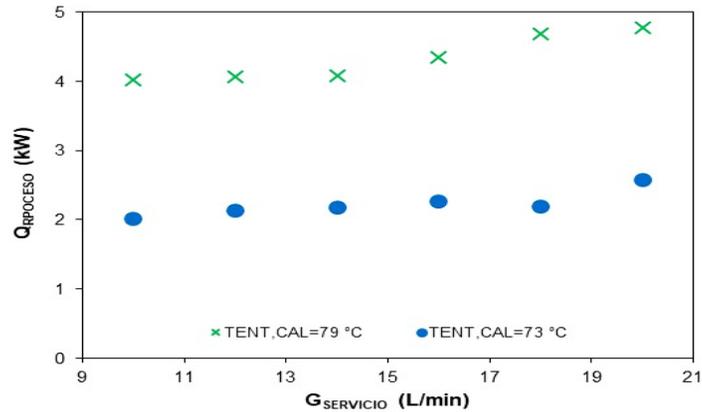


Figura 11. Potencias térmicas de enfriamiento del condensador.

La Figura 12 muestra la temperatura de salida del condensador ($T_{PROCESO}$) en función del flujo de condensado ($\dot{m}_{PROCESO}$). Se observa que a mayor flujo se incrementa la temperatura de condensado. El valor máximo obtenido para $T_{PROCESO}$ es de $67.01^{\circ}C$, para un flujo másico de 0.00384 kg/s . Este comportamiento es esperado de acuerdo con la Ley de la Conservación de la Energía, donde la potencia es directamente proporcional al flujo y a la entalpía de vaporización. La entalpía de vaporización depende de $T_{PROCESO}$.

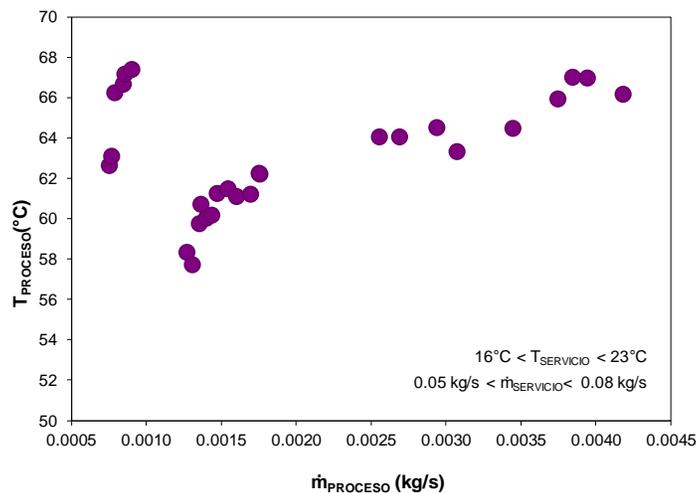


Figura 12. $T_{PROCESO}$ en función de $\dot{m}_{PROCESO}$ para 36 pruebas del Condensador.

La Figura 13 muestra el comportamiento de la eficiencia del condensador en función del flujo de condensado. Al incrementarse el flujo, incrementa la eficiencia del equipo, teniendo valores máximos de 98.9% para un flujo másico de proceso de 0.0016 kg/s . El valor mínimo para esta serie de datos es de 92.49% por lo que se considera que el condensador tiene buen desempeño.

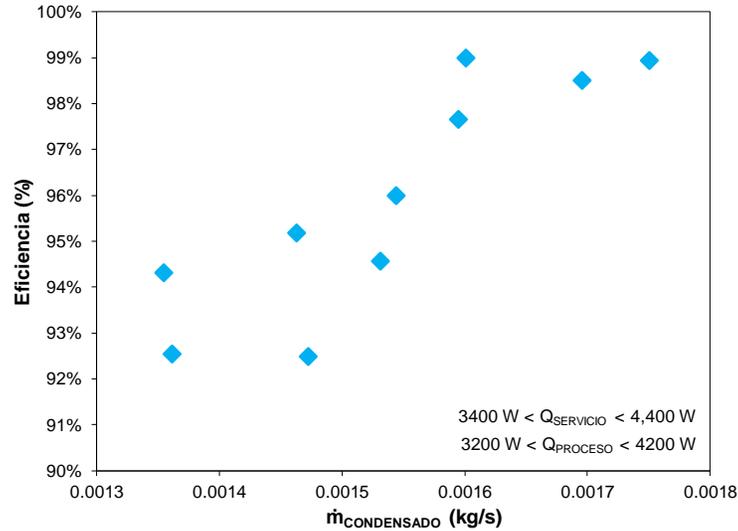


Figura 13. Eficiencia en función de flujo de proceso para 10 pruebas del Condensador.

La Figura 14 muestra el calor de proceso ($Q_{PROCESO}$) en función del calor de suministrado ($Q_{SERVICIO}$) así como la eficiencia obtenida a diferentes temperaturas. Debido al error experimental asociado a la incertidumbre de los instrumentos de medición, se pueden observar eficiencias del 100% las cuales no es posible alcanzar (primera Ley de la Termodinámica). Se observan eficiencias del 54% al 98%, condiciones atractivas de la transferencia de calor. Las potencias máximas del equipo están cercanas a los 12 kW.

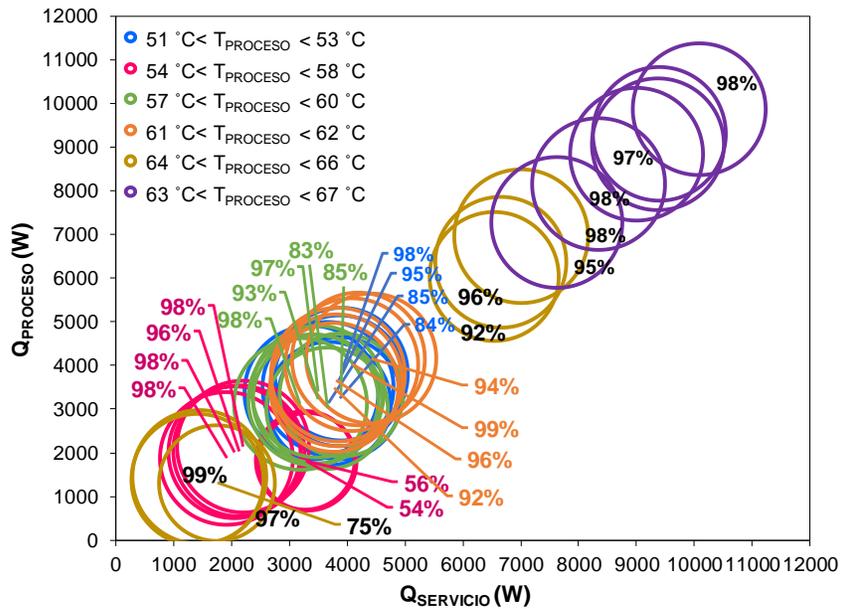


Figura 14. Eficiencias del condensador para 36 pruebas.

4 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que es posible construir y operar un sistema dúplex evaporador-condensador. Este tipo de intercambiadores funcionan de acuerdo con los principios básicos de transferencia de calor, es decir, si se incrementa el número de Reynolds se promueve la transferencia de calor y se incrementan las potencias térmicas del proceso. El estado transitorio es más corto que

los de equipos convencionales (dos a tres horas referencia), es decir, aquellos que tienen los componentes en forma individual; este comportamiento se debe a que al ser dúplex se evitan tramos de tuberías para interconectar los componentes y, por lo tanto, las pérdidas de presión y calor son menores y sus eficiencias son altas.

En cuanto al diseño, por ser compactos, sus dimensiones son menores que las de equipos tales como coraza y tubos, que son voluminosos. El diseño helicoidal permite tener un área de transferencia de calor óptima para los procesos de evaporación y condensación. Además de estar pensado para integrarse a equipos de absorción, el resultado final de estos último será un equipo de menor tamaño y de fácil transportación.

Estos sistemas se pueden estudiar desde diversos enfoques: diseño de equipos, transferencia de masa y de calor, termodinámica. Se pueden analizar diferentes fenómenos físicos, como son la formación de la película descendente sobre los tubos, el régimen de la película, el cambio de fase en fluidos, etc.

Por lo anterior es importante resaltar que los equipos compactos tienen un futuro prometedor en el campo de la transferencia de calor y que son una opción viable para ser utilizada en sistemas de absorción.

5 CONCLUSIONES

El equipo compacto EVACON presenta una buena dinámica de acoplamiento entre ambos componentes. El tiempo de respuesta es corto (estado transitorio) en comparación con equipos convencionales. Presenta una muy buena estabilidad una vez alcanzada una condición de operación. Con este diseño, disminuyen las irreversibilidades del proceso de transferencia de calor, alcanzando eficiencias cercanas al 100%. Las potencias máximas de proceso fueron para el evaporador, de 9.95 kW y 9.87 kW para el condensador. Estas potencias son altas para el tamaño del equipo si lo comparamos con un equipo de coraza y tubos (convencional). Por lo anterior se recomienda la geometría helicoidal para ser adaptada a una máquina de absorción para llevar a cabo los procesos de evaporación y condensación.

REFERENCIAS

- Cakmak G., Yildiz C. (2007) The influence of the injectors with swirling flow generating on the heat transfer in the concentric heat exchanger. *J Heat and Mass Transfer*. 34:728-739.
- Devotta S., Patwardhan V.S. (1989). "Short course and workshop on heat pumps and energy conservation" Chemical Engineering Division, National Chemical Laboratory, NCL and University of Salford (U.K.). pp 1.1-1.4, 4.7-4.8.
- De Vega M, Almendros-Ibañez J.A, Ruiz G. (2006). Performance of a LiBr–water absorption chiller operating with plate heat exchanger, *J Sci Energy Conversion and Management*. 47:3393–3407.
- Holland F.A. (1990). "Fundamentos y aspectos económicos de bombas de calor" Seminario sobre Conservación de Energía y Aplicaciones Industriales y Comerciales de las Bombas de Calor. México. pp 9-22.
- Medrano M., Bourouis M., Coronas A. (2002). Absorption of water vapour in the falling film of water-lithium bromide inside a vertical tube at air-cooling thermal conditions. *J Sci International Journal of Thermal Sciences*. 41:891–898.
- Moawed MA, Ibrahim E., Gomma A. (2008) Thermal performance of a pipe heat exchanger with sinusoidal inner pipe. *J Energy Conversion and Management*. 49: 678-686.

- Morales L.I., Conde-Gutiérrez R.A., Hernández J.A., Huicochea A., Juárez-Romero D., Siqueiros J. (2015) Optimization of an Absorption Heat Transformer with two-duplex components using inverse neural network and solved by genetic algorithm. *Applied Thermal Engineering*. 85:322-333.
- Pahlavanzadeh H., Jafari N.M. and Mozaffari S.H. (2007). Experimental study of thermal hydraulic and fouling performance of enhanced heat exchangers. *J Heat and Mass Transfer*. 34:907-916.
- Rivera W. (2000) Experimental evaluation of a single-stage heat transformer used to increase solar pond's temperature. *J Sci Solar Energy*. 69:369-376.
- Smith E, Somsak P, Thianpong C and Pongiet P. (2008). Turbulent flow heat transfer and pressure loss in a double pipe heat exchanger with louvered strip inserts. *J Heat and Mass Transfer*.35:120-129.
- Yoon J.I., Kim E., Choi K.H., Seol W.S., (2002). Heat transfer enhancement with a surfactant on horizontal bundle tubes of an absorber. *J Sci International Journal of Heat and Mass Transfer*. 45:735–741.
- Yoon J.L., Kwon O., Bansal P. K., Moon C., Lee H. (2006) Heat and Mass Transfer Characteristics of a Small Helical Absorber. *Applied Thermal Engineering*; 26: 186-192.
- Olarte-Cortés J., Torres-Merino J., Siqueiros J., Experimental study of a graphite disks absorber couple to a heat transformer. (2013). *J Sci Experimental Thermal and Fluid Science*. 46:29-36.
- Pospisil J., Balas M., Baxa M., Fortelny Z. (2009) Working Characteristics of Small-scale Absorption Unit with Two-Cylinder Design. *Wseas Transactionson Heat and Mass Transfer*. Ed. 3. 2:77-86.
- Tsern I.P, Lin H.I, Chou S.F. (2001) Heat and Mass Transfer in the Vertical Twin-Parallel-Tube Absorber-Evaporator Unit. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*. 24:581-593.

Este artículo puede citarse de la siguiente forma:

Citación estilo APA sexta edición

Solorzano Galván, P.J., Morales Gómez, L.I. & Demesa López, F.N. (septiembre-diciembre de 2017). Diseño y caracterización de un equipo duplex evaporador-condensador para una máquina de absorción. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 3(3), 8-20.

Citación estilo Chicago decimoquinta edición

Solorzano-Galván, Patricia Jazmín, Morales-Gómez, Laura Irene & Demesa-López, Francisco Noé. Diseño y caracterización de un equipo duplex evaporador-condensador para una máquina de absorción. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, 3 No. 3 (septiembre-diciembre de 2017): 8-20.

Citación estilo Harvard Anglia

Solorzano Galván, P.J., Morales Gómez, L.I. & Demesa López, F.N., 2017. Diseño y caracterización de un equipo duplex evaporador-condensador para una máquina de absorción. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, septiembre-diciembre, 3(3), pp. 8-20.

Citación estilo IEEE

[1] P.J. Solorzano-Galván, L.I. Morales-Gómez y F.N. Demesa-López. Diseño y caracterización de un equipo duplex evaporador-condensador para una máquina de absorción. *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, vol. 3 No. 3, pp. 8-20, septiembre-diciembre de 2017.