

# ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE UN INTERCAMBIADOR DE PLACAS MEDIANTE CFD

Yebrá Pérez Juan Carlos (1), Ramírez Minguela José de Jesús (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [jc.yebraperez@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [dj.ramirezminguela@ugto.mx]

## Resumen

En el presente trabajo se analizó mediante CFD un intercambiador de calor de placas (PHE por sus siglas en inglés) de un fluido no newtoniano utilizando el software de simulación ANSYS-Fluent® considerando una geometría en tres dimensiones con tres diferentes configuraciones. Los fluidos de entrada considerados en el PHE fueron agua y puré de tomate, considerando particularmente en este último propiedades termo-físicas y reológicas dependientes de la temperatura. Para el modelo se consideró la transferencia de calor en los platos del intercambiador ocasionado por la diferencia de temperatura de entrada de los fluidos involucrados, así como la dinámica de los fluidos. Los resultados de las simulaciones muestran los perfiles de presión, temperatura y velocidad, de cada configuración de la geometría analizada.

## Abstract

In the present work, a non-Newtonian fluid plate heat exchanger was analyzed using CFD using the ANSYS-Fluent® simulation software considering a three-dimensional geometry with three different configurations. The input fluids considered in the PHE were water and tomato puree, particularly considering thermo-physical and rheological properties dependent on temperature. Model for heat transfer in the exchanger plates caused by the difference in inlet temperature of the fluids involved and the fluid dynamics is considered. The results of the simulations show the pressure, temperature and velocity profiles of each configuration of the geometry analyzed.

### Palabras Clave

CFD ; PHE; Fluido no newtoniano

## INTRODUCCIÓN

Una aplicación en la cual el incremento en la transferencia de calor es de fundamental importancia es el diseño y evaluación de intercambiadores de calor. Estos dispositivos van a permitir la transferencia de calor entre un fluido caliente y uno frío, normalmente, sin permitir el contacto entre ambos. La transferencia de calor es un factor clave en el diseño, ya que existen determinadas situaciones en las cuales es recomendable que haya un incremento de esta.

Un intercambiador de calor de placas (PHE por sus siglas en inglés) usualmente consta de una estructura armada que mantiene en posición un conjunto de placas paralelas que forman un conjunto de canales. El núcleo de cada unidad consiste en placas corrugadas intercambiadoras de calor, hechas con varios materiales, en dependencia de las condiciones de aplicación. Al borde de cada placa se le acopla una junta de goma y, por consiguiente, todas las placas se convierten en una estructura compacta, que forma canales de flujo para los medios [1].

Una desventaja que se ha estado reportando en el manejo de PHE es la limitación que se tiene en las condiciones de operación al tener un máximo en presión de 20.4 bar y una temperatura de 150 °C. Las condiciones se pueden mejorar a 40.8 bar y 800°C en PHE de tipo lamel [2].

El uso de PHE en el sector industrial, tiene una gran variedad de campos de aplicación como lo son las centrales eléctricas, la industria farmacéutica, la industria química, sistemas de congelamiento y más frecuentemente es en la industria alimenticia, debido a que en un principio se utilizaban como unidades de pasterización de alimentos líquidos, el cual se garantizaba un alto nivel de operación higiénica, por las dimensiones que presentan al ser fáciles de limpiar [3]. Los alimentos líquidos pueden presentar un comportamiento newtoniano o no newtoniano, el cual va estar en dependencia tanto de las propiedades físicas del alimento como de las condiciones de operación industrial, llevando a realizar los cálculos de manera que fueran newtonianos al simplificar la variación de la viscosidad con respecto a la temperatura al momento de estar diseñando, pero no va dar un panorama real de la situación, haciendo que se tome a consideración la naturaleza no newtoniana del alimento [4]. Las investigaciones de estos se han estado centrado en encontrar correlaciones que predigan el comportamiento reológico al tener este un gran efecto en la caída de presión y transferencia de calor del PHE, como también de la geometría que tienen [5].

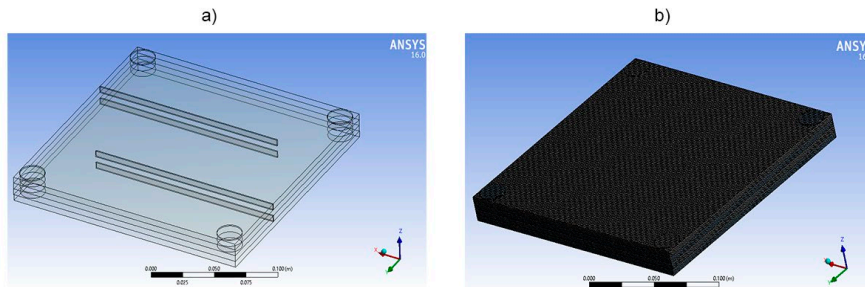
El uso de la dinámica de fluidos computacional (CFD) es una gran herramienta de apoyo para la validación de diversos modelos, ya que ayuda en la comprensión de regímenes de fluido y en dar distribuciones de temperatura en modelos que son complicados, al monitorear el de manera precisa el comportamiento del fluido en un dominio cerrado y generar así confianza en el diseño del equipo [6].

En el presente trabajo se realizó la simulación de un fluido no newtoniano dentro de un PHE con diferentes configuraciones para analizar su comportamiento hidráulico, así como su comportamiento térmico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la simulación del fluido no newtoniano se aplicó un modelo laminar al PHE considerando la primera configuración sin baffles en estado estacionario, en el caso de la segunda y tercera configuración del PHE con 2 y 4 baffles, respectivamente, se utilizó el modelo de turbulencia  $k-\epsilon$  en estado estacionario. Las ecuaciones gobernantes [7] que aplican en la resolución de los modelos son resueltos mediante el software ANSYS-FLUENT v16.0®. El material del intercambiador es de acero con las propiedades que vienen incluidas en la base de datos del software, en el caso del fluido no newtoniano de estudio se utilizó puré de tomate a 12°Brix cuyas propiedades termo-físicas y reológicas dependen de la temperatura, las cuales se encuentran reportadas en Rios-Iribe et al [8].

Las dimensiones usadas en la geometría que se muestra en la imagen 1 del PHE son las siguientes: extensión de los platos son de 200 mm x 200 mm, diámetro, el diámetro de entrada y salida de los fluidos es de 20 mm, el número de platos que contiene el PHE son 3, la distancia que hay entre platos es de 5 mm, el número de baffles son de 2 y 4 por paso de flujo, la longitud de los baffles es de 160 mm y la longitud que hay entre baffles es de 40 mm. El número de celdas que contiene el PHE sin baffles, con 2 baffles y con 4 baffles es de 1457520, 1457520 y 1451318, respectivamente.

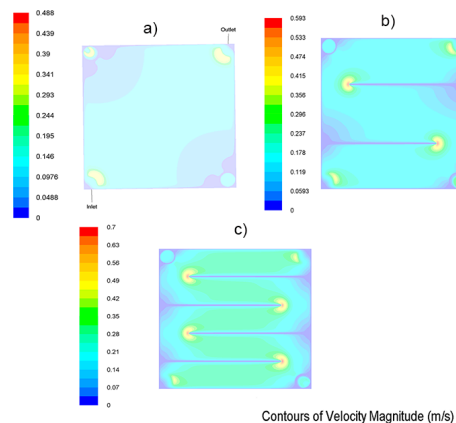


**Imagen 1. Construcción del PHE que se realizó: a) Geometría y b) mallado detallado.**

Las condiciones de entrada de los dos fluidos se asignaron como velocity-inlet con un valor de 0.25 m/s para la parte hidráulica mientras que en la parte térmica se les asigno al puré de tomate una temperatura de 20°C, mientras que el agua entra a una temperatura de 92°C; para las de salida de los fluidos, la condición asignada es pressure-outlet imponiendo la presión atmosférica. Es importante mencionar que en el estudio de las tres configuraciones de la geometría del PHE, se respetaron las mismas condiciones de operación, con la finalidad de poder comparar los resultados obtenidos de los fenómenos que ocurren en el intercambiador PHE.

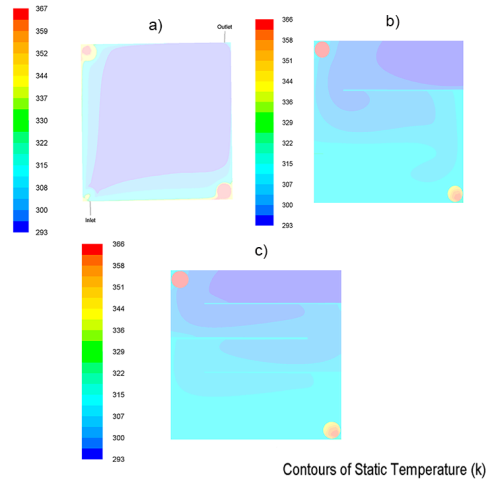
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se muestra en la imagen 2, los campos de velocidad obtenidos de la simulación muestran que cuando se tiene un PHE sin baffles, se pueden observar que se tienen puntos de estancamiento en los bordes, en donde la velocidad es cero debido a que el flujo tiende a realizar un recorrido recto, de manera que al introducir baffles estas zonas de estancamiento disminuyen y de manera consecuente al aumentar el número de baffles el tamaño de las zonas son aun menores.



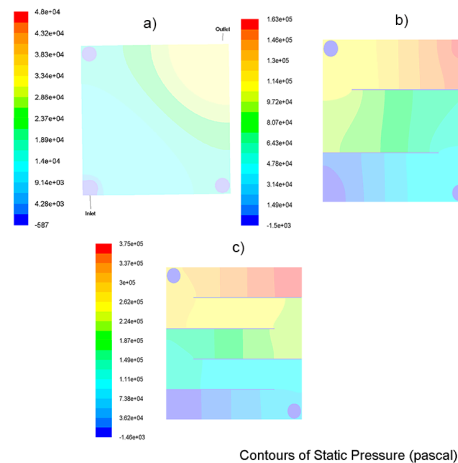
**Imagen 2. Contornos de velocidad obtenidos del PHE en sus diferentes configuraciones: a) sin baffles b) 2 baffles c) 4 baffles a una velocidad de entrada de 0.25 m/s.**

En comparación al trabajo hecho de Rios-Irbe et al [7], no se tuvo la consideración en poner las placas a una temperatura constante, dado que se tiene la intención de ver un comportamiento real del PHE, obteniendo así un perfil de temperatura que se muestra en la imagen 3, en la cual se observa que en el intercambiador sin baffles no presenta un cambio significativo en el gradiente de temperatura por lo cual va el aumento de esta es de tan solo 7°C. En los PHE que presentan los baffles se muestra un aumento de la temperatura de salida del puré, debido a la generación de turbulencia del fluido por los choques con los baffles, ocasionando que haya más transferencia de calor entre los fluidos.



**Imagen 3. . Contornos de temperatura obtenidos del PHE en sus diferentes configuraciones: a) sin baffles b) 2 baffles c) 4 baffles.**

Las caídas de presión que se obtuvieron de la simulación muestran que a medida que se aumenta el número de baffles, la velocidad que se presenta en el fluido aumenta (Imagen 2), dado a la generación de turbulencias a medida que el fluido hace su recorrido, por lo que, la caída de presión a la salida aumenta en un PHE al aumentar el número de baffles, tal como se puede observar en la Imagen 4.



**Imagen 4. . Contornos de temperatura obtenidos del PHE en sus diferentes configuraciones : a) sin baffles b) 2 baffles c) 4 baffles.**

## CONCLUSIONES

En este estudio que se realizó a través de la simulación por CFD, se obtuvieron de manera teórica los diferentes perfiles de velocidad, temperatura y presión para las diferentes configuraciones de la geometría del PHE analizadas. Se puede observar que el incremento de la temperatura tiende a ser dependiente de diversos factores, entre los cuales principalmente se encuentra el tipo de régimen del fluido al observar que se obtiene un mayor incremento en la temperatura al tener un fluido un régimen turbulento debido al uso de baffles, ya que estos favorecen la transferencia de calor en el interior del PHE.

## REFERENCIAS

- [1] Varona, B., González, R., Pérez, R.W. & Pérez, M. (2007). ANÁLISIS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS ENFRIADOR DE MOSTO EN LA CERVECERÍA "TINIMA". *Tecnología Química*. 27(3) 61-67
- [2] Abu-Khader, M. (2012). Plate heat exchanger: Recent advances. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (4) 1883-1891 doi: 10.1016/j.rser.2012.01.009
- [3] Kumar, V., Tiwari, A.K. & Subrata K.G. (2015). Application of nanofluids in plate heat exchanger: A review. *Energy Conversion and Management*, 105, 1017-1035, doi: 10.1016/j.enconman.2015.08.053
- [4] Afonso, I.M., Hes, L., Maia, J.M & Melo, L.F. (2003). Heat transfer and rheology of stirred yoghurt during cooling in plate heat exchanger. *JOURNAL OF FOOD ENGINEERING*, 57(2), 179-187, doi: 10.1016/S0260-8774(02)00296-0
- [5] Cabra, R.A.F., Gut, J.A.W., Telis, V.R.N. & Telis-Romero, J. (2010). Non-newtonian flow and pressure drop of pineapple juice in a plate heat exchanger. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 27(4), 563-571, doi: 10.1590/S0104-66322010000400008
- [6] Asteriadou, K., Hastings, A.P.M., Bird, M.R. & Melrose, J. (2010). MODELING HEAT EXCHANGER PERFORMANCE FOR NON-NEWTONIAN FLUIDS. *Journal of Food Process Engineering*. 33(6), 1010-1035, doi: 10.1111/j.1745-4530.2008.00321.x
- [7] Fluent, *Fluent 6.3 User's Guide*, first ed., Fluent Inc., Lebanon, New Hampshire, 2006.
- [8] Rios-Iribe, E.Y., Cervantes-Gaxiola, M.E., Rubio-Castro, E. & Hernández-Calderón, O.M. (2016). Heat transfer analysis of a non-Newtonian fluid flowing a Plate Heat Exchanger using CFD. 101, 262-272, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.02.094