

Diseño computarizado de intercambiadores de calor bajo ambiente Windows

Heat exchangers computer design under Windows environment

Gonzalo A. Alarcón S.
Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UCV,
Caracas 1041, Venezuela
e-mail: galarcons@cantv.net

Rosalba Sciamanna
Departamento de Diseño y Control de Procesos, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UCV,
Caracas 1041, Venezuela
e-mail: rsciamanna@cantv.net

Resumen

Debido al rápido avance de la tecnología computacional de los últimos años, existe en la actualidad un creciente interés por parte de los ingenieros e industriales, en general, de disponer de programas que permitan generar soluciones de problemas de ingeniería típicos de forma confiable y en el menor tiempo posible. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue elaborar un programa en ambiente Windows que permitiera diseñar dos de los tipos de intercambiadores de calor más usados en la industria: los intercambiadores de carcasa y tubos (STHE) y los intercambiadores de placas (PHE). Este programa constituye una herramienta rápida y de fácil manejo al momento de realizar el diseño de uno de estos tipos de intercambiadores para un proceso dado, permite establecer comparaciones rápidas entre diferentes configuraciones a fin de seleccionar el equipo más adecuado y proporciona una valiosa ayuda al momento de evaluar el comportamiento de intercambiadores ya existentes. Incluso en el campo didáctico, constituye una herramienta útil para la enseñanza del diseño, funcionamiento y evaluación de dichos intercambiadores de carcasa y tubos o de intercambiadores de placas.

Palabras claves: Intercambiadores de calor, programa, diseño.

Abstract

Nowadays, there is a growing interest by engineers and industrial people to make use of software that allow solving typical engineering problems in a reliable way in the shortest possible time, thanks to gigantic advances in computational technology in the last years. Thus, this work was aimed to make a software in Windows environment to design two of most used heat exchangers in industry: Shell and Tubes Heat Exchangers (STHE) and Plate Heat Exchangers (PHE). This software is a fast and easy usage tool to design one of these types of heat exchangers for one given process, allows to establish fast comparisons between different arrangements in order to select the most suitable device and gives a valuable help to evaluate the behavior of existing heat exchangers. Even in didactic field, it represents a very helpful tool in teaching of design, operation and evaluation of such shell and tubes or plate heat exchangers.

Key words: Heat exchangers, software, design.

1 Introducción

Desde los comienzos de la era industrial, la optimización de los procesos ha marcado las pautas en los avances tecnológicos y por ello, el estudio y comprensión del funcionamiento de los equipos representa un factor determi-

nante a fin de lograr satisfacer armónicamente los requerimientos de consumo de energía, rendimiento, costos y espacio físico utilizado, entre otros parámetros.

Los procesos con transferencia de calor forman parte importante de las operaciones industriales a gran escala, por lo cual son objeto de estudio y continuos análisis a fin de

mejorar su rendimiento general.

Existen muchos tipos de equipos para la transferencia de calor, entre los cuales se destacan los intercambiadores de calor, ya que tienen la finalidad de recuperar el calor entre dos corrientes de un proceso. Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos (STHE) y los de placas (PHE) son los más comunes en la industria, aunque la tecnología y operabilidad de estos últimos ha sido poco reconocida, lo cual se ve reflejado, por ejemplo, en la escasa información disponible respecto a los mismos.

Por otro lado, el vertiginoso avance de los últimos años en la tecnología computacional, ha hecho que los programas de cálculo y simulación sean cada vez más atractivos e indispensables a fin de generar soluciones de problemas típicos de ingeniería, entender los procesos en general y predecir eventualidades que puedan ocurrir de forma confiable y en el menor tiempo posible.

No obstante, en el campo de los intercambiadores, los paquetes comerciales de simulación disponibles generalmente proponen únicamente equipos de carcasa y tubos, lo que dificulta disponer de parámetros de comparación para un mejor selección. Además la tecnología de los PHE es, generalmente, privilegio de las compañías que desarrollan estos equipos, disminuyendo la disponibilidad de información pertinente a su diseño o especificación.

Debido a todo lo señalado anteriormente, este trabajo persigue como meta fundamental desarrollar un programa, de fácil uso y con una interfaz amigable, que permita diseñar y evaluar los dos intercambiadores de calor de mayor uso industrial (STHE y PHE), que además permitiera evaluar (de forma gráfica o por medio de "Hojas de Reportes") diferentes parámetros ligados al funcionamiento de dichos equipos, así como su comportamiento en condiciones estacionaria y finalmente que permitiera posteriormente ser ampliado a fin de considerar otros equipos o aspectos de interés.

2 Metodología

En primer lugar se recopiló la información necesaria referente a los procesos de transferencia de calor, de fluidodinámica y termodinámica de los fluidos, entre otros. Se realizó una extensa investigación de todos los aspectos relevantes involucrados con los intercambiadores de carcasa y tubos (STHE) y los intercambiadores de placas (PHE), determinando las cualidades, ventajas y limitaciones de cada uno de estos equipos, así como sus características de funcionamiento y desempeño. Los métodos de diseño fueron seleccionados, revisados y agrupados, de modo de facilitar los procesos de cálculo. Se recopilaron los datos necesarios para un diseño lógico y mecánicamente coherente, referidos a las partes más importantes del equipo.

Una vez obtenida toda esta información, se determinaron los esquemas de diseño para cada equipo: los datos de entrada, características de los equipos y parámetros de salida. A partir de esto, se desarrolló un libro de cálculo en

Microsoft Excel para cada tipo de intercambiador de calor, donde se distribuyeron las diferentes etapas del cálculo. Se establecieron y elaboraron las bases de datos a emplear, las cuales cuentan con información relevante, tales como: lista de fluidos, propiedades termodinámicas (con sus respectivos rangos de temperaturas de aplicación), tablas de datos mecánicos (estipulados por las normas pertinentes) y tablas de correlaciones de las curvas requeridas por el método de diseño.

Posteriormente, se procedió a elaborar la interfaz con el usuario en lenguaje programación *Visual Basic 6.0*, de modo de proporcionar al usuario un ambiente amigable y de fácil uso, todo a través de ventanas adecuadamente diseñadas, a fin de disponer la entrada y salida de información en una forma sencilla y práctica para el usuario. Esta interfaz se elaboró tomando en cuenta las normas establecidas para tal fin (*Microsoft Visual Basic 6.0*, 1998 a, 1998 b), como composición, colocación de los controles, coherencia de los elementos de la interfaz, uso del color e imágenes.

Por último, se realizaron cálculos con datos obtenidos en la bibliografía (Buonopane, 1963; Usher, 1970; Marrit, 1971; HEDH, 1983; Turton y Col., 1986; Bowman y Turton, 1990; Walas S.M., 1990; Kerner, 1993; Kern, 1994; Mukherjee, 1998) y con algunos datos reales de la industria, de modo de verificar la precisión y exactitud de los resultados.

3 SIMIC v1.0

El programa *SIMIC v 1.0* en su primera versión, es un paquete que permite diseñar y evaluar intercambiadores de calor de carcasa y tubos y/o intercambiadores de placas, de forma sencilla, rápida y agradable al usuario. Es decir, el programa considera el diseño o evaluación de dos de los equipos de intercambio de calor más usados en la industria: los intercambiadores de carcasa y tubos y los intercambiadores de placas, a diferencia de los paquetes comerciales existentes que cuentan solamente con uno de ellos, generalmente de carcasa y tubos.

El programa *SIMIC v1.0* presenta inicialmente una pantalla principal (Fig. 1) con una "Mesa de dibujo" la cual permite disponer el número de intercambiadores deseados por el usuario (en esta primera versión, sólo se puede operar con un equipo a la vez), un grupo de botones principales, un grupo de botones secundarios, botones de usos generales (guardar, imprimir, nuevo y abrir) y botones de ayuda complementaria (instructor e información). Estos últimos suministran información acerca de las características de cada intercambiador, procedimientos y detalles durante el diseño, entre otros.

Adicionalmente, en la parte inferior de la pantalla principal (Fig. 1), se puede visualizar, en todo momento, el modo de operación que está trabajando (modo de diseño o de simulación), el intercambiador que se encuentra seleccionado, la fecha y hora del momento y una línea o recuadro de mensajes, que ofrecen ayuda y orientación instantánea.

nea al usuario.

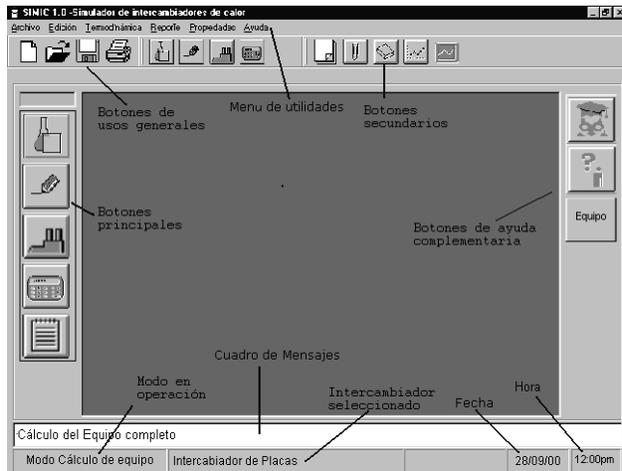


Fig. 1. Pantalla principal de SIMIC v 1.0.

En lo que respecta al grupo de botones principales (Fig. 1) estos son:

Un indicador visual (rectángulo superior de color) que señala si se ha introducido toda la información y los parámetros de entrada necesarios para el cálculo del equipo (aparece verde cuando se puede proceder a realizar los cálculos pertinentes y rojo cuando todavía es necesario que se especifique algún otro aspecto involucrado).

Un botón que permite desplegar la ventana de selección de los fluidos de trabajo. Dicha selección puede ser realizada sobre la base de datos elaborada para tal fin o introduciendo adecuadamente la información de forma directa, con opción de ser agregada a la base de datos (Fig. 2).

Un botón que permite desplegar la ventana que solicita los datos de entrada fundamentales del proceso (Fig. 3).

Un botón que permite seleccionar el tipo de equipo a utilizar.

Un botón que da inicio a los cálculos, una vez que se tiene toda la información requerida.

Un botón que permite mostrar la hoja de reportes, una vez finalizados los cálculos (Fig. 4).

Así mismo, el programa cuenta con dos modos de cálculo, estos son: modo de *cálculo de equipo* y modo *evaluar*



Fig. 2. Ventana de selección de los fluidos de trabajo.

equipo. Estas formas diferentes permiten al usuario diseñar y calcular las dimensiones del equipo seleccionado en el primer modo y en el segundo modo permite evaluar el comportamiento de forma visual (gráfica), de una variable de acuerdo a las modificaciones de diseño o de las variables de entrada realizadas por el usuario.

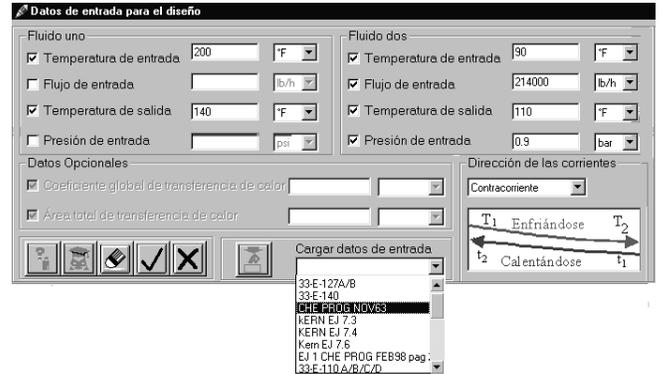


Fig. 3. Ventana de datos de entrada fundamentales.

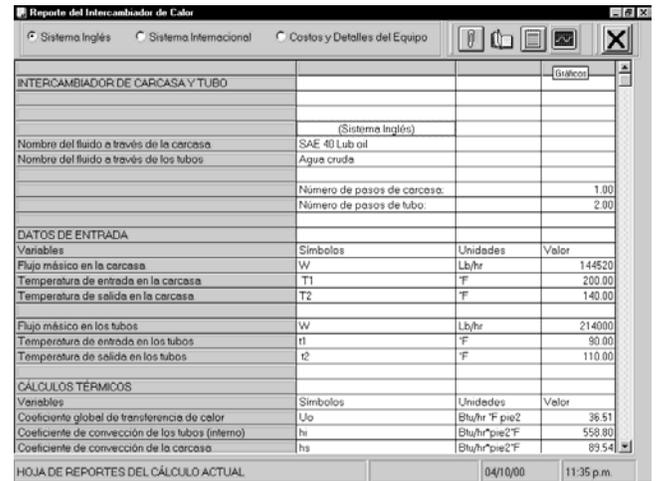


Fig.4. Hoja de reporte.

Los resultados obtenidos son presentados en una *Hoja de reporte*, dispuesta en forma de hoja de cálculo (Fig. 4), en la cual se muestran los resultados del diseño, la caída de presión y otros valores de interés para el usuario. Esta hoja de reporte puede ser guardada con el fin de acceder a ella para una comparación posterior.

Cabe resaltar que la presentación en ventanas permite un trabajo más cómodo y rápido, ya que éstas están disponibles al terminar de usarlas pues quedan minimizadas.

En general, el uso del programa es muy simple, una vez suministrados los datos de entrada (temperaturas y flujos conocidos) y seleccionados los fluidos del proceso, el usuario debe seleccionar entre los dos tipos de intercambiadores de calor ya mencionados. Una vez realizado adecuadamente los pasos anteriores el indicador visual (perteneciente a los botones principales) se pondrá en verde indi-

cando que se puede proceder a efectuar los cálculos pertinentes. Cabe señalar, que en cualquier momento, el usuario tiene la opción de seleccionar o cambiar la configuración del intercambiador y de esta manera realizar comparaciones entre diferentes equipos similares o entre varios de carcasa y tubos (STHE) y de placas (PHE).

En cuanto a los datos de entrada (Fig. 3), el usuario deberá introducir cinco (5) de los seis (6) valores relacionados al balance de energía (dos temperaturas de entrada, dos de salida y dos flujos), el otro restante es calculado por el programa *SIMIC v1.0* con un error menor al 5%. Este módulo impide que el usuario introduzca valores erróneos que determinen un balance de energía incorrecto.

Los fluidos, que intervienen en el proceso de intercambio de calor, pueden ser seleccionados de una base de datos suministrada por el programa o introducir uno nuevo (Fig. 2). En esta versión, *SIMIC v1.0* los valores de las propiedades termodinámicas son evaluadas mediante interpolaciones lineales de los valores predeterminados dentro de un rango de temperaturas para cada fluido, que debe introducir el usuario en caso de querer añadir otro nuevo.

Para el caso de los intercambiadores de carcasa y tubos (STHE) el usuario podrá calcular solamente (en esta versión inicial) la longitud de los tubos, mediante el conocimiento o la disposición del diámetro de la carcasa o el número de tubos (Fig. 5).

Para los intercambiadores de placas (PHE), se podrá calcular el número de placas requeridas y la caída de presión para el proceso, según la configuración de los flujos (arreglo en serie o en lazo) y el tipo de placas seleccionado (Fig. 6).

En todos los casos el programa *SIMIC v1.0* notificará al usuario, en caso de presentarse, cualquier incompatibilidad mecánica u otro tipo de error.

De forma complementaria se presenta mediante el *Modo evaluar*, una pantalla donde se aprecia en forma gráfica (Fig. 7) el comportamiento de una variable respecto a otra modificada (seleccionadas por el usuario).



Fig. 6. Datos para Intercambiadores de placas.

4 Resultados y discusión

De modo de verificar los resultados de los cálculos del programa, se compararon los valores arrojados por *SIMIC v1.0* con los reportados en la bibliografía (Buonopane, 1963; Usher, 1970; Marrit, 1971; HEDH, 1983; Turton y Col., 1986; Bowman y Turton, 1990; Walas S.M., 1990; Kerner, 1993; Kern, 1994; Mukherjee, 1998). También se emplearon casos reales con el fin de validar dichos resultados con datos tomados de la industria.

En general, para los intercambiadores de calor de carcasa y tubos, se obtuvieron desviaciones menores al 5% para los parámetros más importantes como son: longitud de los tubos, calor total transferido y coeficiente global de transferencia de calor, entre otros. Mientras que para los intercambiadores de calor de placas (PHE) se obtuvieron desviaciones bajas en el cálculo de número de placas, las cuales referidas a área de transferencia de calor total fueron menores del 7% en todos los casos considerados (Alarcón., 2000; Alarcón y Col. 2000).



Fig. 5. Datos para Intercambiadores de carcasa y tubos.

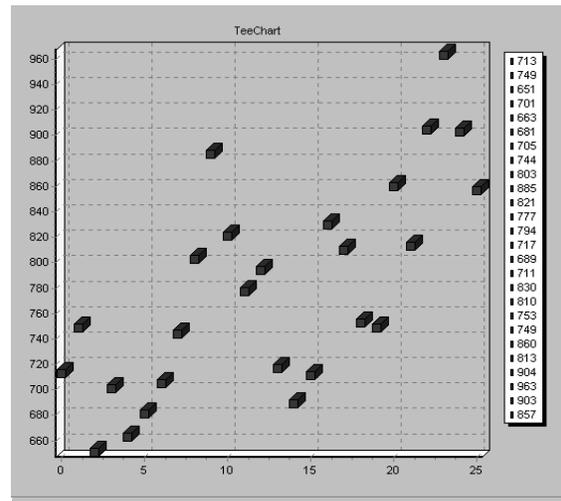


Fig. 7. Gráfico comparativo entre variables seleccionadas por el usuario

5 Conclusiones

El programa desarrollado, en su versión inicial, constituye una herramienta útil para el estudio, diseño y simulación de intercambiadores de calor de carcasa y tubos y de intercambiadores de placas, en especial de estos últimos, de los cuales existe actualmente muy poca información disponible. Adicionalmente facilita la comparación de diferentes parámetros tales como temperaturas, flujos, coeficientes de ensuciamiento, coeficientes térmicos, etc., para equipos del mismo tipo pero con diferentes características o entre diferentes esquemas de los dos tipos de equipos considerados.

El programa *SIMIC v1.0* tiene entre otras características su fácil manejo, por ello el uso de este paquete no está limitado a personas con experiencia en el tema, incluso puede ser aplicado dentro del campo de la enseñanza como herramienta didáctica en el diseño y simulación de estos equipos, pudiendo entre otras cosas estudiar el comportamiento de los mismos al realizar modificaciones en las especificaciones del intercambiador.

Por otra parte, representa una fuente de información respecto al tema de los intercambiadores de placas (PHE) los cuales, a pesar de ser muy útiles en la industria, son poco conocidas sus características, cualidades y aplicaciones.

6 Agradecimientos

A todos los que colaboraron en el logro exitoso de este trabajo, profesores y profesionales del campo.

7 Referencias

Alarcón G. 2000. "Diseño computarizado de intercambiadores de calor bajo el ambiente Windows", tesis

de grado, UCV, Facultad de Ingeniería, Caracas-Venezuela. Alarcón G., Sciamanna R., De Abreu C. 2000. "Diseño Computarizado de Intercambiadores de Calor bajo Ambiente Windows", Libro de Resúmenes de las Jornadas de Investigación, Facultad de Ingeniería - UCV, págs 307-308, UCV-Caracas, Venezuela.

Bowman J. y Turton J. 1990, "Quick Design and evaluating heat exchangers", *Chemical Engineering*, pp 92-99.

Buonopane R. 1963. "Heat transfer design method for plate heat exchangers", *Chemical Engineering Progress*, Vol.59, pp 57-61.

Burley J. 1991. "Don't overlook Compact heat exchanger", *Chemical Engineering*, pp 90-96.

HEDH (Heat Exchanger Design Handbook). 1983. Hemisphere Publishing Corporation. U.S.A.

Kern Q. Donald. 1994. "Procesos de Transferencia de Calor". Editorial C.E.C.S.A., México 25° edición.

Kerner J. 1993. "Sizing Plate Heat Exchanger", *Chemical Engineering*, pp 177-179.

Marriot J. 1971. "Where and how to use plate heat exchangers", *Chemical Engineering*, pp 127-134.

Microsoft Visual Basic 6.0, 1998a, "Manual del Programador", Microsoft Press, McGraw-Hill.

Microsoft Visual Basic 6.0, 1998b, "Bibliotecas de Referencias", Microsoft Press, McGraw-Hill.

Mukherjee R. 1998. "Shell and Tubes Heat Exchangers", *Chemical Engineering Progress*, Vol. 94, pp 21-372.

Turton R., Ferguson D. y Levenspiel O. 1986. "Charts for the performance and design of Heat Exchangers", *Chemical Engineering*, pp81-88.

Usher J. D. 1970. "Evaluating plate heat exchangers", *Chemical Engineering*, pp 90-94.

Walas Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment, Selection and Design*, Butterworth Heineman.

