



Nº6 Junio 2011

GUIA PARA SELECCIONAR INTERCAMBIADORES DE CALOR

Roberto Carrizales Martínez

Laboratorio de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Químicas,
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

rcarriza@uaslp.mx

RESUMEN

En la presente guía se describe, en forma general, cómo efectuar la selección del tipo de intercambiador de calor más adecuado, basándose en la superficie de transferencia estimada de un intercambiador de carcasa y tubos ya que éstos son los más importantes y numerosos en la industria.

La selección del tipo de intercambiador de calor que mejor se ajusta al servicio de interés, se basa exclusivamente en consideraciones técnicas y económicas, que fijan la opción ganadora en términos de servicio prolongado y satisfactorio con menores costos iniciales y de operación. Hay casi un número ilimitado de alternativas en la selección de equipos de transferencia de calor para un determinado proceso, pero solo uno es el mejor diseño.

Palabras clave: intercambiador de calor, diseño, selección, servicio, superficie de transferencia, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

Se conoce con el nombre de intercambiador de calor a cualquier dispositivo en el que se verifica un intercambio de calor entre dos fluidos separados por una pared metálica, esta pared representa la superficie de transferencia de calor y puede tener cualquier geometría.

En la industria química entre otras, se utilizan intercambiadores de calor de diferentes tipos, por lo tanto elegir el equipo de transferencia de calor más adecuado es una gran labor que tiene que realizar el ingeniero de proceso. Para esto, se debe tener una idea del tipo de trabajo de intercambio que hace falta, para los fluidos en cuestión y las condiciones de operación. Este examen permite determinar el tipo de intercambiador de calor que, a priori, es más conveniente para dicha aplicación. Adicionalmente, deben establecerse cuáles son las condiciones de operación imperantes en el proceso. Las condiciones de operación más importantes son los flujos, las temperaturas, presiones de operación y las limitaciones de caída de presión en el sistema. Se toman en cuenta los tipos de materiales del equipo, características de ensuciamiento, peligrosidad y agresividad química de las corrientes, entre otras. Con esto se puede estimar el área de transferencia de calor; una vez calculada el área necesaria, se puede estimar el costo aproximado de las distintas alternativas posibles. De allí en adelante, influirán consideraciones económicas como la posibilidad de construir el equipo en vez de comprarlo; el espacio disponible, esto debido a que en plantas ya instaladas, los espacios para instalarlos pueden ser muy reducidos, etc.

A continuación se presentan varios tipos de intercambiadores de calor de acuerdo a su tamaño (superficie de transferencia) y aplicación.

Intercambiadores de tubo en espiral.

Los intercambiadores de tubo en espiral consisten en un serpentín o grupo de ellos concéntricos enrollados en espiral (figura 1) se utilizan generalmente cuando el requerimiento de área es pequeño, menos de 2 m². Se pueden utilizar tanto para calentamiento como enfriamiento, así como para condensación o vaporización, por su amplio rango de operación de presión y temperatura. No se recomienda cuando el fluido que circula por el interior del tubo es incrustante. Entre sus características se incluye el flujo a contracorriente, eliminación de las dificultades de la expansión diferencial, velocidad constante y compactación.

Se utiliza en los procesos en lotes ya sea agitado o sin agitar, para calentar o enfriar líquidos que son procesos típicos de estado inestable en los que ocurren cambios discontinuos de calor con cantidades específicas de material.

Otra aplicación importante es la de enfriar gases a alta presión.

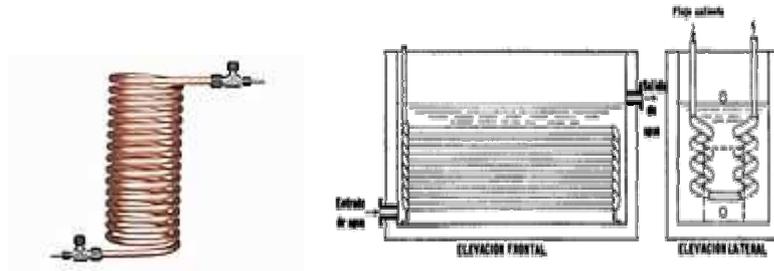


Figura 1.

Intercambiador de doble tubo o tubos concéntricos.

Estos intercambiadores de calor generalmente vienen en unidades llamadas horquillas, como la mostrada en la figura 2. El intercambiador de doble tubo o tubos concéntricos es extremadamente útil, ya que se puede ensamblar en cualquier taller de plomería a partir de partes estándares, proporcionando superficies de transferencia de calor a bajo costo.

Este tipo de intercambiador de calor puede estar formado por uno o más tubos pequeños contenidos en un tubo de diámetro más grande. Al tubo externo se le llama anulo.

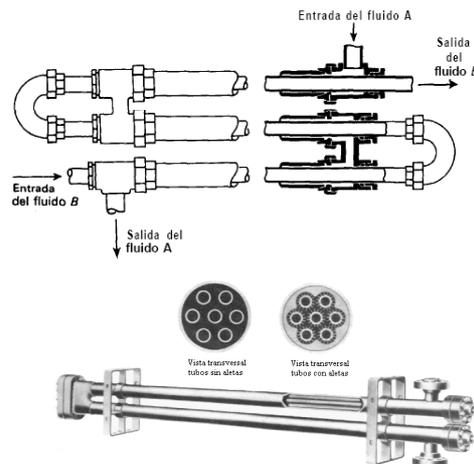


Figura 2.

Cuando se trata de áreas pequeñas ($< 50 \text{ m}^2$) puede pensarse en intercambiadores de doble tubo, aunque estos resultan más voluminosos y costosos que los de carcasa y tubo, para áreas similares de intercambio. Otra situación donde es conveniente usar intercambiadores de doble tubo es en el caso en que uno de los fluidos, o ambos, se encuentran a muy alta presión; es más fácil impedir las fugas en el intercambiador de doble tubo que en el de carcasa y tubos. Por la misma razón, los intercambiadores de doble tubo resultan convenientes cuando se manejan gases muy difíciles de contener (tal como el H_2) o fluidos

tóxicos. Dado que estos intercambiadores son relativamente fáciles de limpiar, son también adecuados cuando los fluidos que circulan por el interior del tubo son muy sucios o muy corrosivos.

Se puede utilizar tanto para calentamiento como enfriamiento, pero no son recomendables para condensación o vaporización.

Las desventajas de estos intercambiadores de calor es la pequeña superficie de transferencia de calor contenida en una horquilla simple, cuando se necesita mayor superficie, se requiere un gran número de ellas. Esto requiere considerable espacio. Los gastos para el mantenimiento son muy altos.

Se utilizan en la Industria Alimentaria, Química, Petroquímica, Farmacéutica, etc.

Intercambiadores de calor compactos.

Son intercambiadores de calor diseñados para lograr una gran área superficial de transferencia de calor por unidad de volumen. La razón entre el área superficial y su volumen es la densidad de área β . Un intercambiador con $\beta > 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ se clasifica como compacto; debido a su pequeño tamaño y peso, estos intercambiadores tienen gran aceptación en muchas industrias, como automotriz, alimenticia, química y en sistemas marinos. Estos suelen usarse para intercambios gas-gas o gas-líquido, aunque también se utilizan para líquido-líquido. Dentro de los llamados compactos existen intercambiadores de tipo de placa en varias formas: en espiral, de placa y armazón, y de placa soldada. Admiten una gran variedad de materiales de construcción, aunque están limitados a presiones pequeñas.

Intercambiadores de placa en espiral. El intercambiador de placa en espiral se hace con un par de placas laminadas formando dos canales espirales concéntricos, para proporcionar dos pasos rectangulares relativamente largos para los fluidos con flujo en contracorriente. La trayectoria continua elimina la inversión del flujo (y la caída consiguiente de la presión), las desviaciones y los problemas de dilataciones diferenciales. Los sólidos se pueden mantener en suspensión, ver la figura 3. En este equipo, el fluido caliente entra por el centro del intercambiador y fluye del interior hacia fuera. El fluido frío se introduce por la periferia y fluye hacia el centro. De esta forma se lleva a cabo el flujo en contracorriente.

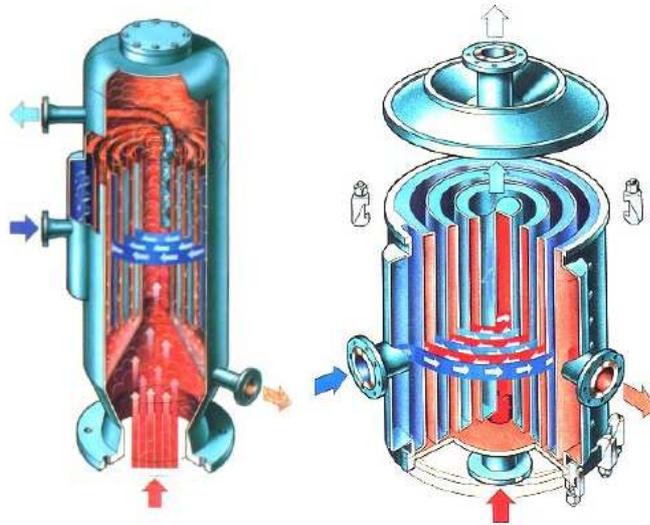


Figura 3.

Debido a su diseño, hace de él una unidad extremadamente compacta. La gama de tamaños oscila entre 0.5 hasta 250 m².

Se fabrican en cualquier tipo de metal que pueda ser conformado en frío y soldado como acero al carbono, inoxidable, aleaciones de níquel y titanio etc.

Aplicaciones: tratamiento de lodos, líquidos con sólidos en suspensión incluyendo papillas, y una amplia gama de fluidos viscosos. Como desventaja se presenta la dificultad de limpieza y aplicaciones a presiones moderadas.

Intercambiadores de placa y armazón: los intercambiadores de placa y armazón consisten en un bastidor con placas recambiables y juntas de estanqueidad de caucho, sin elementos de soldadura. Las placas están preformadas de acuerdo a un diseño de corrugación que facilita el intercambio térmico entre los fluidos caliente y frío. Ver figura 4.

Las características salientes de los Intercambiadores de placas son las siguientes:

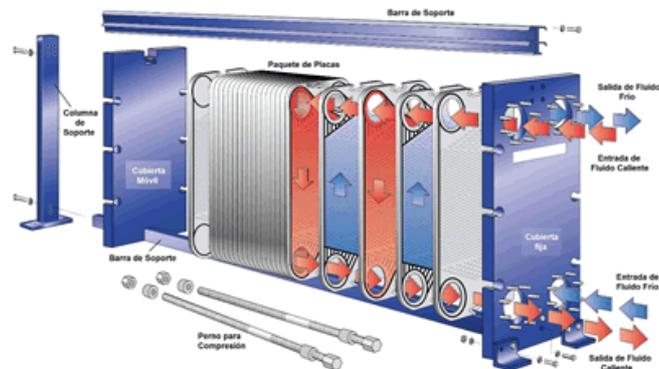


Figura 4.

Son compactos: Con una gran superficie de intercambio y las placas en conjunto proporcionan una mayor eficiencia térmica requiriendo menor espacio de instalación.

Alto rendimiento térmico: Precisión de intercambio y mayor superficie de intercambio térmico, los circuitos funcionan a contra corriente y el resultado es una gran transferencia térmica.

Seguridad: Ausencia de contaminación entre circuitos debido al sellado independiente de ambos mediante las juntas de estanqueidad. El área intermedia ventea a atmósfera en caso de rotura ó desgaste de juntas, evitando así la no deseada contaminación interior.

Livianos: Su diseño proporciona más fácil manipulación en planta, embarque y seguridad de uso en la instalación.

Ensuciamiento mínimo: Debido a su diseño auto limpiante de las placas.

Expansibilidad y durabilidad: Posibilidad de ampliación de placas para el futuro incremento del rendimiento térmico en planta y renovación de efectividad con el cambio de placas.

Juntas de caucho natural o sintético, incrustadas a presión. Pueden ser también de Elastómeros: Goma nitrilo, Neopreno etc. Estas juntas tienen una doble función: Conducir los líquidos a través del cambiador y hacer el cierre del intercambiador

Máxima Presión de Operación: 16 Kg/cm²

Máxima Temperatura de Operación: 130 °C

Superficie de calefacción: 0.1 – 2200 m²

Fácil limpieza, permite una apertura y cierre fácil y rápido para limpieza mecánica.

Mantenimiento fácil: Sólo stock de juntas y placas, por lo tanto bajos costes de servicio.

Puede manejar diferentes fluidos como: Agua libre de oxígeno en calefacciones hasta líquidos corrosivos como lejías, ácidos y agua de mar.

Mínima corrosión y desgaste de materiales

Intercambiador de placas soldadas. No lleva juntas sino que las placas van soldadas. Son más competitivos pero no siendo posible el mantenimiento. Permite trabajar a presiones y temperaturas más altas de hasta 30 kg/cm² y temperaturas máximas de 225 °C.

Intercambiador de calor de carcasa y placas

El intercambiador de calor de carcasa y placas ofrece un funcionamiento térmico equiparable a un intercambiador de calor de placa con la capacidad de soportar la presión y la temperatura de un intercambiador de carcasa y tubos. Los usos incluyen transferencia térmica simple de líquido a líquido, condensadores, evaporadores y los enfriadores de aceite entre otros. En el interior de estos intercambiadores (figura 5) se encuentra un paquete de placas circulares totalmente soldadas; este paquete se encuentra montado y protegido por una carcasa, la cual es un recipiente a presión.

Los intercambiadores de calor de carcasa y placas son extremadamente eficientes debido a la alta turbulencia creada por la geometría compleja de cada paso de la placa. La elevada turbulencia conduce a un coeficiente mucho más alto de transferencia de calor comparado con los intercambiadores de calor convencionales, es decir que requieren de menor superficie de transferencia de calor para realizar un trabajo dado. Esto demuestra que no sólo son compactos sino que también son rentables pues se requiere menos material para su fabricación.

Además de las ventajas en su tamaño compacto y su versatilidad, el intercambiador de carcasa y placas es muy durable. Esto es debido a que los casetes de placas circulares, al ser soldados en su totalidad y por su propia estructura, proveen suficiente rigidez para eliminar la vibración por inducción y permitirle un diseño para muy altas presiones. Una gran ventaja en la estructuración de este tipo de equipos es que los fabricantes han demostrado que el equipo puede sufrir congelación sin detrimento de sus características mecánicas, debido a que los casetes están contenidos en un recipiente a presión que hace la función de marco. En este tipo de intercambiadores el riesgo de tener contaminación cruzada es nulo, ya que las placas circulares están totalmente soldadas formando los casetes y no cuentan con ningún tipo de empaque, lo que por consiguiente nos lleva a bajos costos de mantenimiento por cambios de empaques. Las características principales son:

Temperatura máxima de operación es de 350 °C

Presión máxima de operación 57 kg/cm²

Solo es posible la inspección en el lado de la carcasa atornillada.

Limpieza mecánica lado del plato: si, lado de la carcasa: si o no

Materiales comunes acero inoxidable 304, 316, titanio y aleaciones.

Área máxima de la unidad, hasta 262 m²

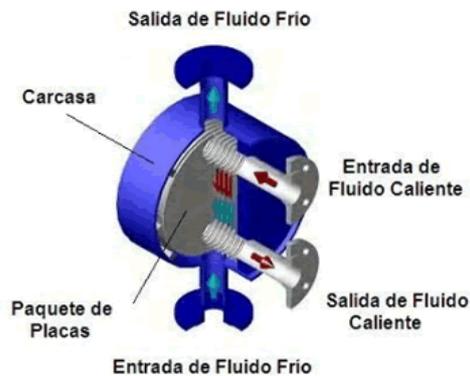


Figura 5

Intercambiadores de calor de carcasa y tubos

Son los más importantes y numerosos en la industria y con las consideraciones de diseño mejor definidas. Se adaptan a flujos monofásicos y bifásicos, altas y bajas presiones, altas y bajas temperaturas y fluidos corrosivos o no. Son además compactos y eficientes, y sus altas velocidades mejoran la velocidad de transferencia del calor. Un ejemplo de estos equipos se muestra en la figura 6.

Un intercambiador de coraza y tubo típico con tubos de 25.4 mm de diámetro posee un valor de $\beta = 130 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Es decir, este tipo de intercambiador se utiliza cuando el área de intercambio requerida es menor a 700 m^2 . Los intercambiadores del tipo de carcasa y tubos constituyen la parte más importantes de los equipos de transferencia de calor sin combustión en las plantas de procesos químicos (aun cuando se está haciendo cada vez mayor hincapié en otros diseños).

En general, el intercambiador carcasa y tubos, consiste en una serie de tubos lineales colocados dentro de un tubo muy grande llamado carcasa o casco. Las consideraciones de diseño están estandarizadas por The Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA) que especifican con detalle los materiales, métodos de construcción, técnicas de diseño y sus dimensiones.

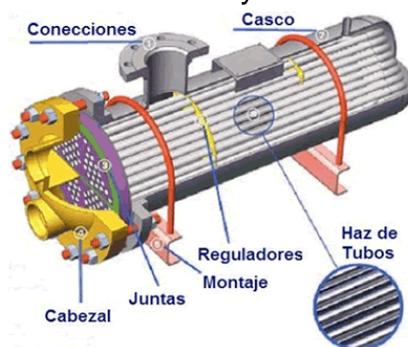


Figura 6.

Existen muchas variedades de este tipo de intercambiador; las diferencias dependen de la distribución de configuración de flujo y de los aspectos específicos de construcción.

Pueden manejar presiones superiores a 400 kg/cm^2 , los fluidos que pueden manejar son gases o líquidos, incluyendo cambios de fase. Dependiendo del tipo de intercambiador puede manejar fluidos limpios, sucios e incrustantes. Satisfacen las mayores exigencias, por ejemplo, recuperación de calor a partir de gases de escape de máquinas de combustión, como motores de gas, diesel o aceites pesados, grandes diferenciales de temperatura en la industria química y refinerías. Para tratamientos térmicos de líquidos y también para la refrigeración de gases o aire y como condensador de vapor. Refrigeración/calefacción de varios medios a alta presión. Utilización por ejemplo como productor de vapor.

A pesar de la multitud de tipos de intercambiadores y sus aplicaciones, puede comprobarse que con tres tipos básicos de diseño se pueden cumplir prácticamente todas las necesidades de transferencia de calor en los procesos. Estos tres tipos son: CF de anillo partido (TEMA A o S), tubos en U (TEMA B o U) y placas fijas (TEMA B o M). Ver figura 7.

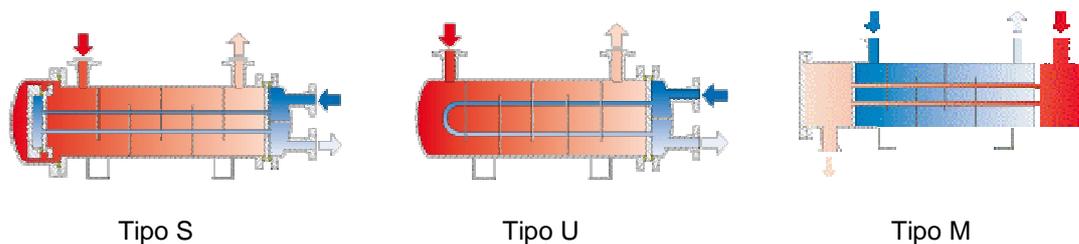


Figura 7.

Intercambiadores de calor enfriados por aire.

Consisten en una serie de tubos montados sobre dos cabezales que hacen la función de distribuidor y colector de fluido, situados en una corriente de aire, que puede ser forzada con ayuda de un ventilador. Los tubos suelen tener aletas para aumentar el área de transferencia de calor. Pueden ser de hasta 60 m^2 de área de transferencia. Ver figura 8.

La selección de un intercambiador enfriado por aire frente a uno enfriado por agua es una cuestión económica, hay que considerar gastos de enfriamiento del agua, potencia de los ventiladores y la temperatura de salida del fluido (un intercambiador de aire, tiene una diferencia de temperatura de unos $8 \text{ }^\circ\text{C}$) Con agua se obtienen diferencias menores.

La ventaja de estos equipos es que pueden usarse en lugares en los que el agua es escasa o su tratamiento químico es muy costoso, como desventaja se puede señalar su alto costo de adquisición.

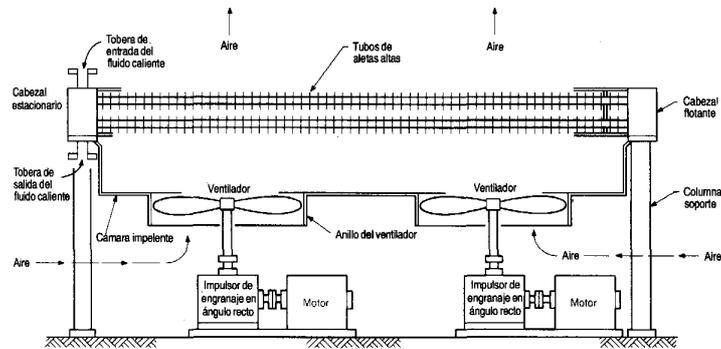
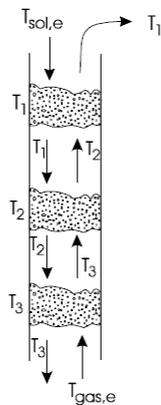


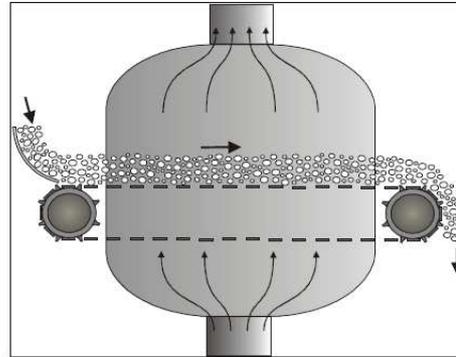
Figura 8.

Intercambiadores de contacto directo. En ellos las corrientes entran en contacto una con otra íntimamente, cediendo la más caliente directamente calor a la más fría. Generalmente se utilizan cuando las dos corrientes en contacto son inmiscibles y no reaccionan entre sí. Ver figura 9.

Se pueden utilizar en sistemas gas-gas, pueden ser de una o varias etapas, y con flujo en contracorriente o cruzado. Un caso de importante aplicación es el intercambiador gas-sólido de lecho fluido, en el que las partículas de sólido permanecen suspendidas en la corriente de gas al equilibrarse las fuerzas aerodinámicas ejercidas por esta con el peso de las partículas. Debido a la amplia superficie de contacto gas/sólido y a la rápida circulación de los sólidos en el lecho, suele ocurrir que la temperatura de salida del gas y del sólido sean iguales, y que la de este sea uniforme en todo el lecho. Ello limita la eficacia de los de una etapa, por lo que se recurre a los multietapa para mejorar la eficacia. Otro caso es el intercambiador gas-sólido de lecho móvil, donde las partículas de sólido cruzan la corriente de gas en cintas transportadoras o parrillas móviles.



a) Sólido-gas de lecho fluidizado de 3 etapas



b) Sólido-gas, de lecho móvil, con cinta transportadora

Figura 9.

Las áreas de transferencia de calor pueden variar dependiendo del tamaño de las partículas y pueden ser desde 1 m^2 hasta 60 m^2 de área de transferencia.

Conclusión.

Es necesario conocer las características de estos diseños para comprender de mejor manera la nueva propuesta en el diseño de intercambiadores de calor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Branan. C. (2000) *Soluciones prácticas para el ingeniero químico*. México. 2ª Edición, Editorial Mc Graw Hill.
2. Briseño M. I. (2005) "Dimensionamiento de Intercambiadores de Calor Tubulares" Universidad de los Andes, Mérida Venezuela.
3. COMEVAL, S.L. (2006) Departamento Técnico. México.
4. Delgado Linares G. (2001). *Intercambiadores de Calor*. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Mérida Venezuela
5. "Intercambiadores de Calor para Procesos Industriales", México, D.F.
6. Kern D. Q. (2001) *Operaciones de Transferencia de Calor*. México. 32ª Edición, Editorial CECSA.
7. Refrigeración industrial, S.A de C.V. (2003) México.
8. Romano G. (1979) *Cambiadores de Calor*. Soluciones prácticas tomo 3. España. Ediciones URMO S.A.