

Conocimientos básicos Cambiadores de calor

Los cambiadores de calor sirven para el calentamiento, la refrigeración, la evaporación o la condensación de medios de diferentes temperaturas. La función esencial consta en transferir la energía térmica de un medio con un nivel de temperatura superior a un medio con un nivel de temperatura inferior.

Según el segundo principio de la termodinámica, el transporte de calor se realiza siempre del medio con la temperatura superior hacia el medio con la temperatura inferior.

Los cambiadores de calor se utilizan en la ingeniería energética, en la industria química y en la industria alimentaria, pero también son de gran importancia para la tecnología informática y para el sector automovilístico. La transferencia de calor puede ser tanto un proceso principal como un proceso auxiliar. Dependiendo de si los medios involucrados entran en contacto directo o no, se diferencia entre cambiadores de calor directos e indirectos.

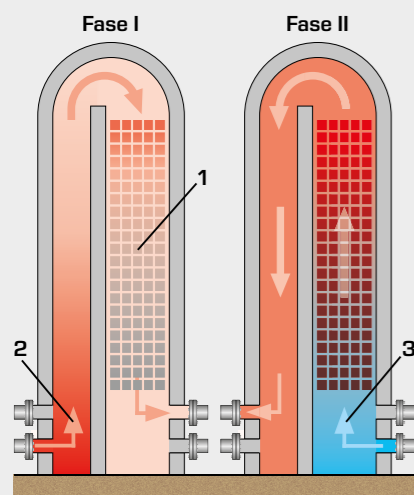
Clasificación de los cambiadores de calor según el principio de funcionamiento

Cambiadores de calor indirectos

Regeneradores

- recuperador de altos hornos
- cambiador de calor rotativos

En los **regeneradores**, medios calientes y fríos fluyen de forma **alternada** a través de acumuladores térmicos. La transferencia de calor sucede de forma indirecta, ya que el flujo térmico a transferir es transferido primero a un acumulador y es transferido luego al medio de destino de forma retardada.



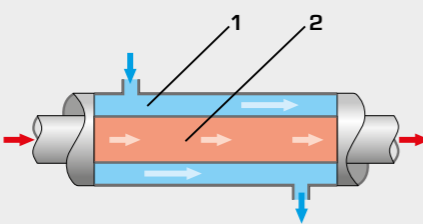
Recuperador en funcionamiento discontinuo

Fase I: la masa del acumulador **1** es calentada por los humos **2**,
Fase II: el aire frío **3** pasa por la masa del acumulador previamente calentada y se calienta

Recuperadores

- cambiador de calor de tubos concéntricos
- cambiador de calor de carcasa y tubos
- cambiador de calor de placas

Dos medios fluyen **simultáneamente** y de forma estacionaria a través de los **recuperadores**. Los flujos de medios pueden fluir en flujo paralelo, en flujo a contracorriente y en flujo cruzado. Entre los flujos de medios se encuentra una pared separadora que sirve de superficie de transferencia. La transferencia de calor se efectúa indirectamente del medio caliente a la pared separadora y de la pared separadora al medio frío, sin retraso.



Cambiador de calor de tubos concéntricos en el modo de flujo paralelo

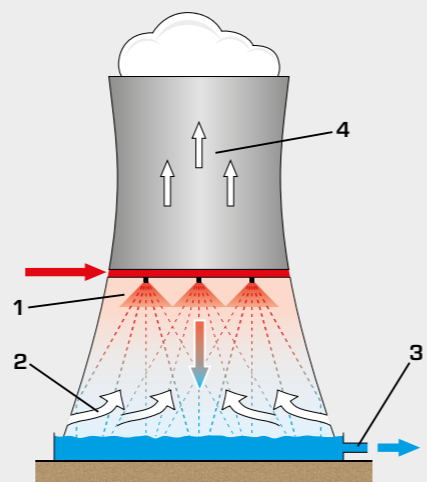
1 tubo exterior,
2 tubo interior;
■ medio caliente,
■ medio frío

Cambiadores de calor directos

Cambiadores de calor en contacto directo

- torre de refrigeración por vía húmeda
- refrigeración intermedia en laminadores

Los **cambiadores de calor en contacto directo** ponen en **contacto** a dos medios de diferente temperatura y los mezcla. La transferencia de calor y de masa se efectúa directamente.



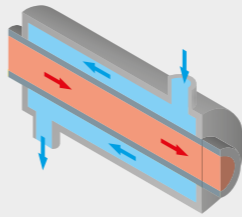
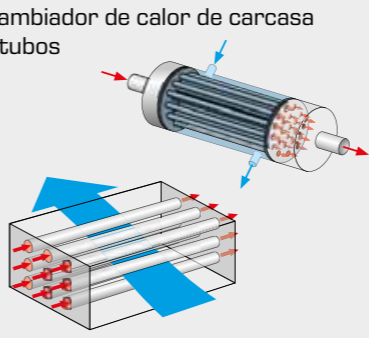
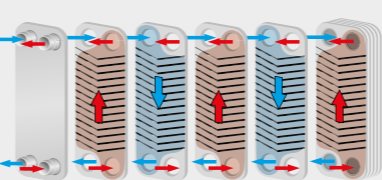
Torre de refrigeración por vía húmeda

1 niebla de pulverización de agua caliente,
2 entrada de aire,
3 agua refrigerada,
4 aire húmedo

Como **fluidos de trabajo** se utilizan generalmente líquidos o gases, en casos especiales también líquidos evaporantes o vapores condensantes.

Modelos de cambiadores de calor

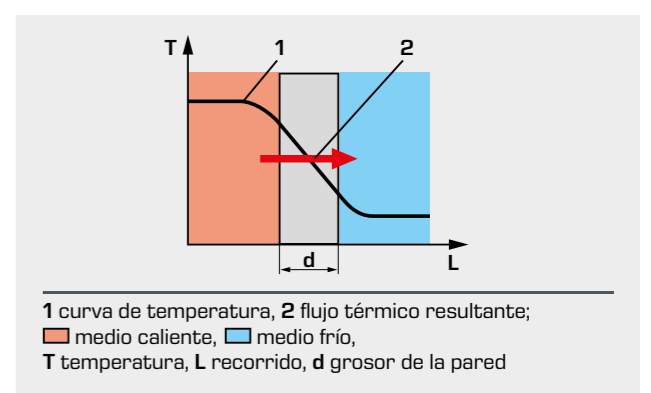
Debido al gran número de aplicaciones diferentes, se desarrollaron diferentes tipos de recuperadores, en parte con funcionamientos muy diferentes.

Modelo	Aplicaciones / medios	Ventajas y desventajas
Cambiador de calor de tubos concéntricos 	<ul style="list-style-type: none"> utilización con una capacidad de calentamiento/refrigeración inferior transferencia entre dos líquidos apropiado para fluidos altamente viscosos 	Ventajas <ul style="list-style-type: none"> construcción sencilla se pueden transferir presiones altas limpieza fácil Desventajas <ul style="list-style-type: none"> modelo grande, gastos elevados por superficie de transferencia de calor
Cambiador de calor de carcasa y tubos 	<ul style="list-style-type: none"> utilización con un rango de temperatura y presión muy grande transferencia entre líquidos y gases, entre dos líquidos o entre dos gases 	Ventajas <ul style="list-style-type: none"> montaje sencillo ideal para la transferencia de calor de vapor a agua Desventajas <ul style="list-style-type: none"> modelo grande
Cambiador de calor de placas 	<ul style="list-style-type: none"> utilización también en caso de diferencias de temperatura mínimas transferencia entre líquidos y gases, entre dos líquidos o entre dos gases, con o sin cambio de fase 	Ventajas <ul style="list-style-type: none"> gran superficie de intercambio gracias al estampado de la superficie de la placa construcción compacta, cantidad de llenado reducida buena transferencia de calor gracias a un flujo turbulento Desventajas <ul style="list-style-type: none"> alta pérdida de carga requiere mucho mantenimiento

Transferencia de calor

El flujo térmico total transmitido depende directamente de la superficie de transferencia. Por esta razón se utilizan distintas geometrías de pared (p. ej., acanalados) para aumentar la superficie de transferencia. La transferencia de calor se divide en tres partes: La transferencia de calor del medio caliente a la pared, la conducción de calor a través de la pared y la transferencia de calor de la pared al medio frío.

La transferencia de calor del medio a la pared y/o de la pared al medio depende, entre otras cosas, del tipo de fluido, de la velocidad de flujo y de los estados físicos de los fluidos. La conducción de calor en la pared depende del grosor y del material de la pared, descrita por el coeficiente global de transferencia de calor k o por el coeficiente global de transferencia de calor lineal k^* .



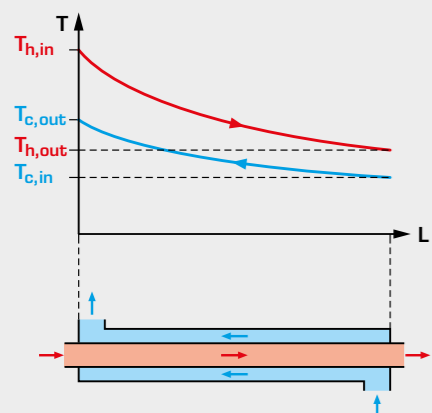
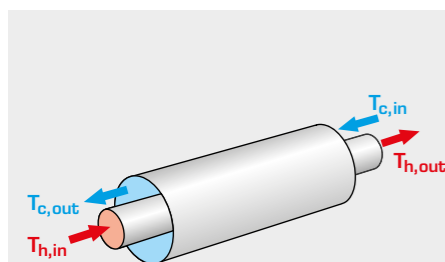
Conocimientos básicos

Cambiadores de calor

Conducción de flujo en el cambiador de calor

Según la construcción del cambiador de calor, la conducción de flujo en el equipo puede ser distinta. Los dos flujos de medios, sin embargo, no son mezclados, solamente se produce una transferencia de calor entre los medios.

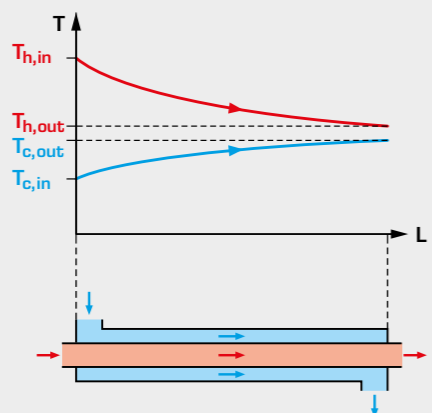
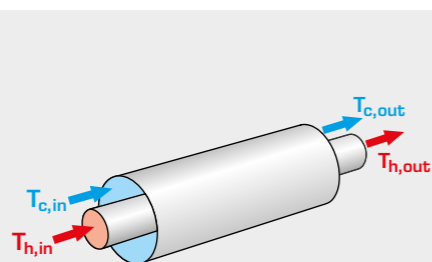
Las posibles conducciones de flujo son flujo paralelo, flujo a contracorriente y flujo cruzado o combinaciones de estos tres.



Perfiles de temperatura en un funcionamiento con **flujo a contracorriente** de un cambiador de calor de tubos concéntricos

En el funcionamiento con **flujo a contracorriente** dos medios fluyen en dirección contraria, pasando el uno al otro. El punto de entrada de un medio es el punto de salida del medio que fluye en dirección contraria.

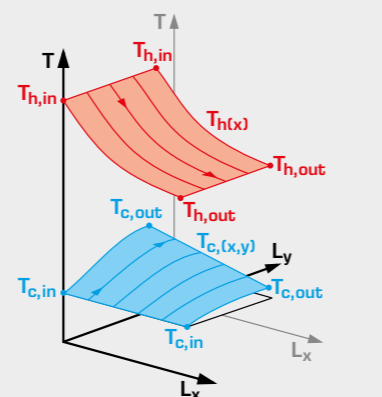
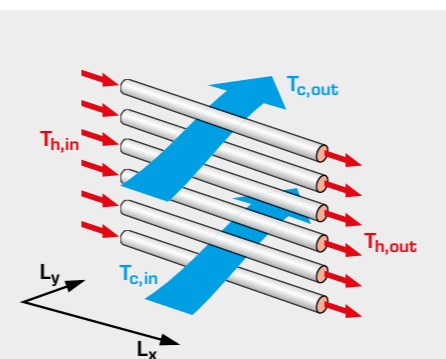
Si el diseño del cambiador de calor es muy bueno, la temperatura de salida del lado frío puede ser incluso superior a la temperatura de salida del lado caliente.



Perfiles de temperatura en un funcionamiento con **flujo paralelo** de un cambiador de calor de tubos concéntricos

Si el cambiador de calor funciona con **flujo paralelo**, ambos medios fluyen en la misma dirección y entran al cambiador de calor en el mismo punto.

La temperatura de salida del lado frío puede alcanzar como máximo la temperatura de salida del lado caliente.



Perfil de temperatura en un solo banco de tubos con **flujo cruzado** mezclado transversalmente en un solo lado

En el funcionamiento con **flujo cruzado** se cruzan las direcciones de los medios.

El flujo cruzado se utiliza especialmente para el control de temperatura exacto de productos termosensibles.

Para aprovechar las ventajas de todas las conducciones de flujo se utilizan combinaciones de las formas básicas. Para un control de temperatura rápido y seguro de grandes cantidades de sustancias químicas agresivas se utiliza, p. ej., un cambiador de

calor de carcasa y tubos de varias entradas en flujo de contracorriente cruzado. Los cambiadores de calor de placas con flujo a contracorriente se utilizan frecuentemente cuando se requiere un diseño que no ocupa mucho espacio.

En la práctica, los cambiadores de calor se **diseñan, recalculan o evalúan**.

En el **diseño** se determina la capacidad de transferencia con flujos de sustancias y temperaturas conocidos, de modo que se pueda determinar la geometría de un cambiador de calor óptimo.

En el **recálculo** se determina las temperaturas de salida de los medios, así como el flujo térmico transferido. De esta manera se controla en qué medida las temperaturas de salida del cambiador de calor seleccionado difieren de las temperaturas de salida requeridas o limitadoras. También es usual hacer un recálculo de cambiadores de calor ya existentes para compararlos con datos de medición reales.

La **evaluación** permite sacar conclusiones sobre el sobredimensionamiento o el dimensionamiento insuficiente del cambiador de calor seleccionado en caso de un montaje en el proceso. En la

evaluación de un cambiador de calor se contemplan sus datos geométricos, así como todos los datos de proceso.

En el capítulo "Cambiadores de calor" se contempla en primer lugar la transferencia de calor entre la superficie de un cuerpo y un fluido. Además se presentarán cambiadores de calor indirectos, recuperadores, y sus diferentes modelos, así como una torre de refrigeración por vía húmeda como ejemplo para un cambiador de calor directo. Una particularidad es la transferencia de calor con ayuda de la técnica de lechos fluidizados, la cual es analizada aquí a base de un reactor de lechos fluidizados.

Temas	Productos GUNT
Transferencia de calor	
Convección forzada	WL 314
Flujo paralelo	WL 314.01
Flujo mezclado	WL 314.02
Perfiles de flujo	WL 314.03
Transferencia de calor indirecta – recuperadores	
Cambiador de calor de tubos	WL 312.01
Cambiador de calor de tubos concéntricos	WL 302, WL 308, WL 110.01, WL 315C
Cambiador de calor de placas	WL 110.02, WL 315C
Cambiador de calor de carcasa y tubos	WL 110.03, WL 315C
Depósito de agitación con doble camisa y serpentín	WL 110.04, WL 315C
Cambiador de calor de tubos de aletas	ET 300, WL 312.02, WL 312.03, WL 315C
Transferencia de calor directa	
Torre de refrigeración por vía húmeda	WL 320
Transferencia de calor en el lecho fluidizado	
Transferencia de calor en el lecho fluidizado	WL 225