

Intercambiadores de calor

Clase 1

Curso de Transferencia de Calor 2
Facultad de Ingeniería, UdelaR, Uruguay

Objetivos clase 1

- Definir “intercambiadores de calor”
- Identificar el uso de estos equipos en diferentes ámbitos (industria, hogar, etc.)
- Presentar diversos tipos y clasificaciones

Intercambiadores de calor

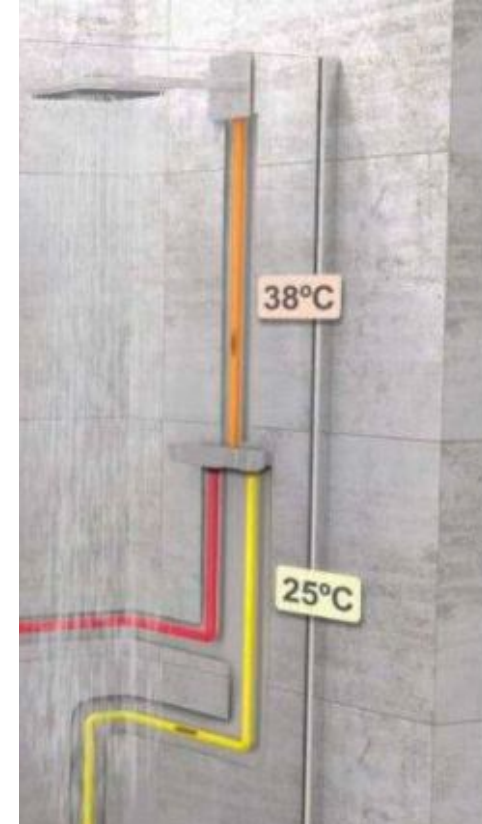
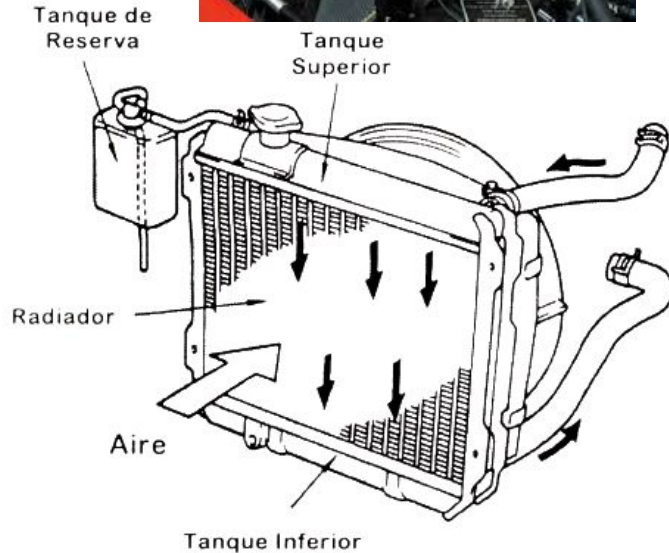
Definición:

Equipos que se utilizan para **transferir calor** entre dos fluidos o más.

Estos fluidos en general no entran en contacto entre sí, pero pueden hacerlo.

Están presentes en toda la industria, pero también a nuestro alrededor (refrigeradores, radiadores, aires acondicionado, etc.).

Intercambiadores de calor (ejemplos cotidianos)

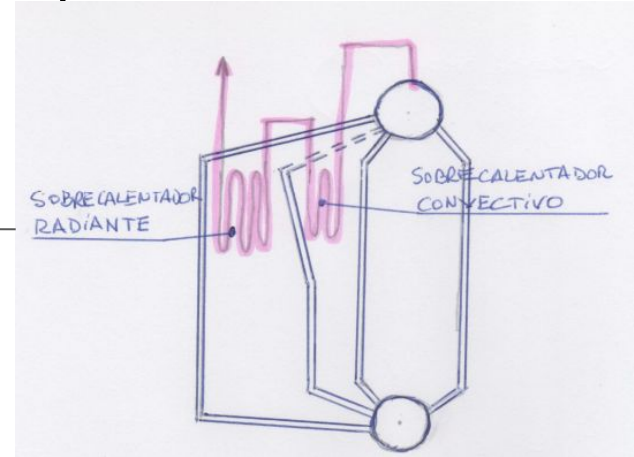
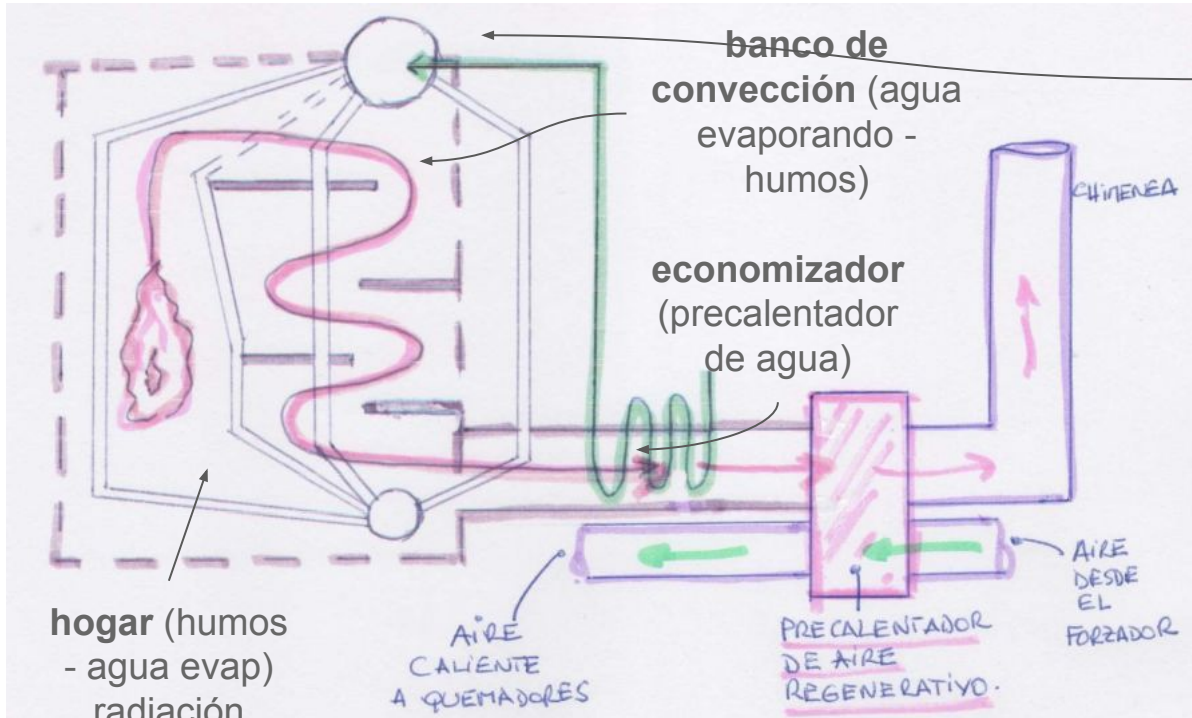


Intercambiadores de calor (en la industria)



Intercambiadores de calor (ejemplos)

Caldera acuotubular (curso Gen. de Vapor)



Sobrecalentador
(humos - vapor)
radiación -
convección

Clasificación de intercambiadores de calor

Por la **fase de los fluidos** que intercambian:

- Gas - Líquido
- Líquido - Líquido
- Gas - Gas

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_o hA)_c} + \frac{R''_{f,c}}{(\eta_o A)_c} + R_w + \frac{R''_{f,h}}{(\eta_o A)_h} + \frac{1}{(\eta_o hA)_h}$$

Influye en el **área de transferencia**

Volumen y tipo de intercambiador

Convección forzada en:

Gases: $h \sim 10 - 100/200 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Líquidos: $h \sim 100 - 10.000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Cambio de estado: $h \sim 2000 - 100.000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Clasificación de intercambiadores de calor

Por la **fase de los fluidos** que intercambian:

- Gas - Líquido
- Líquido - Líquido
- Gas - Gas

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_o hA)_c} + \frac{R''_{f,c}}{(\eta_o A)_c} + R_w + \frac{R''_{f,h}}{(\eta_o A)_h} + \frac{1}{(\eta_o hA)_h}$$

TABLE 11.2 Representative values of the overall heat transfer coefficient

Fluid Combination	U (W/m ² · K)
Water to water	850–1700
Water to oil	110–350
Steam condenser (water in tubes)	1000–6000
Ammonia condenser (water in tubes)	800–1400
Alcohol condenser (water in tubes)	250–700
Finned-tube heat exchanger (water in tubes, air in cross flow)	25–50

Influye en el **área de transferencia**

Volumen y tipo de intercambiador

Clasificación de intercambiadores de calor

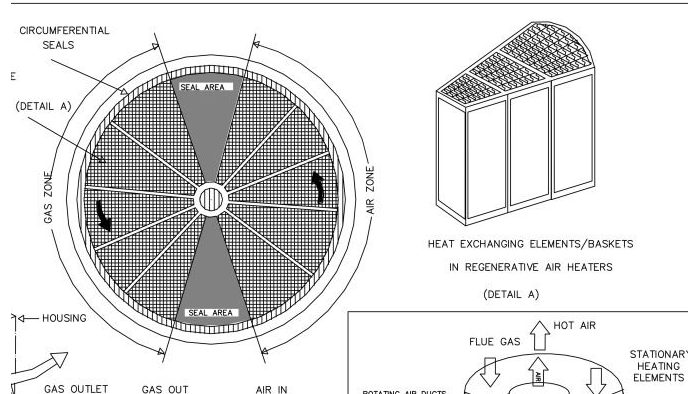
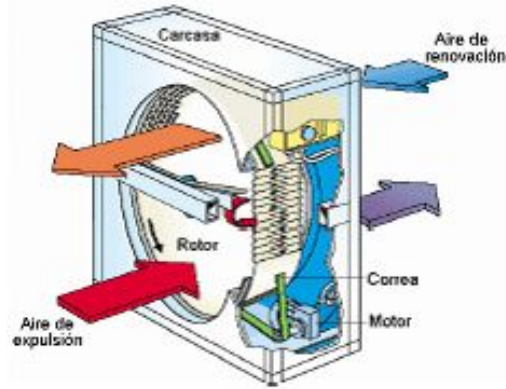
Por tipo de transferencia (directa/indirecta o recuperadores/regeneradores):

Recuperadores (directa): ambos fluidos están fluyendo a la vez por el intercambiador. **Proceso estacionario** para ambos fluidos y la estructura del intercambiador no acumula ni libera calor (significativamente).

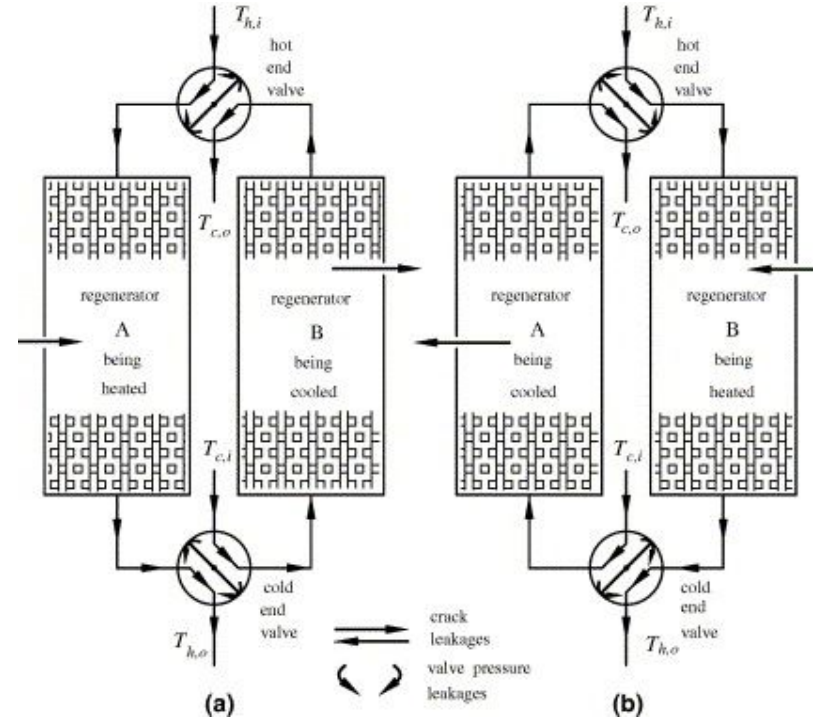
Regeneradores (indirecta): los dos fluidos están alternadamente en el intercambiador, o en contacto con diferentes partes del mismo. Al menos la estructura del intercambiador sufre **procesos transitorios** de calentamiento (acumulación) y enfriamiento (descarga).

Regeneradores

Rotativos (Ljungström)



Matriz fija (acumuladores)



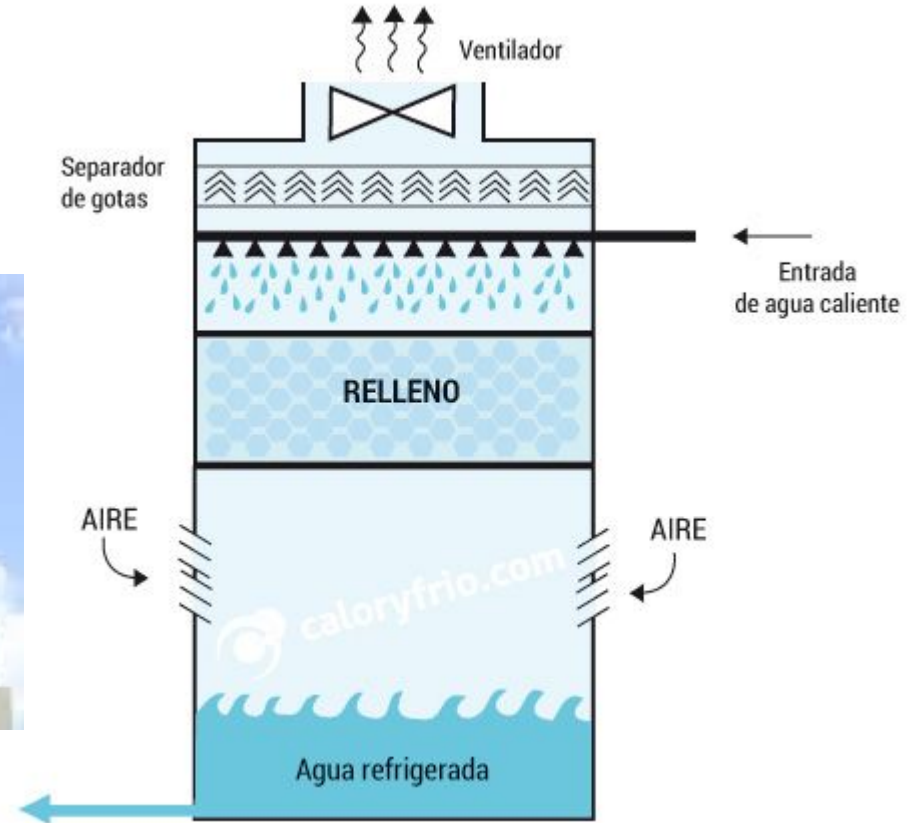
Clasificación de intercambiadores de calor

Por si los fluidos entran en contacto entre sí o no:

- **Contacto directo:** ambos fluidos entran en contacto. P. ej.:
 - Torres de enfriamiento
 - Cámaras de mezcla
- **Contacto indirecto (sin contacto):** fluidos no entran en contacto
 - **De superficie:** una superficie sólida separa ambos fluidos (los más comunes)
 - Otros: p.ej. regenerativos

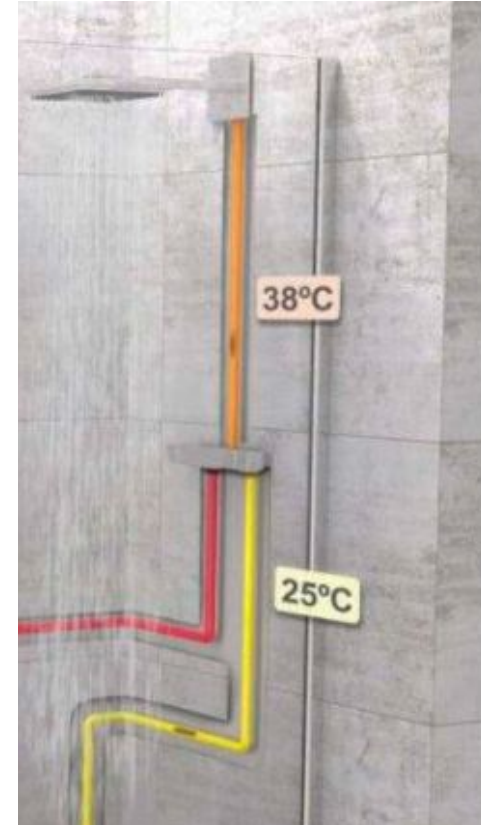
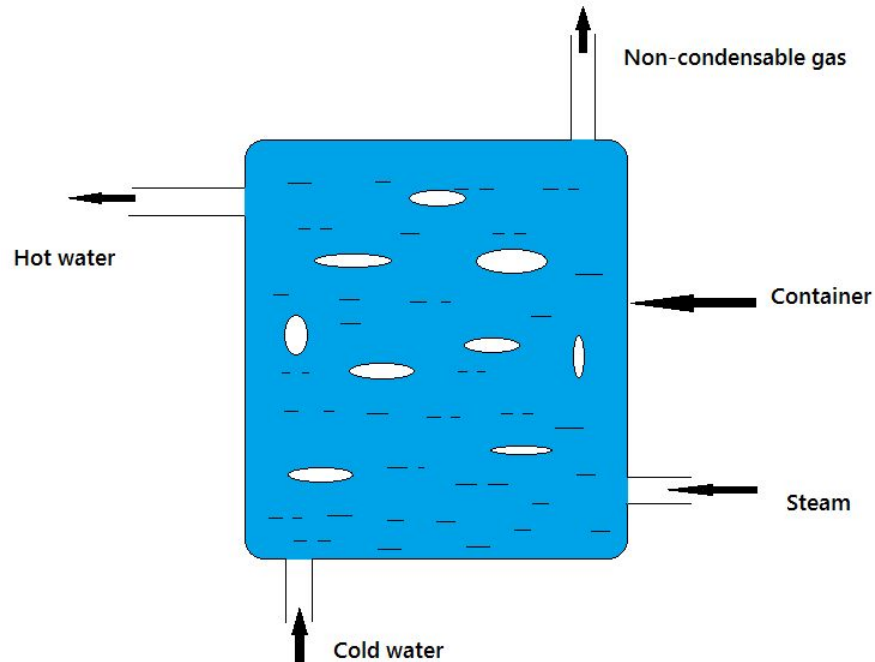
Intercambiadores de contacto directo

Torres de enfriamiento (intercambio
aire - agua)



Intercambiadores de contacto directo

Mezcla de fluidos



Clasificación de intercambiadores de calor

Por la construcción, forma:

- **De superficie (contacto indirecto):**
 - Tubulares (tubo en tubo, tubo y carcaza)
 - De placas
 - De superficies extendidas (tubos aletadas, placas y aletas)

Intercambiadores de superficie (tubulares)

Tubo en tubo (double pipe)

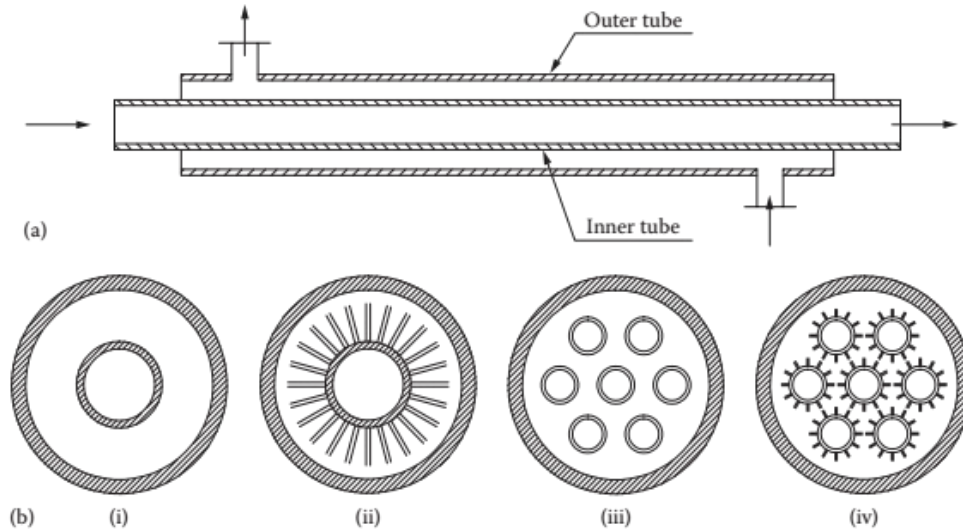
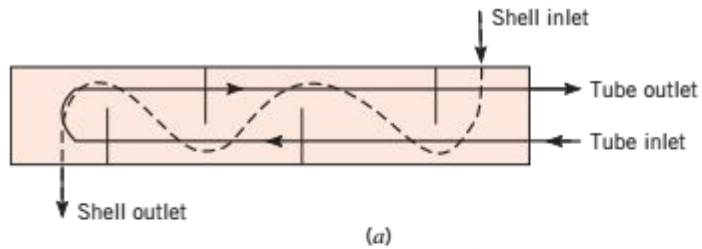


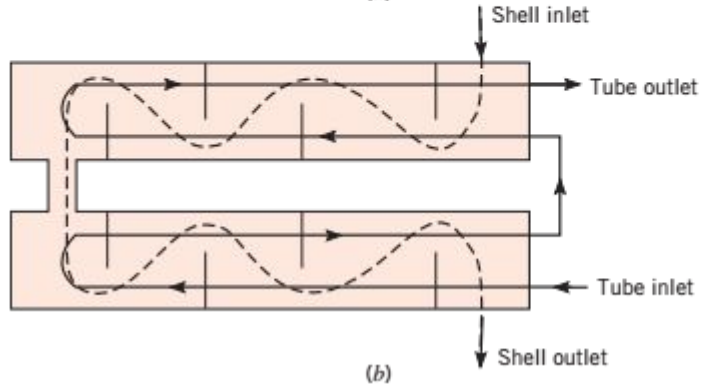
FIGURE 1.2 Double pipe/twin pipe hairpin heat exchanger. (a) Schematic of the unit, (b): (i) double pipe with bare internal tube, (ii) double pipe with finned internal tube, (iii) double pipe with multibare internal tubes, and (iv) double pipe with multifinned internal tubes. (Courtesy of Peerless Mfg. Co., Dallas, TX, Makers of Alco and Bos-Hatten brands of heat exchangers.)

Intercambiadores de superficie (tubulares)

Tubos y carcaza (shell & tube)



(a)



(b)

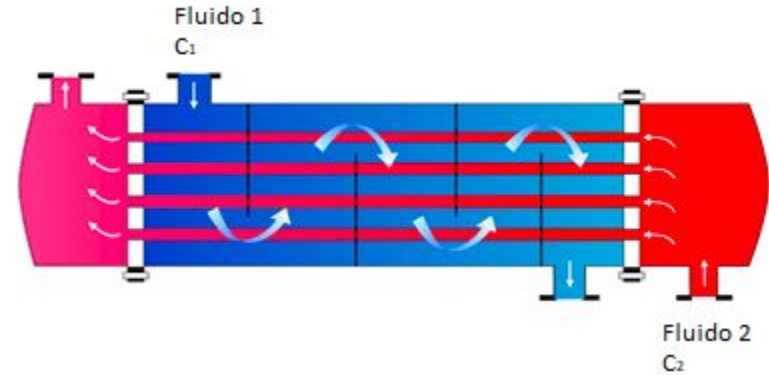
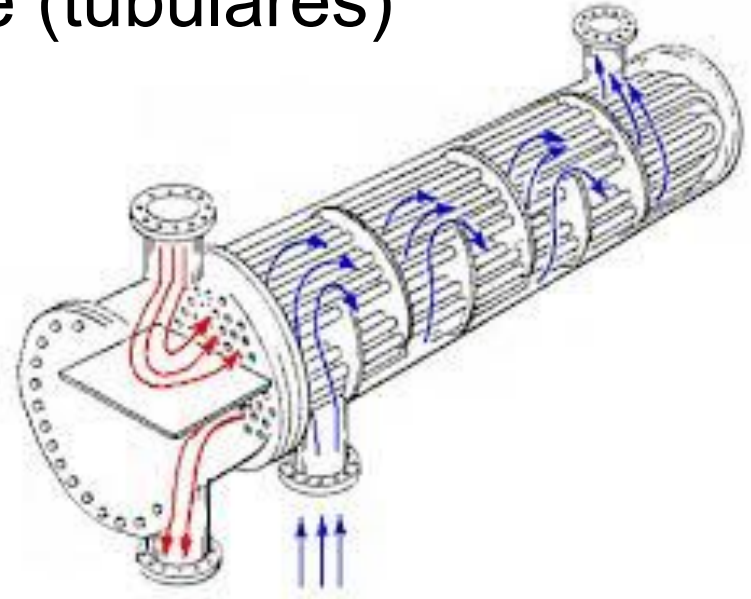


FIGURE 11.4 Shell-and-tube heat exchangers. (a) One shell pass and two tube passes. (b) Two shell passes and four tube passes.



Intercambiadores de superficie (tubulares)

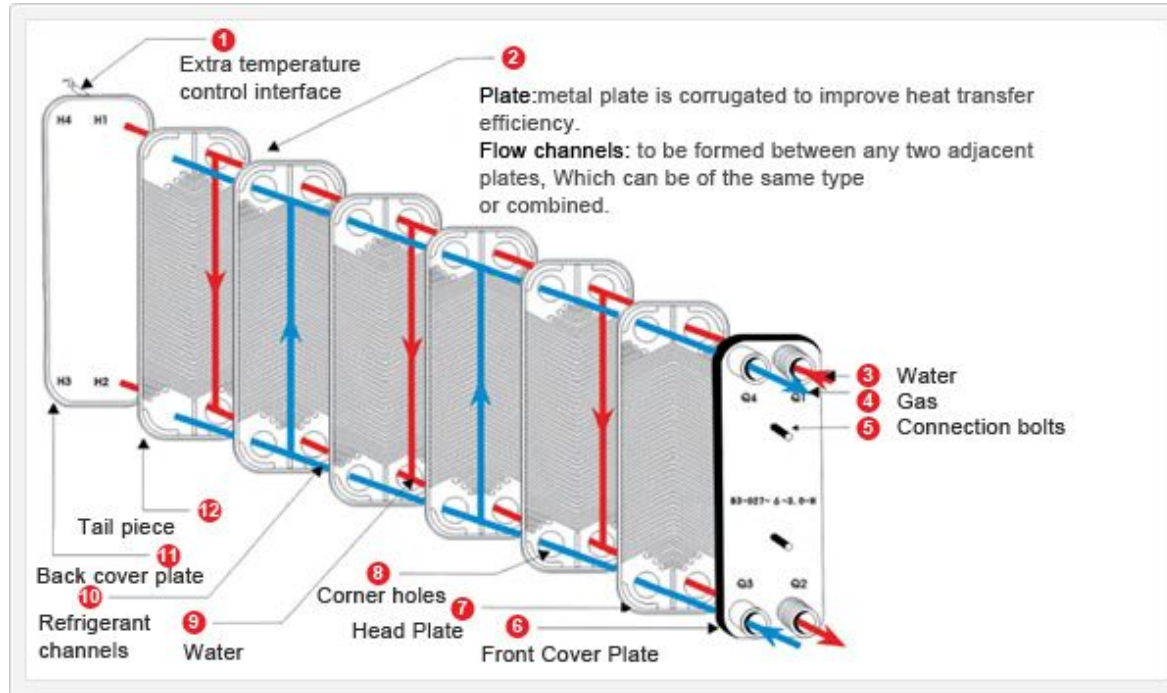
Tubos y carcaza (shell & tube)



Son los más comunes en la industria. Robustos, aptos para amplios rangos de temperatura y presión

Intercambiadores de superficie (Placas)

Intercambiadores de Placas



Cada vez más comunes.

Presentan ventajas por ser más compactos, facilidad de mantenimiento (desmontaje), modulares.

Diseño más delicado.

Principalmente para líquido-líquido

Intercambiadores de superficie (Placas)

Intercambiadores de Placas

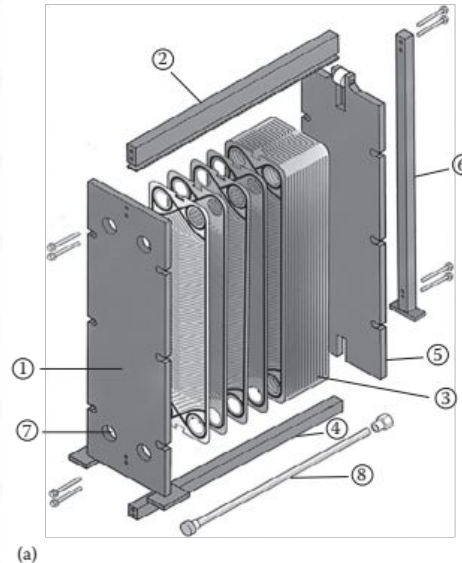
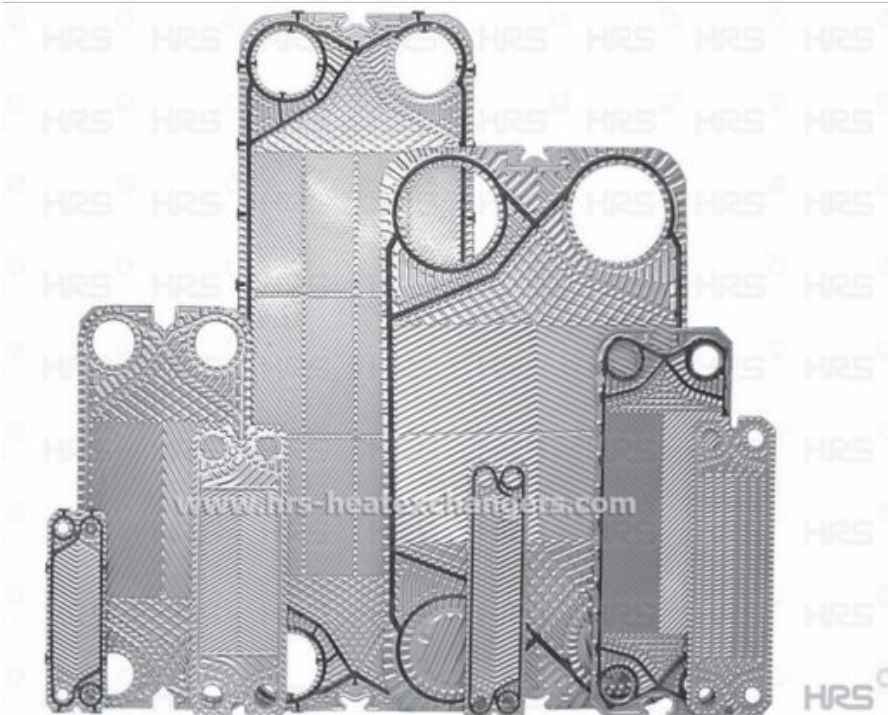
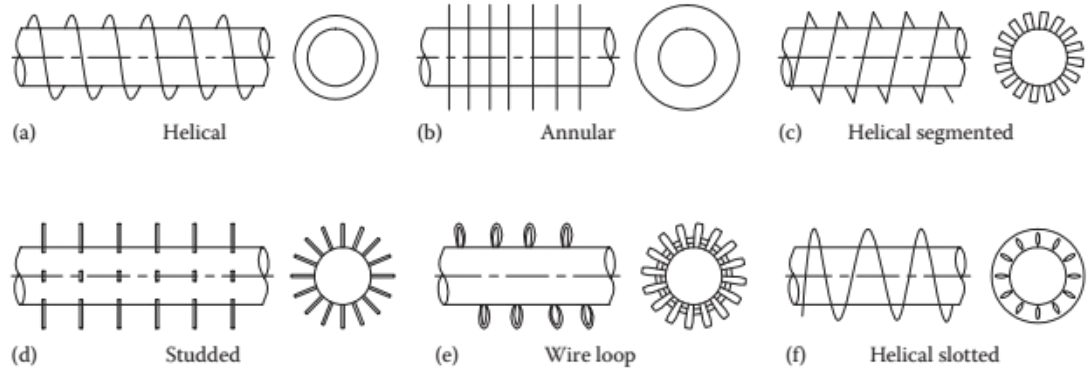


FIGURE 1.7 Plate heat exchanger. (a) Construction details—schematic (Parts details: 1, Fixed frame plate; 2, Top carrying bar; 3, Plate pack; 4, Bottom carrying bar; 5, Movable pressure plate; 6, Support column; 7, Fluids port; and 8, Tightening bolts.) and (b) closer view of assembled plates. (Courtesy of ITT STANDARD, Cheektowaga, NY.)

Intercambiadores de superficie (superficies extendidas)

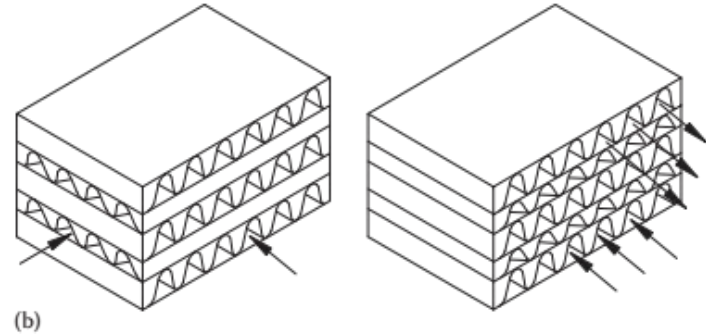
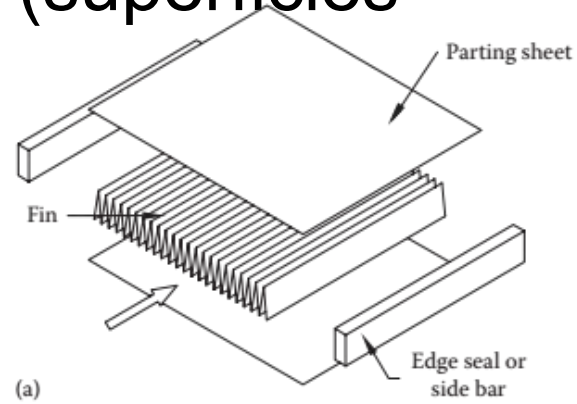
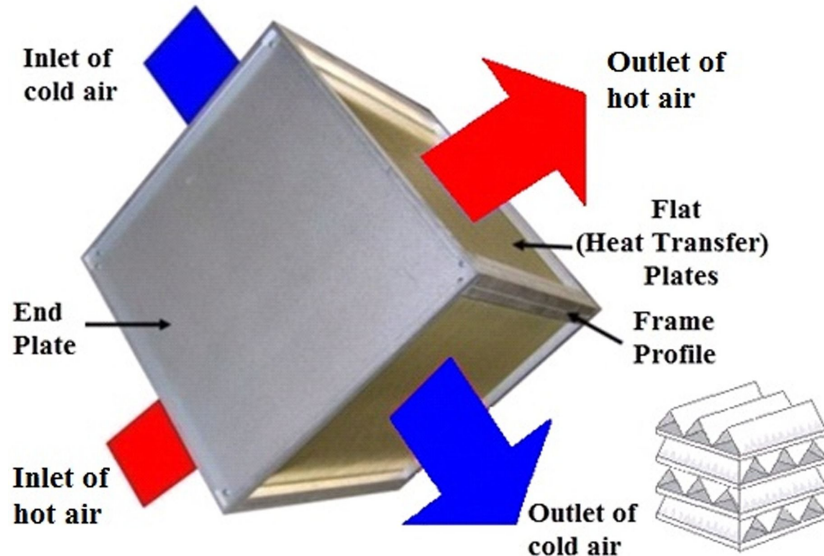
Tubos aletados



Compactos. Gas - líquido o gas - cambio de fase

Intercambiadores de superficie (superficies extendidas)

Placas aletadas

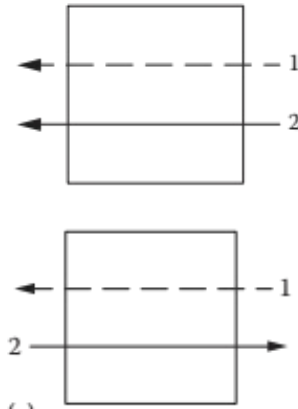


Compactos. Gas - gas

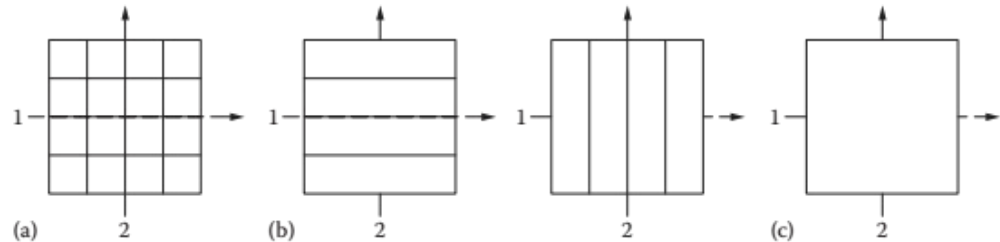
Clasificación de intercambiadores de calor

Por el arreglo de los flujos:

- **Concorriente (flujo paralelo):** entran y salen por mismos extremos, direcciones paralelas
- **Contracorriente (contraflujo):** entran y salen por extremos opuestos, direcciones paralelas
- **Flujo cruzado:** flujo perpendicular



Influye en las
**distribuciones de
temperatura**, y por
ende, en la
**transferencia de
calor**



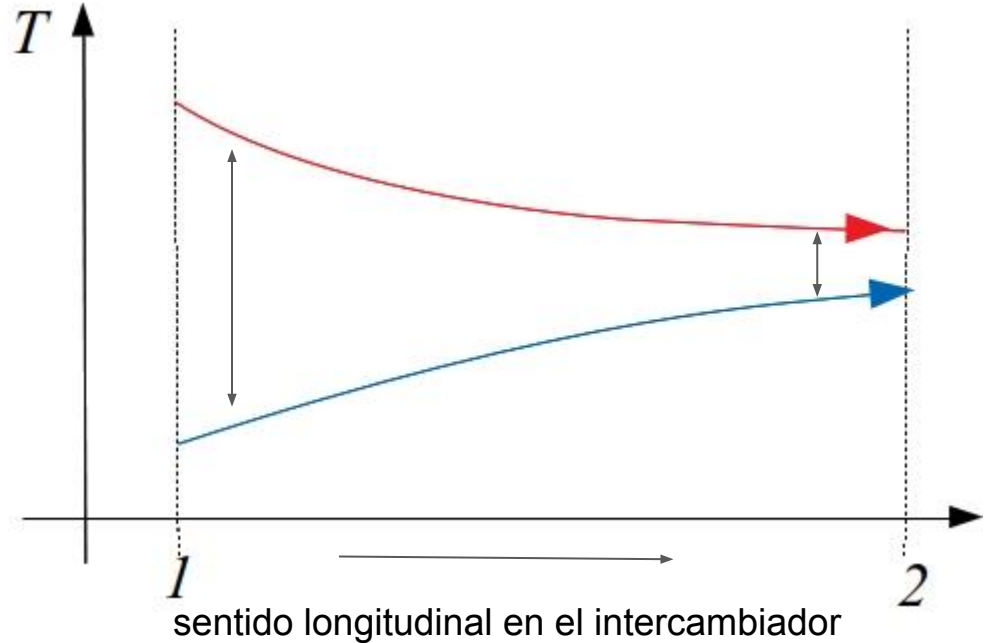
URE 1.19 Crossflow arrangement: (a) unmixed–unmixed, (b) unmixed–mixed, and (c) mixed–mixed.

Clasificación de intercambiadores de calor

Por el arreglo de los flujos:

Concorriente (flujo paralelo):

- Mayor diferencia de T en la “entrada” y menor a la “salida”
- Salida del frío, más fría que salida del caliente
- T de pared a temperatura intermedia
- Calentamiento rápido a la entrada (puede ser de interés, p.ej. en caso de tener un fluido frío muy viscoso)



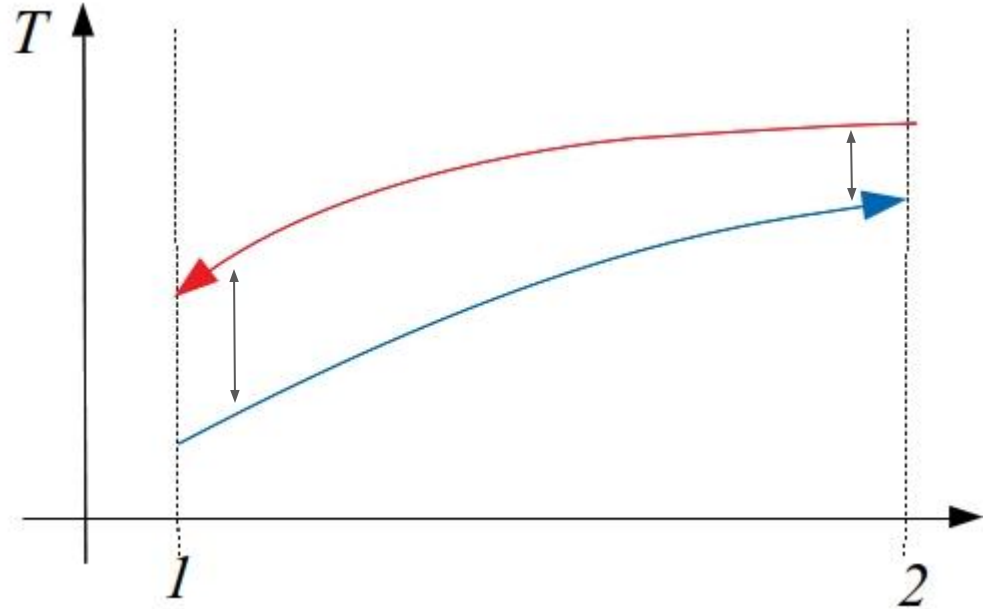
Luego veremos que este caso es el **más “ineficiente”** para la transferencia de calor

Clasificación de intercambiadores de calor

Por el arreglo de los flujos:

Contracorriente (contraflujo):

- Diferencia de T más “pareja” a lo largo del intercambiador
- Salida del frío, puede ser más caliente que salida del caliente
- T de pared tiene mayor variación de temperaturas



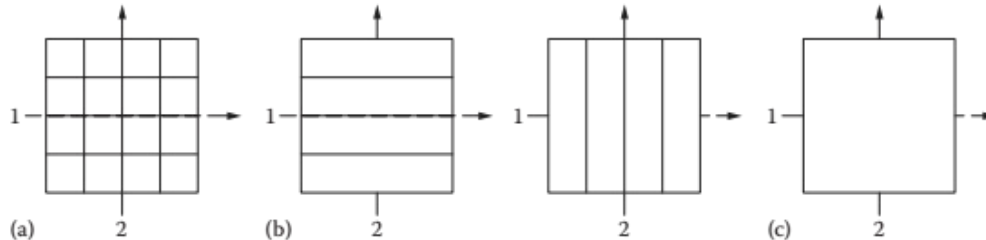
Luego veremos que este caso es el **más “eficiente”** para la transferencia de calor

Clasificación de intercambiadores de calor

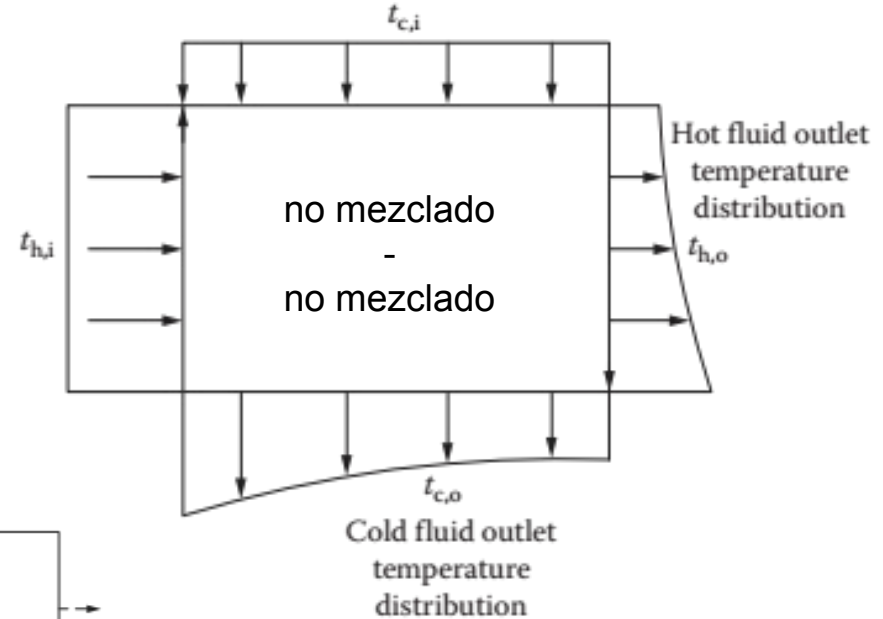
Por el arreglo de los flujos:

Flujo cruzado:

- No mezclado - no mezclado
- no mezclado - mezclado
- mezclado - mezclado



URE 1.19 Crossflow arrangement: (a) unmixed–unmixed, (b) unmixed–mixed, and (c) mixed–mixed.



“Eficiencia” intermedia para la transferencia de calor

Resumen clase 1

- Definimos y clasificamos intercambiadores de calor
- Describimos diferentes aplicaciones de tipo más cotidiano y más “industrial”
- Clasificaciones:
 - Por fases de los fluidos (gas - gas, gas - líquido, líquido - líquido)
 - Por si están en contacto o no
 - Por tipo de transferencia (directa o indirecta, recuperadores/regeneradores)
 - Por tipo constructivo (tubulares, placas, aletados)
 - Por arreglo de flujo (concorriente, contracorriente, cruzado)