




The objective of this equipment is to study and know the operation of a concentric tube exchanger.

The principle of basic operation of any heat exchanger is the exchange of heat between two fluids, either because we want to cool or heat one of them.

Therefore, in the exchanger we always have a hot fluid that decreases its temperature along it, transmitting that heat to the cold fluid.

The equipment has a PC from which to control the entire process and record all the data.




TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS


5.2. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Una vez encendido el equipo y conectado al suministro de agua del laboratorio, debemos tener en cuenta los siguientes elementos del equipo para poder realizarlos diferentes prácticas:


1. Uso de paso de agua caliente: Esta válvula regula el paso del agua caliente al circuito. Mantener siempre abierta al máximo para la realización de las prácticas.



2. Válvula de regulación de agua fría: Con esta válvula regulamos el caudal de agua fría en el circuito.




10




TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS


3. Válvula de regulación de agua caliente: Con esta válvula regulamos el caudal de agua caliente en el circuito.



4. Sensores de temperatura: Los sensores de temperatura leen la temperatura de agua en los diferentes puntos bajo estudio.
5. Purgador: el circuito presenta dos purgadores que permiten eliminar el aire introducido en los tubos.
6. Pantalla de inicio del software.



11




TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

6. PRÁCTICAS REALIZABLES

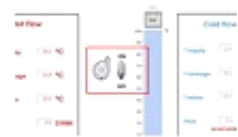
6.1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS: FLUJO PARALELO

6.1.1. MÉTODO

Lo primero es calibrar las válvulas de control en la posición adecuada para trabajar con flujo en paralelo. Para realizar la toma de medidas debemos, por tanto, abrir las válvulas de control 2 y 3 tal y como se muestra a continuación:




El siguiente paso a realizar, es poner en marcha la bomba mediante el programa informático:



12

The manual shows clearly and with a lot of images, the whole process to operate the equipment.



TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

Para el caso de flujo laminar en el interior de un cilindro y flujo de calor por unidad de área a través de la pared del tubo uniforme, utilizamos la siguiente expresión para calcular el número de **Nusselt**:

• Si $Ra < 2300$

$$Nu_D = 4.364$$

En régimen turbulento en el interior de un cilindro utilizamos la expresión:

• Si $2300 < Ra < 10^4$

$$Nu_D = 0.023 \cdot Ra^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

Una vez obtenido el número de **Nusselt** correspondiente, despejamos el coeficiente de película "h" de la ecuación:

$$Nu_D = \frac{h \cdot D}{k} \Rightarrow h = \frac{Nu_D \cdot k}{D}$$

Conocidos "h" del fluido caliente y del frío, los sustituimos en la ecuación $U_{total} = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{1}{h_f}}$, obteniendo el coeficiente de transmisión de calor total.

Para el caso de conductos no cilíndricos, utilizamos el diámetro hidráulico.

$$D_h = \frac{4 \cdot A_c}{P_{mojeto}}$$


Donde:

- A_c : Área del flujo (m^2)
- P_{mojeto} : Perímetro mojado (m)

Para el cálculo de las propiedades del agua caliente y fría utilizamos la temperatura media entre la de entrada y la de salida:

$$T_m = \frac{T_{entrada} + T_{salida}}{2}$$

13



TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

6.1.1. INTERCAMBIADOR DE TUBOS CONCÉNTRICOS

Utilizamos la ecuación de **Dittus-Boelter**:

• Régimen laminar ($Ra < 2300$)

$$Nu_D = \frac{h \cdot D}{k} = 1.86 \cdot \left(\frac{Ra \cdot Pr \cdot D}{L} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14}$$

$$Nu_D = 1.86 \cdot \left(\frac{Ra \cdot Pr \cdot D}{L} \right)^{1/4} \cdot \left(1 + \left(\frac{D}{L} \right)^{0.4} \right)$$

$$Nu_D = 1.86 \cdot \left(\frac{Ra \cdot Pr \cdot D}{L} \right)^{1/4} \cdot \left(1 + 5 \cdot \left(\frac{D}{L} \right)^{0.4} \right)$$

• Régimen turbulento

$$Nu_D = 0.023 \cdot Ra^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

h en $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ y h en $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

Donde:

- k : Conductividad térmica del fluido ($\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$)
- D : Diámetro interior (m)
- L : Longitud (m)
- μ : Viscosidad del fluido ($Pa \cdot s$)
- μ_s : Viscosidad fluida a la temperatura de la pared ($Pa \cdot s$)
- Ra : Número de Raynoldo

Número de Raynoldo tubo exterior

$$Re_D = \frac{\rho \cdot U_{media} \cdot D}{\mu}$$

14

The instruction manual explains and shows all the theoretical foundations, as well as all the mathematic expressions used during the experimentation.

DIKOID

TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCENTRICOS

6.3.2- LECTURAS Y RESULTADOS FLUIDO EN PARALELO

• LECTURAS

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA AGUA FRÍA	21,1	20,8	20,8	20,8	20,8
TEMPERATURA AGUA FRÍA (ENTRADA)	21,0	20,8	20,7	20,8	21,0
OTRA	417,7	406,5	406,7	418,5	407,7
TEMPERATURA AGUA FRÍA (SALIDA)	20,8	20,8	20,7	20,7	20,8
TEMPERATURA AGUA FRÍA (RETORNO)	21,5	20,8	21,7	21,8	21,4
TEMPERATURA AGUA CALIENTE	3,2	3,0	3,0	3,2	3,0
TEMPERATURA AGUA CALIENTE (ENTRADA)	30,2	29,8	31,4	34,3	34,8
OTRA	585,6	585,8	585,8	684	5191,9
TEMPERATURA AGUA CALIENTE (SALIDA)	31,6	31,6	34	37,6	39,6
TEMPERATURA AGUA CALIENTE (RETORNO)	29,8	29,8	30,4	33	36,2

22

DIKOID

TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCENTRICOS

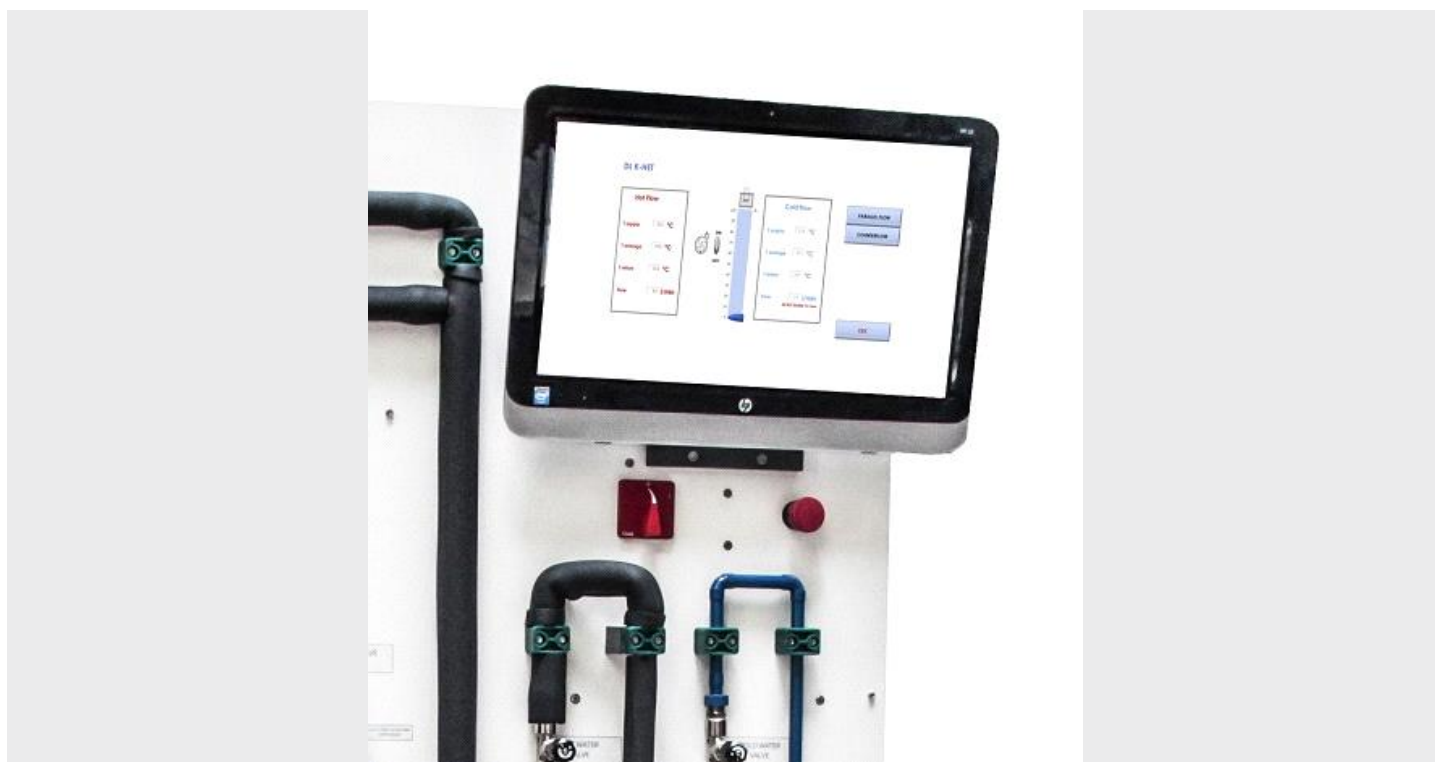
• PROPIEDADES FLUIDO CALIENTE a TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA CALIENTE	30,6	30,7	32,3	35,3	37,9
CAUDAL ESPÉCIMEN AGUA CALIENTE	4179	4177	4277	4177	4279
ENTRADA AGUA CALIENTE	391,2	391,2	394,6	395,7	392,9
PROPIEDADES AGUA CALIENTE	0,778	0,778	0,781	0,781	0,880
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AGUA CALIENTE	0,582	0,582	0,581	0,609	0,621

• PROPIEDADES FLUIDO FRÍO A TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA FRÍA	21	20,8	20,2	21,1	21,7
CAUDAL ESPÉCIMEN AGUA FRÍA	4181	4282	4182	4281	4179
ENTRADA AGUA FRÍA	397,9	398,2	398,1	397,6	397,4
PROPIEDADES AGUA FRÍA	0,978	1,001	0,999	0,970	0,982
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AGUA FRÍA	0,585	0,600	0,594	0,582	0,571

23



The equipment includes a PC with software to manage the equipment. In it, all the control points of the equipment are shown, and the data acquisition is permitted in manual or automatic mode.

TC 07.1 - TUBULAR HEAT EXCHANGER TRAINER

LEARNING OBJECTIVES

- Determination of the heat loss that occurs towards the outside.
- Calculation of the Logarithmic Mean Temperature Difference.
- Determination of the overall coefficient of experimental heat transmission.
- Determination of the theoretical global heat transfer coefficient.
- Calculation of effectiveness.

TECHNICAL DATA

Dimensions: 1180 x 1210 x 1850 mm
Pump power: 55 W
Max flow: 300 L / h
Max pressure: 4,5 m wc
Power of the heater: 3000 W
Thermostat: 30 90 °C
Hot water tank: 20.5 litre

Hot water circuit:

Outer diameter: 15 mm.
Inner diameter: 12,4 mm.
Heat exchange length: 2 x 740mm

Cold water circuit:

Outer diameter: 22 mm.
Inner diameter: 20 mm.
Heat exchange length: 2 x 740mm

REQUIREMENTS

- Electrical connection 230V/50Hz
- Water input minimum of: 5 l/min
- Waste water connection