



El equipo IT 03.2, es un equipo de sobremesa muy útil para el estudio de la transferencia de calor por convección natural o forzada.

El funcionamiento del equipo consiste en hacer pasar aire por un conducto, que se calienta utilizando elementos calefactantes con diferentes superficies geométricas, para el estudio de la convección forzada se intercala un ventilador.

El equipo dispone de un módulo de control manual, y también se puede conectar a un PC vía USB, para controlarlo desde el mismo. Además de tomar las lecturas, el equipo se controla desde la propia pantalla de software del PC (PC y software no incluidos).

Los equipos con software requieren un Sistema Operativo a partir de Windows 7 y 64 bits.

DIKOIN
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

continuidad, cantidad de movimiento y energía podríamos obtener "h", pero resolver estas ecuaciones para flujos que no sean simples, es muy complejo, por lo que normalmente "h" se calcula utilizando ecuaciones empíricas obtenidas del análisis dimensional principalmente.

4.1.1.1.1 CONVECCIÓN LIBRE O NATURAL

Se produce, como ya se ha explicado anteriormente, debido a que la diferencia de densidades que se produce en el seno del fluido por el cambio de temperatura, hace que el fluido se ponga en movimiento.

En convección natural, las fórmulas empíricas van a ser función del número de Grashof, que es el número que caracteriza la convección natural, del número de Prandtl y del número de Nusselt. Utilizaremos también el número de Rayleigh que es el producto del número de Prandtl por el de Grashof.

$$Ra = Pr \cdot Gr$$

4.1.1.1.1 Número de Grashof

Cociente entre las fuerzas de flotación y las fuerzas de viscosidad.

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_f) \cdot L^3}{\nu^2}$$

Donde:

- g: aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)
- β : coeficiente de expansión volumétrica (K^{-1})
- T_s : Temperatura superficie (°C)
- T_f : Temperatura fluido (°C)
- L: Longitud característica de la superficie (m)
- ν : viscosidad cinemática ($\frac{m^2}{s}$)

..... Salto de página

DIKOIN
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

4.1.1.1.2 Número de Prandtl

Cociente entre la difusividad molecular de la cantidad de movimiento y la difusividad molecular del calor.

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$$

Donde:

- μ : viscosidad dinámica (Pa·s)
- C_p : calor específico del fluido ($\frac{J}{kg \cdot K}$)
- k: Conductividad térmica del fluido ($\frac{W}{m \cdot K}$)

Los valores del número de Prandtl para los gases es de alrededor de 1.

4.1.1.1.3 Número de Nusselt

Cociente entre el calor transferido por convección a través del fluido y el calor que se transferiría si solo hubiese conducción.

$$Nu = \frac{h \cdot L_c}{k}$$

Donde:

- h: coeficiente de transmisión de calor por convección ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$)
- L_c : Longitud característica (m)
- k: Conductividad térmica del fluido ($\frac{W}{m \cdot K}$)

Los coeficientes de transmisión de calor por convección natural para el aire están comprendidos entre 5 y 25 ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$).

..... Salto de página

DIKOIN
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

4.1.1.2 CONVECCIÓN FORZADA

Producimos el movimiento del fluido utilizando un medio externo, como un ventilador, compresor o similar.

En convección forzada, las fórmulas empíricas van a ser función del número de Reynolds, que es el número que caracteriza la convección forzada natural, del número de Prandtl y del número de Nusselt. Utilizaremos también el número de Peclet que es el producto del número de Prandtl por el de Reynolds.

$$Pe = Pr \cdot Re$$

4.1.1.2.1 Número de Reynolds

Cociente entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de viscosidad.

$$Re = \frac{V \cdot L_c}{\nu}$$

Donde:

- V: velocidad del fluido ($\frac{m}{s}$)
- L_c : Longitud característica (m)
- ν : viscosidad cinemática ($\frac{m^2}{s}$)

Los coeficientes de transmisión de calor por convección forzada para el aire están comprendidos entre 10 y 20 ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$).

4.1.1.2.2 Flujo externo

El flujo del fluido es externo, rodea a la superficie con diferente temperatura. Este es el tipo de flujo que se produce en este equipo.

Para flujos externos:

- $Re < 5 \cdot 10^4$: régimen laminar
- $Re > 5 \cdot 10^4$: régimen turbulento

..... Salto de página

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.

DIKOIN
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

Con este valor podemos calcular:

$$Re_{max} = \frac{V_{max} \cdot D}{\nu}$$

Donde:

- D: es el diámetro de los tubos (m)
- ν : es la viscosidad cinemática del aire ($\frac{m^2}{s}$)

Calculamos el número de Prandtl para la temperatura del fluido Pr_{flu} para la temperatura de la superficie Pr_s y para la temperatura de película Pr_{pe} .

Con este equipo se puede dar una de las siguientes situaciones:

- Si $1000 < Re_{max} < 2 \cdot 10^4$ y $0.7 < Pr < 5000$

$$Nu_D = K \cdot 0.387 \cdot Re_D^{1/4} \cdot Pr_{pe}^{1/4} \left(\frac{Pr_{pe}}{Pr_s} \right)^{1/4}$$

- Si $100 < Re_{max} < 1000$

$$Nu_D = K \cdot 0.51 \cdot Re_D^{1/2} \cdot Pr_{pe}^{1/4} \left(\frac{Pr_{pe}}{Pr_s} \right)^{1/4}$$

Donde K es un factor corrector para haz de tubos con número de hilera inferior a 20, el haz de tubos del equipo tiene 5 hileras, con lo que el factor corrector será $K=0.92$.

Como en el caso anterior, la superficie del conjunto de los tubos es el perímetro de un tubo por su longitud y por el número total de tubos.

$$S_t = \pi \cdot D \cdot L \cdot n = \pi \cdot 0.015 \cdot 0.12 \cdot 17 = 0.096 m^2$$

Donde:

- D: La longitud característica, en este caso, es el diámetro de uno de los tubos 0.015 m.
- L: Longitud del tubo (m)
- n: Número de tubos.

..... Salto de página

DIKOIN
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

4.1.2.1 METODO

- Con la instalación en marcha, abatimos de nuevo el ventilador sobre el conducto vertical y lo fijamos con el gancho de sujeción.



- En la pantalla principal del ordenador seleccionamos:

 - Cálculo del coeficiente de transmisión de calor.
 - Haz de tubos
 - Convección forzada

Aparece una ventana en la pantalla del ordenador en la que fijamos la potencia de la resistencia.



- Asimismo, fijamos la velocidad del aire en el conducto.

..... Salto de página

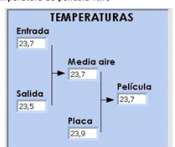
DIKOIN
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

- Con la sonda de temperatura móvil, tocamos la superficie de la placa, por los agujeros realizados en el conducto.



- Esperamos unos minutos para que la placa se caliente y la sonda de temperatura se establezca en la lectura. Pulsamos el botón "adquirir temperatura", la pantalla nos muestra:

 - La temperatura de película T_{pe} .

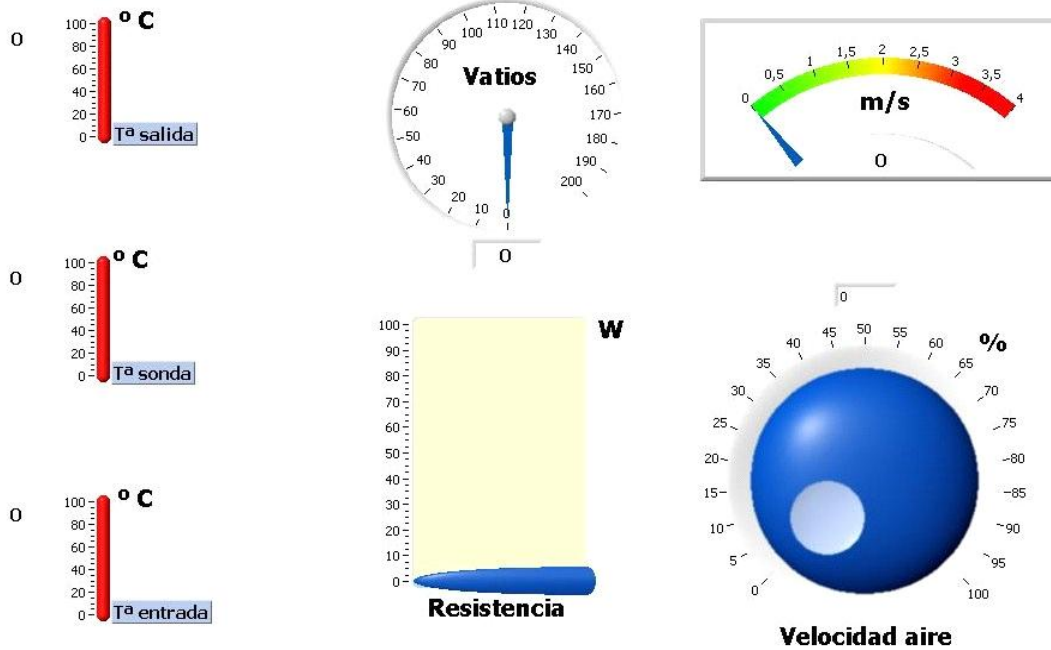


Los valores de las propiedades del fluido a la temperatura de película, excepto para el coeficiente de expansión volumétrica que utilizamos la temperatura del fluido como media entre la de entrada y la de salida.

TABLA PROPIEDADES AIRE	
Densidad	1.19
Viscosidad	18.18E-6
Coefficiente de expansión volumétrica	3.37E-3
Calor específico	1006
Conductividad térmica	0.0262

..... Salto de página

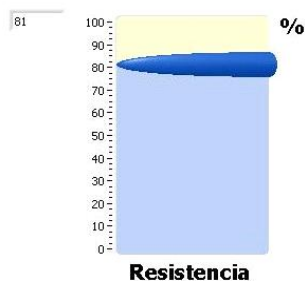
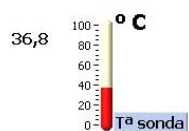
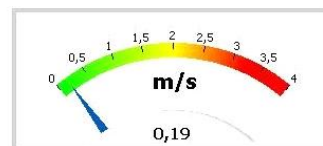
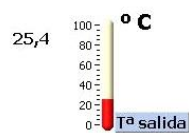
El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

TA 03.2 CONVECCION NATURAL Y FORZADA


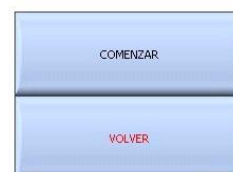
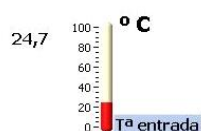
El equipo dispone de una conexión a PC mediante USB, desde el que controlar el equipo con el software opcional.



El sistema de desacople del ventilador mediante anclaje rápido y bisagras, permite que en el estudio de convección natural, el conducto quede totalmente libre de todo obstáculo, de forma que el cálculo de convección es mucho más preciso.



LA TAPA DEL VENTILADOR HA DE ESTAR ABIERTA
SELECCIONE EL VALOR DE RESISTENCIA,
PONGA LA Sonda EN CONTACTO CON LA PLACA
Y PULSE COMENZAR



Accesorio Opcional: IT.S.03.2 - SOFTWARE CONVECCIÓN NATURAL Y FORZADA

El software de control del equipo IT 03.2 permite el control completo del mismo. En el mismo se muestran los parámetros de todos los puntos de control del equipo, y se permite la recogida de datos en modo automático o manual.

Desde el modo PC, mediante este software, no solo se captan los datos de los distintos sensores, sino que se controla el equipo: velocidad de aire y regulación de calentamiento.

Para su uso con un ordenador, se requiere un Sistema Operativo de 64 bits con versión Windows 7 o superior.



Accesorio Opcional: IT 03.3 - CALEFACTOR DE PLACA PLANA



Accesorio Opcional: IT 03.4 - CALEFACTOR DE ALETAS



Accesorio Opcional: IT 03.5 - CALEFACTOR DE HAZ DE TUBOS



Accesorio Opcional: IT 03.6 - CALEFACTOR CILINDRO

PRACTICAS REALIZABLES

- Estudio de la disipación de calor mediante convección natural.
- Estudio de la disipación de calor mediante convección forzada.
- Estudio de las diferencias en transferencia de calor con diferentes modelos de disipador.
- Cálculo de parámetros del fenómeno de transferencia:
 - Eficiencia.
 - Coeficiente de transferencia de calor.
 - Energía disipada (o calor transferido).
- Cálculo del número de Reynolds y de Nusselt.

DATOS TÉCNICOS

- Sección de la torre de convección 120x120mm.
- Longitud de la torre de convección: 1 m.
- Velocidad del aire con ventilación forzada, regulada: 0 - 4 m/s
- Potencia de los elementos calefactores, regulada: 0 - 150W
- Caudal máximo 200 m³/h.
- Sistema de seguridad doble para protección de los calefactores.
- 4 calefactores (se suministran por separado):
 - Calefactor de haz de tubos.
 - Calefactor de placa plana.
 - Calefactor de aletas verticales.
 - Calefactor de cilindro
- Se suministra un sensor de temperatura superficial para tomar la temperatura en distintos puntos de los calefactores.
- El equipo se suministra con un sistema de control electrónico con pantalla LCD.
- El equipo se puede controlar desde un PC con conexión USB. PC y software no incluidos.

REQUERIMIENTOS

- Alimentación eléctrica: 230V/50-60Hz.