

PRÁCTICA DE PROCESOS PSICROMÉTRICOS

1. Objetivo de la práctica

La práctica de laboratorio consiste en la realización de tres procesos psicrométricos básicos, a saber:

1. Calentamiento sensible.
2. Enfriamiento y deshumidificación.
3. Humidificación isoterma.

Para ello se emplea la unidad de laboratorio de aire acondicionado Hilton A-575, la cual consta de los equipos de tratamiento de aire necesarios.

Los objetivos, para cada uno de los tres procesos estudiados, se resumen en:

- La toma de contacto con los equipos diseñados para el tratamiento del aire húmedo (baterías, inyectores de vapor, etc...), así como con los demás elementos auxiliares (ventilador, elementos de instrumentación, etc...).
- Cuantificar las transferencias de masa y energía asociadas, planteando y resolviendo, para ello, las correspondientes ecuaciones de balance.
- Situar las diferentes evoluciones del aire húmedo tratado sobre el diagrama psicrométrico e identificar para cada caso las componentes sensible y latente de la energía total transferida.

2. Fundamentos teóricos

Un *proceso psicrométrico* se define como la operación o conjunto de operaciones por medio de las cuales se modifica el estado termohigrométrico del aire. Mediante balances globales, establecidos entre las condiciones iniciales y finales del proceso, es posible cuantificar las cantidades de masa y energía asociadas al proceso de tratamiento que experimenta el aire en cada uno de los equipos.

Teniendo en cuenta que en la unidad de trabajo en el laboratorio no existen equipos de contacto directo con recirculación de agua, las corrientes de entrada y salida en cualquiera de estos equipos serán, en su forma más general, como las indicadas en la *Figura 1*:

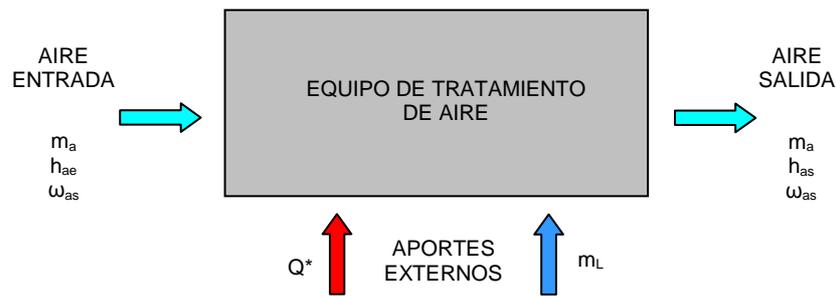


Figura 1. Proceso psicrométrico genérico en un equipo de tratamiento de aire

Las ecuaciones de balance de masa y energía asociadas a este proceso psicrométrico genérico vendrán dadas, respectivamente, por:

$$m_a \omega_{ae} + m_L = m_a \omega_{as} \Rightarrow m_a (\omega_{as} - \omega_{ae}) = m_L$$

$$m_a h_{ae} + Q^* + m_L h_L = m_a h_{as} \Rightarrow m_a (h_{as} - h_{ae}) = m_L h_L + Q^*$$

Para cada uno de los tres procesos estudiados, y gracias a las medidas realizadas, los estados termohigrométricos del aire a la entrada y a la salida serán conocidos; la resolución de las ecuaciones de balance en cada equipo proporcionan así los valores de los aportes realizados a la corriente de aire, bien en forma de agua (en estado líquido, m_L , o en estado vapor, m_v) o bien en forma de calor (Q^*).

Tras la resolución de los balances, el proceso puede ser representado en el diagrama psicrométrico (véase Figura 2).

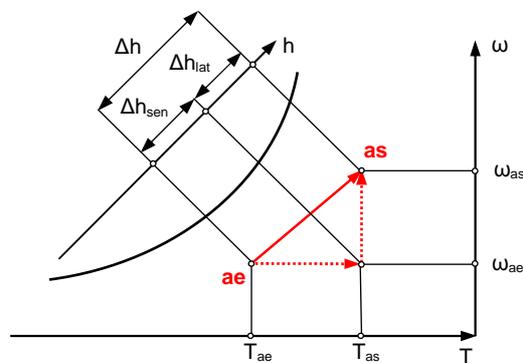


Figura 2. Proceso de tratamiento de aire sobre el diagrama psicrométrico

Sobre el diagrama será posible visualizar, además del vector asociado al proceso, las variaciones en la entalpía específica del aire, en sus componentes sensible y latente:

$$\Delta h = \Delta h_{sen} + \Delta h_{lat}$$

3. Montaje experimental

3.1. Descripción de la unidad

En la *Figura 3* se muestra un esquema de la unidad de laboratorio. En ella se observa una conducción principal, en el interior de la cual circula la corriente de aire a tratar, gracias a la acción de un ventilador de velocidad variable. A su paso por la conducción, el aire va encontrando los distintos equipos de tratamiento; según cuáles de ellos se encuentren accionados, el proceso seguido por el aire será uno u otro.

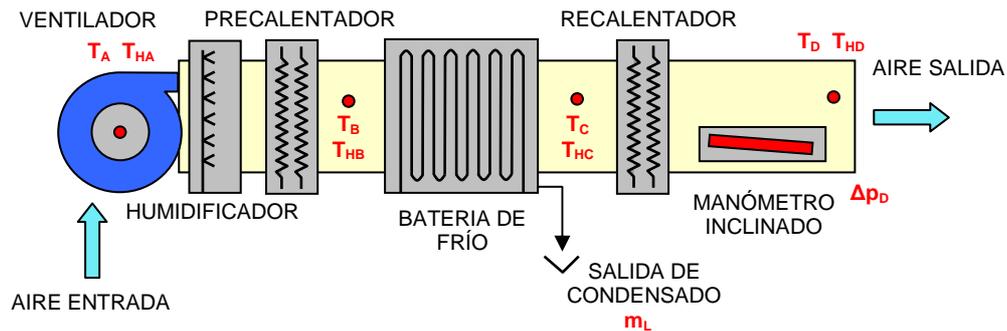


Figura 3. Equipos de tratamiento en la unidad de laboratorio Hilton A-575

De todos ellos, en la realización de la práctica intervendrán únicamente:

- El precalentador eléctrico, en el proceso de calentamiento sensible.
- La batería de frío, en el proceso de enfriamiento y deshumidificación.
- El humidificador, para el proceso de humidificación isoterma (para el proceso de enfriamiento y deshumidificación también se inyecta vapor, con el objetivo de que el aire a la entrada de la batería posea un contenido de humedad tal que la cantidad de caudal de condensado en la deshumidificación sea significativa).

3.2. Medida de variables

Para cada uno de los tres procesos que son estudiados, y según se muestra en el esquema de la *Figura 3*, las medidas a realizar son:

3.2.1. Medida del caudal de aire

La unidad de laboratorio dispone de una *placa-orificio*, con una toma de presión conectada a un manómetro inclinado, situada en la sección de salida del aire. Según la calibración del orificio respecto al flujo de aire, la relación entre el caudal de aire, m_a (kg/s), y la medida de presión a la salida proporcionada por el manómetro inclinado, Δp_D (mm c.a.), es la dada por:

$$m_a = 0.0504 \sqrt{\frac{\Delta p_D}{v_D}}$$

donde v_D (m^3/kg) es el volumen específico del aire en el *Punto D* (sección de salida de la conducción principal de la unidad). Este dato será calculado sobre el diagrama psicrométrico, a partir de las condiciones termohigrométricas del aire dadas por las medidas de T y T_H en la estación de medida D (sección de salida de la unidad).

3.2.2. Medidas de temperatura

Existe una pareja de termómetros, de bulbos seco y húmedo, colocados a la entrada y a la salida de cada equipo. De este modo son obtenidas los valores de las temperaturas seca y húmeda en cada una de las estaciones de medida *A*, *B*, *C* o *D* (véase *Figura 3*), y que a su vez permiten la obtención del resto de variables psicrométricas (entalpía específica, volumen específico, etc...) asociadas al estado del aire en cada uno de esos puntos.

3.2.3. Medida del caudal de condensado

En el proceso de enfriamiento y deshumidificación, el caudal de condensado m_L que precipita en la batería de frío es uno de los datos proporcionados por la resolución de los balances de masa y energía en el equipo.

No obstante, emplearemos una probeta colocada a la salida del condensado de la batería para medir el volumen de agua precipitada en un cierto periodo de tiempo. Así, el dato obtenido de manera experimental podrá ser comparado con el que resulta de la resolución analítica de las ecuaciones de balance.

4. Toma de datos

Se muestra a continuación la hoja de medidas, *Tabla 1*, donde encontramos las tomas de variables para cada uno de los tres procesos psicrométricos estudiados.

		<i>Calentamiento sensible</i>	<i>Enfriamiento y deshumidificación</i>	<i>Humidificación isoterma</i>
<i>Ventilador</i>				
<i>Caldera</i>	<i>C1</i>	-		
	<i>C2</i>	-		
	<i>C3</i>	-		
<i>Pre calentador</i>	<i>P1</i>		-	-
	<i>P2</i>		-	-
<i>Ciclo de refrigeración</i>		-		
<i>Aire</i>	<i>A</i>	T_A (°C)		
		T_{HA} (°C)		
	<i>B</i>	T_B (°C)		
		T_{HB} (°C)		
	<i>C</i>	T_C (°C)	-	
		T_{HC} (°C)	-	
	<i>D</i>	T_D (°C)		
		T_{HD} (°C)		
Δp_D (mm c.a.)				
<i>Condensado</i>	V_L (mL)	-		-
	t (s)	-		-

Tabla 1. Hoja de datos para la toma de medidas

Conviene realizar algunas aclaraciones en relación con el modo de completar la tabla de medidas. Así, en primer lugar, los apartados relativos al ventilador indican la posición

en que es accionado el control de velocidad, directamente proporcional al caudal de aire impulsado. Este dato es relevante debido al salto de temperaturas que experimenta el aire a su paso por el ventilador, y que tendrá que ser tenido en cuenta, a modo de corrección, a la hora de considerar las condiciones reales del aire a la entrada del equipo que corresponda (véase *Tabla 2*).

<i>Velocidad</i>	m_a (kg/s)	ΔT_{vent} (°C)
V_{min}	0.114	0.4
$V_{0.25}$	0.130	0.4
$V_{0.50}$	0.150	0.4
$V_{0.75}$	0.164	0.4
V_{max}	0.181	1.1

Tabla 2. Saltos de temperatura del aire en el ventilador

Por último, indicar que el tiempo t durante el cual se controla la caída de condensado en la probeta es un dato arbitrario, resultando válido cualquier intervalo de, al menos, unos pocos minutos.

5. Resultados y cuestiones

Para cada uno de los tres procesos, se pide:

1. Resolución de las ecuaciones de balance de masa y energía.
2. Situación sobre el diagrama psicrométrico de la recta de evolución del aire.
3. Cuantificación de las transferencias sensible y latente.
4. Factores característico j y de calor sensible, FCS .

Asimismo, deben resolverse las siguientes cuestiones:

- a. En la prueba de *calentamiento sensible*, ¿a qué se deben las discrepancias entre los resultados obtenidos en los balances, y los valores conocidos de las potencias térmicas disipadas por las resistencias eléctricas?
- b. En la prueba de *enfriamiento y deshumidificación*, compárese la medida obtenida del caudal de condensado, m_L , con el resultado de la ecuación del balance de masa. ¿Cuál de los dos datos considera más fiable?
- c. El proceso de *humidificación* ha sido definido como *cuasi-isotermo*. ¿Existe, sin embargo, transferencia sensible? En caso afirmativo, explique el motivo.
- d. Para la prueba de *calentamiento sensible*, indíquese de manera cualitativa cómo variaría el incremento de entalpía del aire frente a cambios en el caudal de aire o en la potencia disipada por el precalentador (utilizar para ello la ecuación de balance de energía en el equipo).