

DESHUMIDIFICACIÓN PARA CONTROL DE CONDENSACIÓN EN VIVIENDAS

Marcelo Gea y Graciela Lesino*

INENCO

Universidad Nacional de Salta

Calle Buenos Aires 177 - CP4400 - Salta

Tel - Fax: 54-87-255489 E-mail: geam@ciunsa.unsa.edu.ar

RESUMEN

Con los resultados del análisis global de un conjunto de viviendas con serios problemas de condensación, se plantea como solución la posibilidad de utilizar un deshumidificador con desecante. Se presenta en este escrito un estudio preliminar sobre la conveniencia de utilizar deshumidificación como alternativa energética racional frente al uso de calefacción. Se avanza en la experimentación para la determinación de las características físicas de la sílica - gel que se dispone en el medio.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El complejo habitacional de la Cooperativa Vicman de 410 viviendas está ubicado en la zona urbana de Montevideo y está constituido por bloques de 4 pisos que albergan 16 viviendas de 2 y 3 dormitorios. El conjunto está inmerso en un parque muy arbolado y en él no ha sido previsto ningún sistema de calefacción. Presenta patologías de condensación que en algunos departamentos llegan a ser muy graves.

La Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República realizó un estudio global [1] consistente en el análisis del proyecto edilicio a través de planos y observación directa, una encuesta a los usuarios y un monitoreo de situaciones críticas, complementado con una simulación computacional y termografía infrarroja.

Se encuentran los siguientes factores que favorecen la formación de condensaciones: zonas de sombra permanente debido a la conformación de los volúmenes y a la presencia de árboles de hoja perenne, una mala calidad térmica de los muros y azoteas, deficiencias en las posibilidades de ventilación y grandes superficies expuestas al exterior.

Estos elementos colocan a las viviendas en una situación límite tal, que cualquier elevación de la humedad relativa por encima de los valores normales provoca condensaciones. Las razones que producen este exceso son muy variadas y dependen del modo de vida de los habitantes de los departamentos. El problema se acentúa en invierno, ya que en Montevideo el valor medio de la humedad relativa es del 80 % y el de temperatura es de 10 °C. Por lo tanto no puede esperarse el uso de la ventilación como solución. Además se observa precariedad en los sistemas de calefacción empleados consistentes en estufas utilizadas mayoritariamente en forma intermitente, de las cuales la mitad son a gas.

SOLUCIONES POSIBLES

Existe la posibilidad de calefaccionar los ambientes para elevar la temperatura superficial de las paredes utilizando gas licuado, gas de distribución domiciliaria, kerosene o energía eléctrica. El gas y el kerosene deben descartarse ya que su combustión genera humedad. Las estufas de tiro balanceado (con gas envasado) y la energía eléctrica son soluciones caras, considerando además que las viviendas requieren un gran consumo ya que presentan una deficiente aislación térmica.

La otra posibilidad es bajar la humedad relativa del aire con desecantes. Aunque estos son usados habitualmente en climas cálidos y húmedos, en este caso, en el que los problemas son críticos en invierno, resulta favorable la elevación de la temperatura que se produce en el aire secado cuando se produce la deshumidificación adiabática ya que la energía de adsorción, próxima al calor latente de condensación, pasa al aire. Además la presión de vapor en equilibrio en el desecante a más baja temperatura es menor, por lo que su efecto de secado es mayor que en los casos de verano. En un balance global del proceso, el calor latente suministrado luego para el secado del desecante puede considerarse como útil por la razón mencionada.

En este marco teórico, el secado del aire aparece entonces como más conveniente que la calefacción. Se cuenta también con el antecedente de su uso en fábricas y depósitos en la industria metalúrgica para prevenir la corrosión de sus productos con la condensación como alternativa a la calefacción [2].

En cuanto a la regeneración del desecante, se deberán analizar dos alternativas: la regeneración por usuarios individuales o un servicio central, ya que se trata de una cooperativa. En este último caso podrá contemplarse el uso de combustibles como gas, ya que el vapor de agua generado irá al ambiente exterior o bien usar energía solar.

* Investigadora del CÓNICET

CONSIDERACIONES ENERGÉTICAS PRELIMINARES

Como se dijo, el uso de calefacción a base de energía eléctrica es una de las soluciones posibles. La cantidad de energía necesaria para prevenir la condensación puede tomarse como una referencia para la justificación y el diseño de un deshumidificador.

Para tener una idea del consumo se realizó un cálculo aproximado de la energía necesaria para calefaccionar una habitación a partir de los datos de temperatura exterior y los coeficientes de transferencia de calor. La condición que se impone es llevar la humedad relativa del aire en la superficie de la pared del 100 % al 80 %. Se utilizan los valores de temperaturas externas y superficial interior de pared medidos durante un monitoreo realizado cuando se estaba produciendo condensación.

Se elige una habitación tipo con dos paredes expuestas al exterior y se supone un sistema en régimen estacionario. La potencia empleada será:

$$\dot{Q} = A U (T_i - T_e) + n \rho c_p (T_p - T_e)$$

Donde:

U = coeficiente de transferencia complejo (pelicular interior, exterior y capas de pared)

T_i = temperatura ambiente interior

T_e = temperatura ambiente exterior

T_p = temperatura de pared interior

A = área de paredes exteriores

n = renovaciones de aire por hora

ρ = densidad del aire

c_p = calor específico del aire

Partiendo de una temperatura de rocío en la pared de 11°C y una temperatura exterior T_e = 4 °C se obtiene:

T_p = 15 °C, sin riesgo de condensación (HR = 80 %)

T_i = 17.2 °C

Potencia necesaria = 536 W

Pero la potencia entregada habitualmente por el usuario para que T_i sea de 11°C con una temperatura exterior de 4 °C resulta de 341 W. Por lo que la potencia específica para evitar la condensación es la diferencia, es decir aproximadamente 200 W durante 24 horas.

Para realizar la comparación con el gasto energético que implica la deshumidificación con desecante hay que tener en cuenta que, como los calores latentes de adsorción y desorción son similares, se puede considerar que la energía que insumirá el deshumidificador en todo el ciclo será sólo la necesaria para hacer circular el aire húmedo a través del lecho, lo que indica a priori la conveniencia de este método.

A partir de estas razones que justifican en principio la utilización de desecantes, se plantea el objetivo de diseñar una unidad portátil de deshumidificación. Para evaluar el proceso real se están realizando experiencias para obtener los parámetros de transferencia de calor y masa de manera de, mediante programas de simulación, poder optimizar el uso y la regeneración del desecante.

PROPIEDADES DEL DESECANTE

Los adsorbentes son materiales sólidos que poseen una gran área superficial interna por unidad de masa. Su estructura es esponjosa y rígida. Su capacidad de adsorción de humedad depende de la diferencia de presión de vapor o de concentración de agua entre su superficie y el aire. Esto puede ser expresado como:

$$dm/dt = K_m (C_a - C_e)$$

m = masa de agua adsorbida

t = tiempo de adsorción

C_a = concentración de vapor de agua en el aire (masa de agua por unidad de volumen de aire)

C_e = concentración de vapor de agua en el aire en equilibrio con el adsorbente (depende de m)

K_m = coeficiente de transferencia de masa

La primera etapa del diseño del deshumidificador consiste en en la realización de un modelo teórico y experimental de la adsorción en el lecho. El adsorbente elegido es la sílica - gel que es el que se usa normalmente y se dispone con facilidad y relativo bajo costo.

Se preparó un equipo experimental consistente en un conducto donde se encuentra el lecho poroso. Desde un extremo un ventilador de velocidad variable succiona el aire que entra por el otro extremo donde se ubica un vaporizador [fig. 1]. Se miden la humedad relativa y la temperatura en la entrada y la salida del lecho, la caída de presión, el tiempo y el peso del adsorbente antes y después del ensayo.

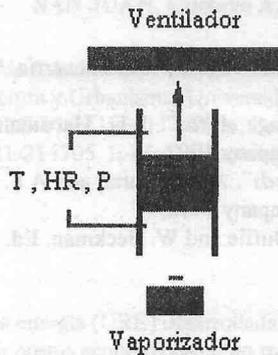


Fig. 1. Esquema experimental

Estos datos y las características físicas del desecante se ingresan a un programa de cálculo en diferencias finitas que para la i -ésima capa del lecho de espesor Δl y el j -ésimo intervalo de tiempo Δt tiene el siguiente algoritmo:

$$Ca(i, j) = Ca(i, j - 1) - \Delta m(i - 1, j) \delta / (m \Delta t)$$

$$Ce(i, j) = Ce(i, j - 1) + f((m + \Delta m(i, j - 1)) / m)$$

$$\Delta m(i, j) = Km(Ca(i, j) - Ce(i, j)) \Delta t$$

Donde f es la función que relaciona la fracción de masa adsorbida w , con la humedad relativa (HR) de equilibrio y la concentración de vapor para esa humedad relativa. La expresión usada para la curva de equilibrio para la sílica gel [3] es:

$$HR = 0,078 - 0,060 w + 24,16 w^2 - 124,48 w^3 + 204,22 w^4$$

Se tomaron como condiciones de borde para el cálculo $Ca(1, j)$, que es la concentración de vapor en el aire a la entrada y $Ce(i, 1)$ que es la concentración de equilibrio inicial del desecante y se supuso una distribución lineal de la temperatura a lo largo del lecho.

Otras correlaciones usadas en el programa de cálculo son las siguientes:

Caída de presión Δp y la velocidad másica por unidad de área Go es [4]:

$$\Delta p = L Go^2 / \rho D (1 - \epsilon) \alpha / \epsilon^{3/2} [4,74 + 16 (1 - \epsilon) \alpha / \epsilon^{3/2} \mu / Go D]$$

- L = longitud del lecho
- D = diámetro medio del grano
- ρ = densidad del aire
- ϵ = porosidad
- α = factor de forma
- μ = viscosidad dinámica

Presión de saturación en función de la temperatura:

$$Psat = \exp(23,5613 - 4032 / (235 + T))$$

Fracción de masa de vapor de agua en el aire:

$$F = 0,622 HR Psat(T) / (Ptotal - 0,378 Hr Psat(T))$$

CONCLUSIONES

El resultado del estudio preliminar sobre la factibilidad de utilizar deshumidificador con desecante para prevenir condensaciones como alternativa a la calefacción, justifica la prosecución de las etapas de diseño, experimentación y puesta a punto de una unidad portátil de deshumidificación y de la optimización de la regeneración del desecante.

REFERENCIAS

- [1] "Patologías de Condensación en Viviendas Colectivas". C. Echeverría, C. Martínez, M. Gea, G. Lesino. Actas Reunión ADADES 1995.
- [2] "Prevention of Metallic Corrosion in Storage Areas". L.G. Harriman III. Desiccant Cooling and Dehumidification. ASHRAE . Ed. Lew Larriman. Mason Grant Company 1992.
- [3] "Moisture Transport in Silica Gel Packed Beds". A.A. Peraran and A.F. Mills. Desiccant Cooling and Dehumidification. ASHRAE . Ed. Lew Larriman. Mason Grant Company 1992.
- [4] "Solar Engineering of Thermal Process". J. Duffie and W. Beckman. Ed. John Wiley. 1991

PROPIEDADES DEL DESECANTE

El desecante utilizado es un tipo de sílice activa que posee una gran capacidad de absorción de vapor de agua y una gran capacidad de regeneración. Este tipo de desecante es muy adecuado para el uso en sistemas de climatización de edificios y en procesos industriales.

Las propiedades físicas y químicas de este tipo de desecante son:

- Capacidad de absorción de vapor de agua: 20-30%.
- Capacidad de regeneración: 10-15%.
- Punto de ebullición: 100°C.
- Punto de fusión: 170°C.
- Densidad: 1,2 g/cm³.
- Área superficial: 300-400 m²/g.
- Porosidad: 40-50%.
- Resistencia mecánica: 10-15 N/cm².
- Resistencia química: Resistente a la mayoría de los ácidos y álcalis.
- Resistencia térmica: Resistente a temperaturas hasta 200°C.