

## DETERMINACION DE LAS MAGNITUDES SICROMETRICAS DE MATERIALES PARA REFRESCAMIENTO EVAPORATIVO \*

Juan C. Marchioli, Alberto D. Fernández, Luis A. Romero  
INENCO - Catamarca

Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCA  
Maximio Victoria 55 - CP 4700 - Catamarca - Tel-Fax (0833) 35112 - Idherrer @catam.unca.edu.ar

Walter E. Herrera  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UNCA  
Av. Belgrano 300 - 4700 - Catamarca

Graciela Lessino °  
INENCO - Univ. Nac. de Salta  
Bs.As. 177 - 4400 - Salta

### RESUMEN

En el presente trabajo, se evalúan las magnitudes sicrométricas intervinientes en la zona lineal de evaporación, zona de trabajo de los sistemas de refrescamiento evaporativo, para las baldosas de tabique, las baldosas cerámicas y la tela de arpillera, con sus respectivas curvas de ajuste al modelo matemático propuesto, para determinar la masa de agua evaporada por unidad de tiempo, determinando las constantes características de los tres materiales, se presenta también una tabla con los valores de las magnitudes sicrométricas en el proceso evaporativo, sentando las bases para el diseño de equipos de refrescamiento evaporativo para espacios cerrados.-

### INTRODUCCION

En un trabajo anterior (1) se determinó para la evaporación forzada de agua en una muestra humidificable la relación masa de agua evaporada - tiempo transcurrido, sin reposición de agua al sistema, tomando como parámetro la velocidad del aire, se encontró una primera zona lineal, con velocidad de evaporación constante (2), con mayor definición en la baldosa de tabique, la baldosa cerámica y la tela de arpillera, materiales ensayados en este trabajo.

Es de interés estudiar minuciosamente, el comportamiento de los materiales en esta primera zona lineal, considerando que es la zona de trabajo de los sistemas de refrescamiento evaporativo.

Para realizar los ensayos se utilizó el túnel de viento presentado en otro trabajo (3), utilizando como parámetro la velocidad del aire circulando tangencialmente, para determinar su influencia en las funciones sicrométricas de los procesos.

### DESCRIPCION DEL METODO

Para acentuar las magnitudes intervinientes, se montó un dispositivo solidario con el sistema de pesada de sección transversal de (10 x 60) cm., reduciendo el caudal de aire en contacto con la muestra, midiendo: el peso de agua evaporada, las temperaturas con termocuplas cobre-constantán y las humedades con medidores marca Vaisala Modelo HMP 35 D, con una apreciación de  $\pm 2\%$  de humedad relativa.-

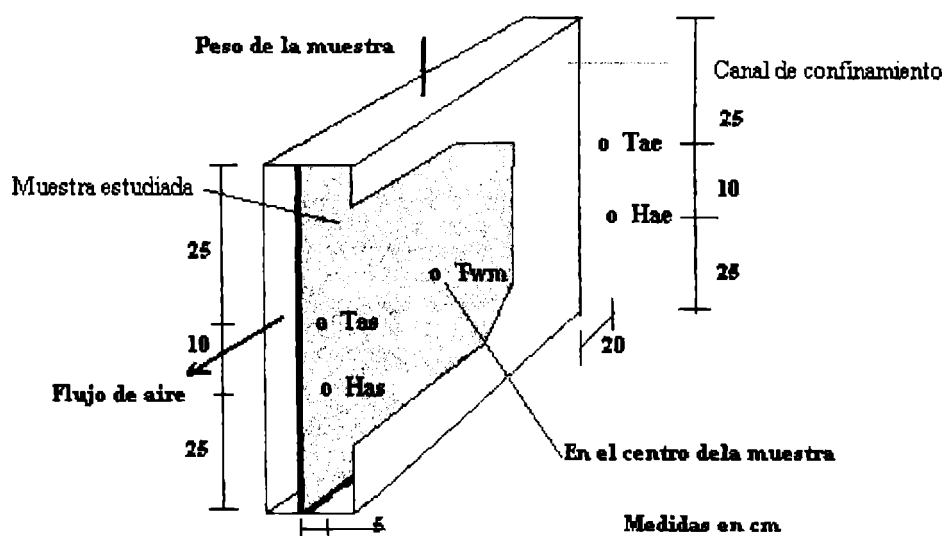


Fig. 1 - Ubicación de los sensores de las magnitudes medidas.

\* Parcialmente financiado por  
SEDECYT - UNCA

° Miembro de carrera del CONICET

$v_a$  = velocidad del aire en [m/s]

$T_{ae} - T_{as}$  = temperatura de aire de entrada - salida en [°C]

$T_{wm}$  = temperatura del agua en la muestra en [°C]

$H_{ae} - H_{as}$  = humedad relativa del aire de entrada - salida en [%]

$\Delta m_w$  = agua evaporada medida en forma directa en [Kg/s]

### MAGNITUDES SICROMETRICAS

A continuación se presenta la nomenclatura de las magnitudes principales intervinientes en los cálculos.

$K$  = constante evaporativa en [ Kg/ s (m/s) m<sup>2</sup>]

$B$  = exponente de la velocidad del aire

$A$  = superficie mojada de la muestra en [m<sup>2</sup>]

$W_{sw}$  = humedad específica de un aire saturado a la temperatura del agua en la muestra en [Kg/Kg a.s.]

$W$  = humedad específica media del aire en [Kg/Kg a.s.]

$Q_{lat}$  = calor latente, calculado a partir del agua evaporada [KJ/s]

A partir de las magnitudes medidas, empleando fórmulas conocidas y adaptando otras a las condiciones de nuestro estudio (4), se determinaron las constantes evaporativas ( $B$  y  $K$ ) que participan en el modelo matemático propuesto:

$$\Delta m_w = K \cdot v_a^B \cdot A (W_{sw} - W)$$

Para deducir dichas constantes se aplica logaritmo natural, y se realiza una regresión lineal.

$$\ln \Delta m_w = B \cdot \ln v_a + \ln [ K \cdot A (W_{sw} - W) ]$$

$$y = B \cdot x + C$$

$$\text{ant } \ln C = K \cdot A (W_{sw} - W)$$

$$K = \frac{\text{ant } \ln C}{A (W_{sw} - W)}$$

El refrescamiento producido por la muestra, se calcula con la siguiente expresión:  $Q_{lat} = 2.501 \cdot \Delta m_w$

Las magnitudes y los resultados obtenidos se indican en la Tabla 1.

### PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

De los tres materiales ensayados, se muestra a modo de ejemplo la regresión lineal de las baldosas de cerámica, donde se observa la notable concordancia entre los valores medidos y la recta de ajuste.

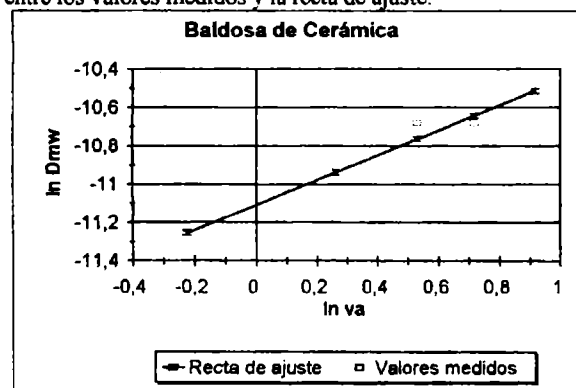


Gráfico N° 1 - Baldosas Cerámicas

Como se consideró que resultan más ilustrativos, se muestran los valores medidos comparados con las curvas de ajuste calculadas con el modelo matemático propuesto empleando las constantes deducidas, todo para dos materiales.

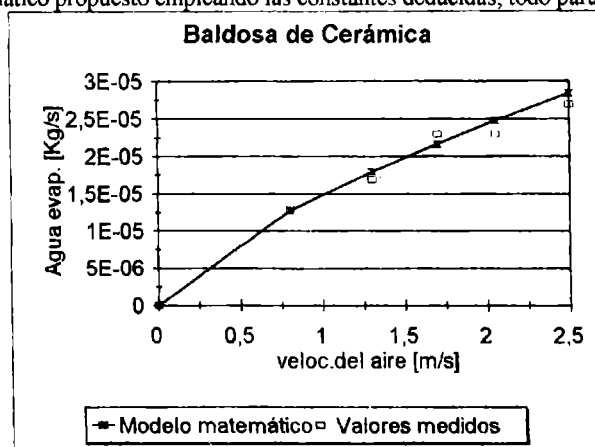


Gráfico N° 2 - Comparación valor medido - curva de ajuste  
Baldosa de Cerámica

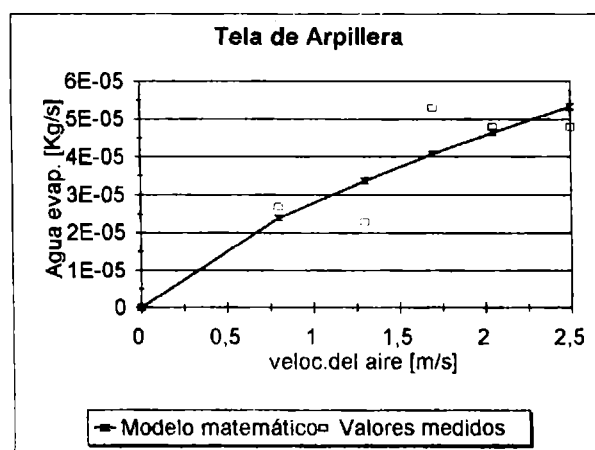


Gráfico N° 3 - Comparación valor medido - curva de ajuste  
Tela de Arpillera

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como puede apreciarse, la fórmula deducida se ajusta notablemente para los dos materiales cerámicos, presentando cierta dispersión para la tela arpillera concordante con la vaga definición de la zona lineal de evaporación de este material.

Con respecto al exponente B, su valor concuerda precisamente con el valor 0,8 estimado por algunos autores (2), y en relación con la constante K puede apreciarse que cuanto mayor es su valor, mayor es el refrescamiento evaporativo que produce el material correspondiente, en nuestro caso a la tela de arpillera con  $K = 0,0082$ .

## CONCLUSIONES

El método experimental propuesto, las fórmulas presentadas y las constantes deducidas, permiten sentar las bases para el diseño de equipos evaporativos para refrescamiento de espacios cerrados.-

## REFERENCIAS

- (1) J.C.Marchioli, A.D. Fernández, L.A. Romero et-al Determinación de los parámetros higrotérmicos de superficies para refrescamiento - Actas de ASADES - Rosario 1994.-
- (2) Dr. Ing. Friedrich Kneule. El Secado - Ed. URMOS.A. De Ediciones.-
- (3) J.C. Marchioli, A.D. Fernández, L.A. Romero et-al Construcción, Calibración y Ensayo de un túnel de viento para estudiar el comportamiento de superficies para refrescamiento - Actas de ASADES - Mar del Plata 1996.-
- (4) José Manuel Pinazo Ojer - Manual de climatización Tomo I : Transformaciones Psicrométricas - Universidad Politécnica de Valencia.-

material	va	1ae	Tas	Twm	Hae	Has	Dmw.	Pvs.ae	Pvs.as	Pvs.w	Wae	Was	W	A	Wsw	In Dmw	In va	B	C	ant ln C	K
	[m <sup>3</sup> /s]	[°C]	[°C]	[°C]	[%]	[%]	[Kg/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Kg/Kg as]	[Kg/Kg as]	[Kg/Kg as]	[m <sup>2</sup> ]	[Kg/Kg as]						[Kg/(m <sup>3</sup> s)jm <sup>2</sup> ]
Baldosa	0,00	16,6	15,3	15,3	50,8	61,1	00,0	1888,9	1738,3	1738,3	0,0059	0,0066	0,00627	0,72	0,0109	-11,5	-0,2	0,811	-11,287	0,000013	0,0044
de	0,80	15,1	14,3	14,3	57,7	62,5	10,0	1715,8	1608,5	1629,8	0,0061	0,0062	0,00619	0,72	0,0102	-11,0	0,3	0,811	-11,287	0,000013	0,0043
tabique	1,30	15,2	14,2	14,4	55,0	59,9	17,0	1727,1	1619,1	1604,5	0,0059	0,0060	0,00595	0,72	0,0100	-10,9	0,5	0,811	-11,287	0,000013	0,0038
	2,05	15,7	14,6	14,8	50,0	55,0	22,0	1783,5	1661,8	1683,2	0,0055	0,0057	0,00559	0,72	0,0105	-10,7	0,7	0,811	-11,287	0,000013	0,0035
	2,50	16,0	14,9	15,1	48,6	53,4	26,0	1817,3	1693,8	1715,8	0,0055	0,0056	0,00554	0,72	0,0107	-10,8	0,9	0,811	-11,287	0,000013	0,0034
																					0,0039
Baldosa	0,00	16,2	14,9	17,9	46,9	67,5	00,0	1841,9	1693,8	1949,3	0,0053	0,0071	0,00622	0,72	0,0122	-11,3	-0,2	0,650	-11,109	0,000015	0,0036
de	0,80	17,9	17,1	16,9	49,0	51,8	13,0	2050,2	1949,3	1924,8	0,0062	0,0063	0,00624	0,72	0,0120	-11,0	0,3	0,650	-11,109	0,000015	0,0034
ceramica	1,30	18,6	17,8	17,6	48,1	50,7	17,0	2142,8	2037,6	2012,4	0,0064	0,0064	0,00640	0,72	0,0128	-10,7	0,5	0,650	-11,109	0,000015	0,0032
	1,70	19,0	18,3	18,1	47,8	49,6	23,0	2196,2	2102,8	2076,1	0,0085	0,0065	0,00649	0,72	0,0130	-10,7	0,7	0,650	-11,109	0,000015	0,0031
	2,05	19,2	18,6	18,4	48,0	49,1	23,0	2224,4	2142,8	2116,2	0,0066	0,0065	0,00658	0,72	0,0133	-10,7	0,7	0,650	-11,109	0,000015	0,0030
	2,50	19,6	18,9	18,8	48,0	49,0	27,0	2280,7	2182,8	2169,5	0,0088	0,0066	0,00671	0,72	0,0136	-10,5	0,9	0,650	-11,109	0,000015	0,0033
Tela	0,00	17,5	16,4	16,6	54,9	62,5	00,0	1999,7	1865,1	1888,9	0,0068	0,0072	0,00703	0,72	0,0118	-10,5	-0,2	0,666	-10,480	0,000028	0,0086
arpillera	0,80	18,0	16,9	16,1	54,0	58,0	27,0	2062,8	1924,8	1829,2	0,0069	0,0069	0,00692	0,72	0,0114	-10,7	0,3	0,666	-10,480	0,000028	0,0085
	1,30	18,2	17,1	16,3	54,0	58,1	23,0	2089,5	1949,3	1853,1	0,0070	0,0070	0,00702	0,72	0,0116	-9,8	0,5	0,666	-10,480	0,000028	0,0081
	1,70	18,4	17,6	16,7	54,0	56,2	53,0	2116,2	2012,4	1900,9	0,0071	0,0070	0,00706	0,72	0,0119	-9,9	0,7	0,666	-10,480	0,000028	0,0079
	2,05	18,4	17,6	16,8	54,1	56,1	48,0	2116,2	2012,4	1912,8	0,0071	0,0070	0,00706	0,72	0,0120	-9,9	0,9	0,666	-10,480	0,000028	0,0080
	2,50	18,3	17,6	16,8	55,0	56,4	48,0	2102,8	2012,4	1912,8	0,0072	0,0070	0,00711	0,72	0,0120	-9,9	0,9	0,666	-10,480	0,000028	0,0082

Tabla N°1 - MAGNITUDES INTERVINIENTES EN LOS CALCULOS