

**EL VIENTO EN LOS EDIFICIOS.  
CONCLUSIONES FINALES.**

Jorge Luis Guerrero y Claudia Rita Moreno.  
C.E.V.Eq.U. Depto. de Construcciones - Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional del Comahue  
Buenos Aires 1400 - (8300) Neuquén  
Telefax: 099-490356 - E-mail cevequ@uncoma.edu.ar

**RESUMEN.**

Se transcriben en este trabajo los resultados experimentales de un proyecto de investigación que duró varios años en su ejecución. Se muestra así el valor que adquiere la capa límite superficial de los edificios en función del viento reinante y así poder actualizar los sistemas de evaluación considerados en el presente. Resulta notoria la discrepancia con comportamientos descriptos anteriormente y sus valores.

**INTRODUCCIÓN.**

En la envolvente edilicia, la transferencia de calor por convección es un fenómeno exclusivamente superficial, es decir, que la parte del sector de envolvente comprendida entre las superficies interiores y exteriores no interviene en el proceso. Luego, se tendrán dos calores transferidos por convección en la capa límite de aire que rodea a los cuerpos de una envolvente edilicia; uno en la superficie interior y otro en la exterior.

**ANÁLISIS DE LOS VÍNCULOS.**

Teniendo presente las relaciones adimensionales en uso:

$$Nu = \alpha l / \lambda_f \quad y \quad Re = lv / \gamma$$

Si  $Nu$  y  $Re$  permanecen constantes, detalle que se cuida en la experimentación, resulta que la conductividad de la capa límite en la realidad  $\alpha_r$  responderá a la siguiente expresión:

$$\alpha_r l_r / \lambda_f = Nu = \alpha l / \lambda_f \quad , \text{ o lo que es lo mismo } \alpha_r = \alpha l / l_r$$

dado que no cambia la conductividad térmica del aire entre el experimento y la situación real.

La longitud en la realidad  $l_r$ , tomada en sentido horizontal, estaría dada por la siguiente expresión:

$$l_r v_r / \gamma = Re = lv / \gamma, \text{ o lo que es lo mismo } l_r = lv / v_r$$

dado que no cambia la viscosidad cinemática del aire entre el experimento y la situación real.

Uniendo ambas expresiones se tiene que  $\alpha_r = \alpha v_r / v$ , o bien la resistencia de la capa límite resulta  $R_r = v.R / v_r$ , observándose que no depende de la longitud característica ni de la muestra ni de la superficie real.

**MEDICIONES.**

En las mediciones se tuvo especial cuidado de que el sistema mantuviera su estabilidad, además de conservar las propiedades del flujo de aire. No obstante, si bien las mediciones fueron más de 600 tan sólo menos de 400 no arrojan algún inconveniente o duda. El tiempo empleado en las mismas fue grande así como el empleado en la elaboración de datos.

**INCERTEZA FINAL DE CADA MEDICIÓN.**

La incertidumbre en los datos de medición en general fue de  $0,005 \text{ m}^2\text{C/W}$ , sólo en 11 casos se superó este valor siendo la máxima de  $0,009 \text{ m}^2\text{C/W}$ . La expresión usada para hallarla en cada medición es la siguiente:

Recordando que las incertezas de los parámetros medidos es :

$$\Delta L=0.00005 \text{ m}; \Delta T=0.05 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta I=0.00005 \text{ A}; \Delta V=0.005 \text{ V y } \Delta V=0.005 \text{ m/s}$$

y que la expresión general de la resistencia de la capa límite es:

$$R = \pi \cdot L^2 \cdot (T_p - T_a) / 4 \cdot V \cdot I$$

Resulta que la incerteza de la resistencia.

$$\Delta R = (\Delta N \cdot V \cdot I + \Delta D \cdot S \cdot (T_p - T_a)) / (V \cdot I)^2$$

y la incerteza total de la medición.

$$\Delta = \Delta V + \Delta R$$

#### **FUNCIÓN DE APROXIMACIÓN.**

A los puntos medidos se los aproximó con una función. Visto el aspecto que presenta la distribución de la resistencia con la velocidad del viento, la función que aparentemente más los aproxima es una exponencial del tipo:

$$R = A \cdot e^{-B \cdot V}$$

donde en función de los valores medidos al origen:

$$A = 0,079 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

y en función de los valores medidos para velocidades del viento del orden de 7 m/s :

$$B = (\ln 0.079 - \ln 0.0001) / 7 \approx 1 \text{ s/m.}$$

de esta manera quedó configurada la función de aproximación:

$$R = 0,079 e^{-V} \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

la correlación lineal de los resultados de esta función con el valor de los puntos medidos, para las mismas velocidades del viento, resulta muy buena:

$$r = 0,9$$

aunque sus valores resultan un poco superiores a los medidos

Consecuentemente se dividió la función por la pendiente de la recta, conservándose la alta correlación. Así resultó la función:

$$R = 0,076 e^{-V} \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

No obstante en esta nueva recta de regresión el origen no posee cero como ordenada, esto hace necesario una segunda corrección que simplemente es restar la ordenada al origen de la recta. Resulta así la versión final de la función de aproximación cuya recta de regresión entre sus resultados y los datos medidos tiene una pendiente igual a uno y un origen en cero de ambas coordenadas. La función es:

$$R = 0,076 \cdot e^{-V} + 0.001 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Por otra parte se ha observado que la resistencia de la capa límite no guarda dependencia alguna con la dirección en que el viento incide, incluso a muy bajas velocidades, y sólo es sensible a la pendiente de la superficie cuando la esta velocidad es nula. En este último caso los resultados se pueden aproximar con la siguiente función.

$$R_0 = 0.077 + 0.01 \cdot \cos s \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

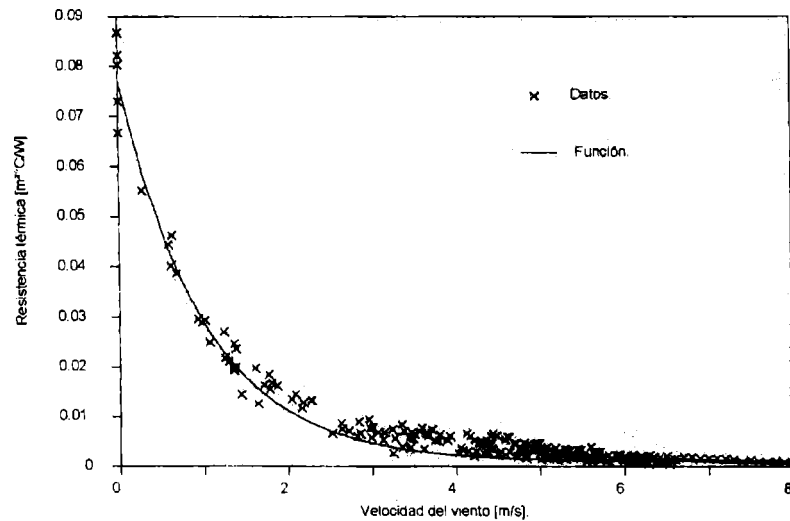
Función que puede emplearse para la capa límite interior.

## ERROR ENTRE LOS DATOS Y LA FUNCIÓN DE APROXIMACIÓN.

Fue hallada la diferencia entre cada dato y el valor de la función de aproximación para esa misma velocidad del viento. En todas las mediciones este error no fue superior a la incertidumbre del dato. El valor máximo de error fue de 0.004961 que comparado con la incertidumbre máxima que es de 0.0096 resulta muy inferior. Es decir que la función aproxima en forma total a los datos con sus incertezas.

## CONCLUSIONES.

De esta manera se obtuvo una función contrastada a través de mediciones en el fenómeno que permite corregir los modelos de simulación que las emplean. Cabe aquí hacer notar que más allá de los 8 m/s la capa límite no posee una resistencia térmica apreciable para ser considerada en una simulación. Esta velocidad del orden de los 29 km/h no sólo es característica de las regiones ventosas sino de la mayor parte del país.



En la figura se muestran graficadas las conclusiones de este proyecto y la expresión más cercana.

La sospecha de esta particularidad en realidad apareció mucho antes cuando se consideraba, por ejemplo, el inexplicable comportamiento de la aislación térmica de la cubierta de colectores térmicos solares.

Es menester hacer notar que cuando las velocidades del viento son superiores a 4,2 m/s el valor de la resistencia térmica de la capa límite medido es similar al de la incertidumbre que este parámetro tiene al ser medido, con lo que resultaría aventurado otorgar validez a los mismos.

Los modelos de simulación de edificios o de otros equipamientos térmicos expuestos a la intemperie cometen una equivocación al considerar esta resistencia como un valor fijo, como si no hubiese viento, también la cometen aquellos modelos que emplean la relación enunciada en la década del 50 por W. Mc Adams, que presenta una diferencia notable con lo obtenido y fue empleado ampliamente.

## NOMENCLATURA.

l	longitud [m].
v	velocidad [m/s].
s	pendiente [°].
$\alpha$	coeficiente de transmisión superficial del calor [W/m².K].
$\gamma$	viscosidad cinemática (m/r) [m²/s].
$\lambda$	conductividad térmica [W.m/K].

### Subíndices

f	fluido.
r	situación real.

## REFERENCIAS

- P. W. O'Callaghan - Building For Energy Conservation. Pergamon Press - First Edition 1978
- Brun, Martinot, Lagarde, Mathieu - Mecánica De Los Fluidos. Editorial Labor S.A - Primera Edición 1980
- Hermann Schlichting - Teoría De La Capa Límite. Ediciones Urmo - Quinta Edición 1972
- Isachenco, Osipova, Sukomel -Transmisión De Calor. Marcombo S.A. De Boixareu Editores - 1973
- Mataix, Claudio - Mecánica De Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Harla, México - Segunda Edición
- Williams Mc Adams .Transmisión Del Calor. Mc Graw Hill.
- J. L. Guerrero, E. Rosenfeld, O. R. Ravella, N. Giménez. Modelo Energético para el Programa C. E. S. A. D. (Conjunto con Energía Solar de Alta Densidad). Actas de la 5<sup>ta</sup>. Reunión de Trabajo de A.S.A.D.E.S., Córdoba, Julio de 1979.).
- J. L. Guerrero, C. Díscoli, E. Rosenfeld, O. R. Ravella, C. Ferreiro. Prototipo Experimental de La Plata: Primera Campaña De Habitabilidad y Comportamiento Energético. Actas de la IX Reunión de Trabajo de A. S. A. D. E. S., San Juan. Octubre de 1984.
- L. Guerrero . Método de Diseño Energético. Actas de la XVI Reunión de Trabajo de la A. S. A. D. E. S. La Plata, Prov. de Buenos Aires. Diciembre de 1993.
- Jorge Luis Guerrero y Claudia Rita Moreno. El Viento en los Edificios. Estado de avance. Actas de la XVIII Reunión de Trabajo de la A. S. A. D. E. S. San Luis. Octubre de 1975.