



## COMPARACIÓN DE LOS COEFICIENTES CONVECTIVOS $h$ PRODUCIDOS POR EL VIENTO SOBRE UN REFUGIO EN PAYOGASTA.

Irene De Paul  
UNSa - INENCO#  
Av. Bolivia 5150 - 4400 Salta  
TE: 87-255424  
E-mail: depaul@unsa.edu.ar

**RESUMEN.** Se realizó una nueva campaña de medidas sobre un refugio de la UNSa en Payogasta con el fin de analizar las características de la disipación térmica por acción del viento y confirmar o no los resultados obtenidos en una anterior. En la primera se comprobó que la presencia de la vivienda modifica los valores de velocidad del viento respecto de los medidos en una estación alejada, lo que a su vez, modifica los coeficientes de transferencia convectiva  $h$ . Se midió la velocidad del viento sobre las paredes y techo de la vivienda, así como en un puesto fijo alejado que se tomó como referencia. Se muestran los valores de velocidad y dirección predominantes en la segunda campaña, así como los coeficientes  $h$ . La comparación de ambas series de medida muestran que la energía perdida por convección se puede sobreestimar hasta un 70% si se emplean los valores de velocidad medidos en la estación lejana.

**Palabras clave.** Disipación térmica, viento, coeficiente de transferencia térmica  $h$ .

### INTRODUCCION

La disipación térmica por acción del viento sobre distintas estructuras se calcula a partir de la relación  $h=5,7+3,8\bullet V$ , donde  $V$  es la velocidad media del viento en m/s y  $h$  resulta en  $W/m^2\bullet C$ . En un trabajo anterior señalamos que normalmente los valores de  $V$  se obtienen de datos meteorológicos de estaciones próximas, pero que, teniendo en cuenta que la presencia de estructuras modifican fuertemente el flujo, los valores de  $h$  que realmente actúan sobre ella pueden cambiar drásticamente [Burmeister, 1983; Carvalho, J. L., Borges, A. R. J., 1998]. Las primeras medidas realizadas en mayo de 2004 sobre el refugio de la UNSa en Payogasta confirmaron esta hipótesis, mostrando que los coeficientes  $h$  que se miden sobre una vivienda son menores que los que se obtienen a partir de medidas realizadas en un puesto lejano tomado como referencia, estimándose que se puede sobreestimar las pérdidas térmicas convectivas hasta en un 60% si se emplean estos últimos valores [De Paul, I. "Disipación Térmica Convectiva Por Acción del Viento Sobre una Vivienda" Presentado en ASADES 2004].

En septiembre del mismo año se realizó una segunda campaña de medidas con el fin de comprobar si los resultados obtenidos se repetían en otra época del año. En el presente trabajo se muestran los resultados de esta campaña que confirman las observaciones anteriores y se comparan las características del viento y los coeficientes de transferencia térmica  $h$  obtenidos sobre cada superficie y en el puesto de referencia en ambas campañas.

### CONDICIONES DE LAS MEDIDAS

A los efectos la completitud del presente trabajo, se repite la descripción del lugar y de las condiciones de medidas realizada en el trabajo anterior. La vivienda se encuentra emplazada en la localidad de El Quipón, próxima a Payogasta, a 147 km al OSO de la ciudad de Salta, a 2410m de altura snm, en un cañadón orientado en la dirección este-oeste que desemboca sobre el río Calchaquí. Las barrancas laterales tienen una altura que varía desde los 8m al norte hasta unos 20m al sur, constituyendo un cañón natural de unos 90m de ancho y 400m de largo, en cuyo extremo Este está emplazado el refugio. La campaña se realizó entre el 15 y el 19 de septiembre de 2004.

Las medidas de viento se hicieron empleando cinco termoanemómetros manuales TSI de hilo caliente, direccionales, con una frecuencia de medida de  $1\ s^{-1}$ , y una constante de tiempo de 10 s sobre la cual promedia las medidas, lo que permite tener una precisión en la velocidad de 0,01 m/s y en la temperatura de 0,1°C. El soft del instrumento permite tener valores instantáneos, así como valores promedios, máximos y mínimos sobre el intervalo de medida. Los anemómetros, numerados de 1 a 5, fueron colocados en las aberturas de las ventanas del refugio, cuya planta se muestra en la Figura 1, a una altura de 1,40m sobre el piso, a 0,30m de la superficie de las paredes y a 0,15m sobre la cumbre del techo, en la zona media de cada superficie y orientados de manera de captar la componente tangencial a las superficies de la velocidad del viento

---

# Instituto UNSa - CONICET

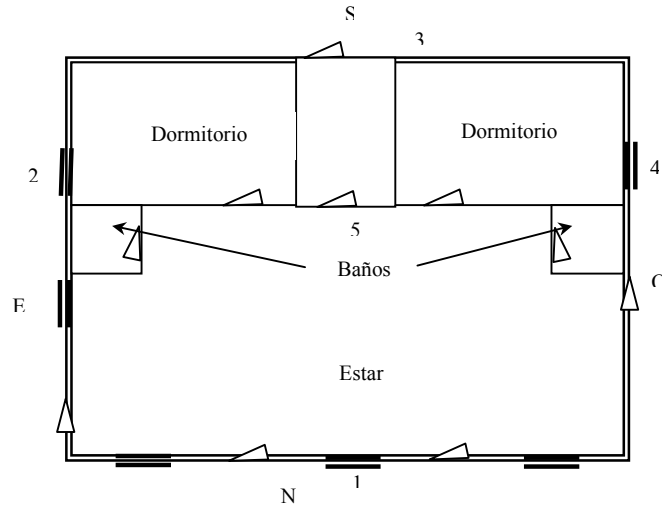


Figura 1. Esquema de la planta de la vivienda y posición de los anemómetros.

En la cara Sur que no tiene ventanas, se montó el anemómetro sobre un soporte en la misma posición que los restantes (Figura 2). Por ser manuales, las lecturas no son simultáneas, representando cada serie de medidas las condiciones características en intervalos de 13 minutos, que fue el tiempo que se empleó en hacer las medidas en todos los instrumentos.

Para realizar las medidas de referencia se empleó un anemómetro de cazoleta NRG con veleta colocado en un soporte fijo a 3m de altura, a una distancia de 30m hacia el oeste del refugio, que registra velocidad y dirección del viento (Figura 3). El intervalo de muestreo es de 2s y el instrumento guarda los valores promedios y desviación standard en intervalos de 10 minutos. Se empleó un termoanemómetro para medir temperatura a una altura de 1,80m.



Figura 2. Posición del anemómetro 3, sobre la pared Sur.



Figura 3. Anemómetro de referencia y veleta. Se observa la pared oeste del refugio y parte de la barranca Sur.

### COMPARACIÓN DE MEDIDAS EN EL PUESTO DE REFERENCIA

Las figuras 4 y 5 muestran las medidas de velocidad promedio en el puesto de referencia correspondientes a los meses de mayo y septiembre de 2004. Se observa que en mayo hubo ráfagas superiores a los 6 m/s con valores predominantes entre 1 y 1,5 m/s, mientras que en septiembre, si bien no se registraron ráfagas tan fuertes, el porcentaje de registros con velocidades superiores a los

4 m/s es mayor: 13.7% en septiembre contra 8% en mayo; el rango de velocidades predominantes se encuentra en valores bajos: entre 0 y 1 m/s. También se observa claramente que la hora en que se producen los vientos más fuertes es alrededor de las 17hs.

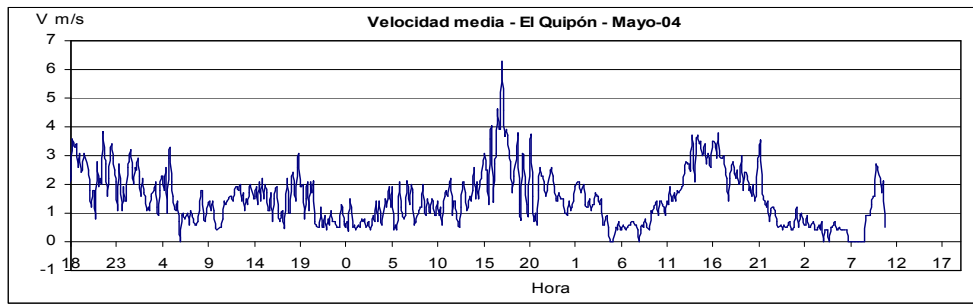


Figura 4. Velocidad media en el intervalo de muestreo, en el puesto de referencia, mes de mayo.

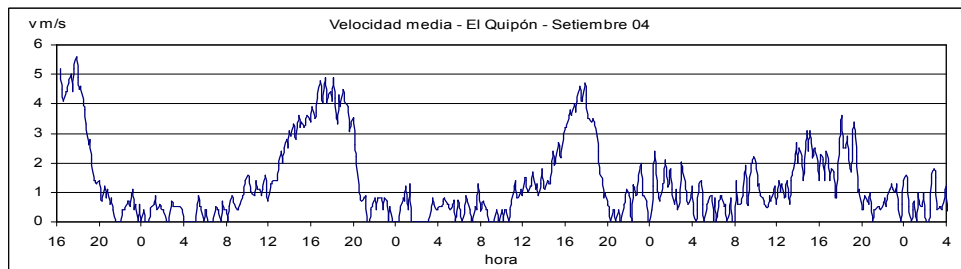


Figura 5. Velocidad media en el intervalo de muestreo, en el puesto de referencia, mes de setiembre.

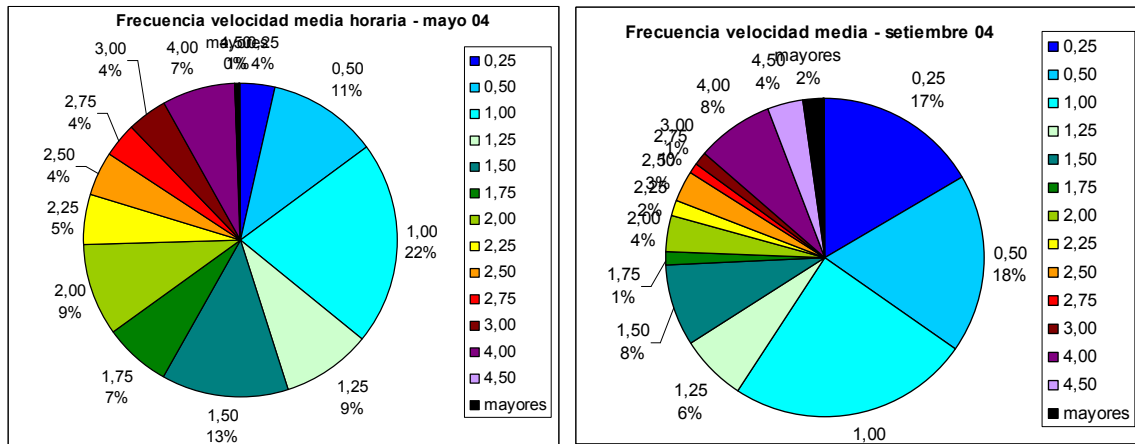


Figura 6. Frecuencia de velocidad en el puesto de referencia a) mes de mayo y b) mes de setiembre.

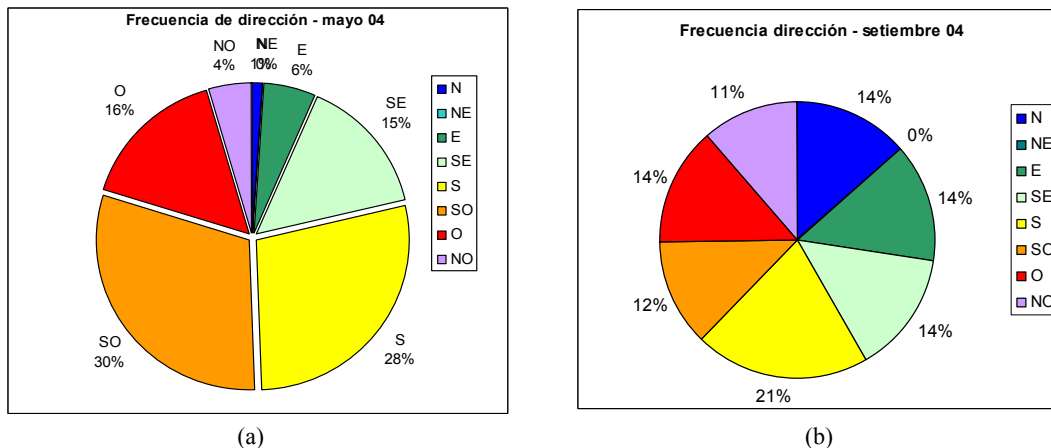


Figura 7. Frecuencia de dirección en el puesto de referencia a) mes de mayo y b) mes de setiembre.

El análisis del gráfico de frecuencia de la dirección de los vientos también muestra diferencias: mientras en mayo la dirección predominante fue claramente S – SO, en septiembre, si bien la dirección ligeramente predominante fue Sur, los vientos soplaron desde todas las direcciones prácticamente con la misma frecuencia.

### MEDIDAS SOBRE LAS PAREDES

En la Tabla 1 se muestran los promedios diarios de velocidad medidos sobre las superficies de paredes y techo y se comparan con los valores correspondientes a las medidas realizadas en el puesto de referencia. Se observa que los valores sobre las paredes son similares tanto en mayo como en septiembre, mientras que los promedios correspondientes al techo son algo mayores en el mes de mayo. Para ambas campañas de medida los valores medidos sobre paredes y techo son significativamente menores que los obtenidos en el puesto de referencia, mostrándose este efecto como algo sistemático.

Promedios diarios		Velocidad media m/s					
		puesto fijo	pared norte	pared este	pared oeste	pared sur	techo
Mayo 04	21/05/04	1,44	0,49	0,41	0,50	0,57	0,62
	22/05/04	2,13	0,65	0,44	0,64	0,53	1,04
	23/05/04	2,10	0,46	0,53	0,51	0,68	1,33
	24/05/04	1,30	0,17	0,38	0,45	0,71	0,72
Setiembre 04	16/09/04	2,51	0,50	0,48	0,56	0,72	0,92
	17/09/04	2,03	0,38	0,40	0,56	0,54	0,75
	18/09/04	1,77	0,46	0,45	0,65	0,57	0,97
	19/09/04	0,83	0,38	0,25	0,17	0,22	0,52

Tabla 1. Velocidad promedio diaria en las paredes de la vivienda y el puesto de referencia.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

Desde el punto de vista de la transferencia térmica lo que interesa conocer es el coeficiente convectivo  $h$  que realmente actúa sobre la vivienda. Este se calculó a partir de la relación recomendada  $h=5,7+3,8 \bullet V$ , empleando los valores de velocidad medidos sobre las paredes, y se lo comparó con los obtenidos empleando las medidas de velocidad del puesto de referencia. Los resultados se muestran en la figura 8.

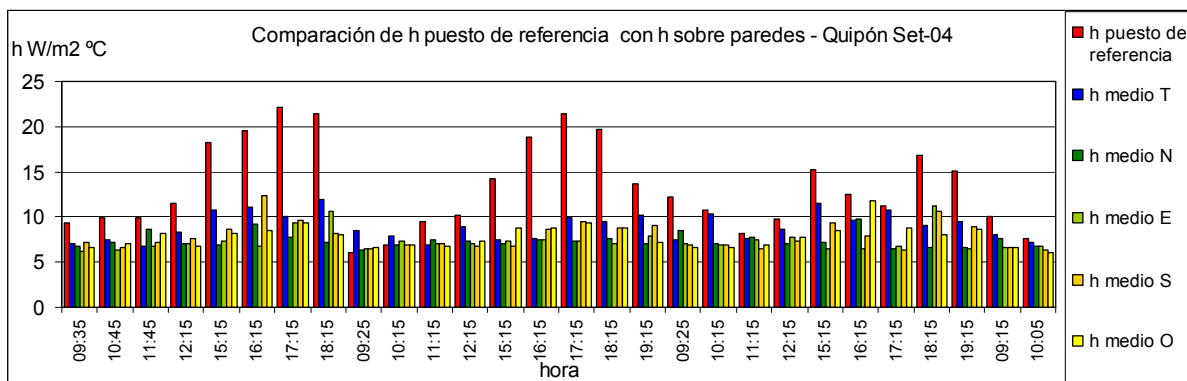


Figura 8. Comparación de los coeficientes de transferencia convectiva  $h$  calculados con los valores de velocidad medidos sobre las paredes, con los obtenidos a partir de la velocidad en el puesto de referencia (en rojo), mes de septiembre.

Se observa que los valores obtenidos con la velocidad medida en el puesto de referencia son sistemáticamente mayores que los correspondientes a las paredes y techo de la vivienda. Este resultado coincide con los resultados obtenidos en la campaña de mayo. A los efectos de comparar ambos casos, la Tabla 2 muestra los coeficientes convectivos calculados a partir de los promedios diarios de velocidad de Tabla 1. El empleo de los  $h$  calculados a partir de las medidas realizadas en el puesto de referencia producen una sobreestimación de los  $h$  que actúan sobre la vivienda que va del 38,4% en el techo hasta un 70,2% en la pared Este.

		Coeficiente de transferencia convectiva h W/m <sup>2</sup> °C					
Promedios diarios	puesto fijo	pared norte	pared este	pared oeste	pared sur	techo	
Mayo 04	21/05/04	11,18	7,56	7,27	7,61	7,88	8,06
	22/05/04	13,78	8,17	7,37	8,12	7,71	9,64
	23/05/04	13,68	7,44	7,71	7,65	8,29	10,75
	24/05/04	10,64	6,34	7,16	7,41	8,39	8,43
Setiembre 04	16/09/04	15,25	7,59	7,52	7,81	8,43	9,21
	17/09/04	13,40	7,14	7,23	7,83	7,75	8,53
	18/09/04	12,43	7,46	7,40	8,18	7,86	9,39
	19/09/04	8,84	7,14	6,65	6,33	6,52	7,66

Tabla 2. Se comparan los valores promedio diarios de h, sobre las superficies de la vivienda con los correspondientes al puesto de referencia, en las campañas de mayo y septiembre.

Los resultados de ambas campañas muestran claramente que el empleo de valores de velocidad de viento medidos en estaciones meteorológicas en el cálculo de los coeficientes de transferencia convectivos a partir de la relación  $h=5,7+3,8 \bullet V$  puede conducir a una sobreestimación de las pérdidas térmicas sobre una vivienda por acción del viento de hasta un 60% o 70 %. El empleo de estos valores en etapas de diseño puede llevar a un sobredimensionamiento de la aislación requerida y a un posterior sobrecalentamiento de la vivienda al ser construida.

Ante estos resultados caben dos alternativas: proponer una nueva relación que tenga en cuenta no sólo el módulo de la velocidad del viento sino otros parámetros significativos como la dirección de los vientos predominantes y su relación con la orientación de las paredes y techo de la vivienda (o del dispositivo que se trate), o bien proponer factores de corrección que puedan aplicarse en primera aproximación a los valores de h obtenidos a partir de la relación recomendada. Cualquiera de estas alternativas requiere la realización de medidas sistemáticas de largo plazo para que, a partir de una muestra estadística amplia, se puedan proponer relaciones o factores de corrección significativos.

## CONCLUSIONES

De lo observado se puede concluir lo siguiente.

- La frecuencia en rangos de velocidad y dirección en el puesto de referencia, en el mes de septiembre de 2004 muestra que los valores predominantes fueron de 1 m/s, y, en menor medida, 0,25 y 0,5 m/s; si bien la dirección ligeramente predominante fue Sur, no se puede decir que hubiera una direcciones preferencial.
- Los valores de velocidad medidos sobre las paredes y techo en ambas campañas son apreciablemente menores que los de la referencia.
- Los coeficientes de transferencia convectiva h calculados a partir de la velocidad medida en el puesto de referencia en ambas campañas son sistemáticamente mayores que los medidos sobre las paredes y techo de la vivienda.
- El empleo de los promedios diarios calculados a partir de las medidas realizadas en el puesto de referencia producen una sobreestimación de los h que actúan sobre la vivienda que va del 38,4% en el techo hasta un 70,2% en la pared Este.
- El empleo de estos valores en etapas de diseño puede llevar a un sobredimensionamiento de la aislación requerida y a un posterior sobrecalentamiento de la vivienda al ser construida.
- Caben dos alternativas para mejorar los cálculos: proponer una nueva relación que tenga en cuenta no sólo el módulo de la velocidad del viento sino otros parámetros significativos, o bien proponer factores de corrección a la relación recomendada. Cualquiera de ellas requiere la realización de una estadística a largo plazo para obtener relaciones o factores de corrección significativos.

## AGRADECIMIENTO.

Quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Fernando Tilca quién facilitó el anemómetro NRG que permitió realizar las medidas de referencia, y al Mg. N. Salvo y al Sr. V. Molina quiénes construyeron los soportes de los anemómetros.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Burmeister. "Convective heat transfer". J. Wiley & Sons. Kansas. EE. UU.(1983)
- Carvalho, J. L., Borges, A. R. J. "Interaction of a surface mounted hot body with a turbulent boundary layer". *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 74-76, pp: 475-483, (1998).
- De Paul, I. (1999). "Algunas dificultades en el cálculo de coeficientes de transferencia térmica en el interior de una cavidad cerrada". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 3, Tomo 1, ISSN 0329-5184.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A. *Solar Engineering of Thermal Processes*, J. Wiley and Sons, (1980).

- Dunkle, R. V., Solar Water Distillation: the roof type Still and a Multiple Effect Still, *Int. Development in Heat transfer, Conference at Denver, Part 5*, 895, (1961).
- Isachenko, V., Osipova, V., Sukomel, A. “*Heat transfer*”. Mir Publishers. Moscú. (1974).
- J. Marighetti, A. Wittwer, M. De Bórtoli, I. De Paul, N. Salvo, D. Hoyos. “Modelado de un relieve topográfico para estudios de escurrimiento atmosférico en túnel de viento”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7*, versión CD, pp.06.13-06.18. (2003). ISSN. 0329-5184.
- Mac Adams, W. H. “*Transmisión de calor*” 3ª. Edición. Mc Graw Hill. México. (1978).
- Molina, V., Salvo, N. “Simulación en 2D del efecto de viento sobre una vivienda utilizando diferentes modelos de viscosidad”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7*, versión CD, pp.8127-8132. (2003). ISSN. 0329-5184.
- Sayigh, A. A. M. *Solar Energy Engineering*, Academic Press, (1977).
- Wittwer, A., Loredo-Souza, A., Camano Schettini, E. “Simulación de la capa límite para estudios de dispersión atmosférica en túnel de viento”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 6*, pp.1113-1118. (2002). ISSN 0329-5184.
- De Paul, I. “Disipación Térmica Convectiva Por Acción del Viento Sobre una Vivienda” Presentado en ASADES 2004

**ABSTRACT.** New measurements were performed over the UNSa refugee at Payogasta with the aim of analysing the characteristics of thermal dissipation by the wind and to confirm or not the results obtained before. Earlier results showed that the presence of the building changes the velocity of the wind comparing with the values taken by a distant station; this, in turn, changes the values of the convective heat transfer coefficients over the building. The wind velocity over walls and roof was measured as well as that at a fixed point away of the building, were it was taken as reference. Predominant velocity an direction of the wind during the second campaign are shown. The comparison of both measurement campaigns shows that thermal losses could be overestimated as much as 70% if the values of h used are those measured at the distant station.

**Keywords:** Thermal dissipation, wind, convective heat transfer coefficient.