



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

EL TERMOMETRO DE GLOBO DE 38 MM PARA MEDICIONES EN EL MEDIO EXTERIOR.

Adriana Gorga, Arq.

José Miguel Aroztegui, Arq.

Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura
Facultad de Arquitectura - Universidad de la República
Br. Artigas 1031 - CP. 11200 - Montevideo - Uruguay
Tel. (598.2) 40.11.06/07 - Fax. (+) 40.60.63

RESUMEN

El uso del termómetro de globo de 38 mm como instrumento de medición de temperaturas adecuado a las condiciones del medio exterior, donde es apreciable la exposición a la radiación solar y al viento, es el objetivo inmediato, de este trabajo, evaluando dichas mediciones a través de parámetros de confort.

ABSTRACT

A 38 mm globe thermometer as a tool for measuring outdoor temperatures, regarding the exposure to the solar radiation and the wind, is the immediate objective of this work, evaluating the measurements through comfort parameters.

PALABRAS CLAVE

Medio exterior, confort térmico, instrumentos de medición, temperatura de globo

INTRODUCCION

El uso del termómetro de globo de 38 mm de diámetro propuesto por Humphreys (1977) para la medición de temperatura radiante en interiores, es de particular interés para la medición de temperaturas en espacios exteriores. La facilidad de manejo y rapidez de respuesta frente al globo standard de 15 cm, usualmente aceptado (ASHRAE 1993; Norma ISO 7726, 1985) son las ventajas más evidentes. Sin embargo, el diámetro es de gran influencia en las variables velocidad de viento y radiación solar y es necesario analizar el rango de respuestas más ajustadas a la sensación térmica.

ANTECEDENTES

La correlación entre el diámetro del globo, la velocidad del aire, la temperatura del aire y la temperatura media radiante, está determinada en la norma ISO 7726 (1985):

$$[(t_g + 273) + \frac{1,10 \times 10^8 V_a^{0,6}}{\epsilon D^{0,4}} (t_g - t_a)]^{1/4}$$

donde:

t_r	=	temperatura media radiante,	°C
t_g	=	temperatura de globo,	°C
V_a	=	velocidad del aire,	m/s
t_a	=	temperatura del aire,	°C
D	=	diámetro del globo,	m
ϵ	=	emisividad,	adim

Si bien la forma más adecuada a los intercambios térmicos del ser humano es la de un globo elipsoidal, usualmente es usada una esfera de 15 cm de diámetro.

Humphreys (1977) propone el termómetro de globo de 38 mm de diámetro (bola de ping pong) para apreciar condiciones internas. Varios motivos refuerzan la idea de empleo de este globo como herramienta de medición de condiciones exteriores: es práctico y de rápida respuesta (aproximadamente 1,5 minutos); pintado de color gris medio, se ajusta a la respuesta de individuos con vestimenta normal (ASHRAE 1993, Cap. 13) y a la exposición a radiaciones de onda corta, como el caso de la radiación solar (Norma ISSO 7726, 1985).

En la medida que la velocidad del aire aumenta; la razón de respuesta radiante

($RRR = h_r / (h_r + h_c)$ se hace menos dependiente del diámetro del globo, y el aporte radiante pierde importancia frente al convectivo. Con velocidades corrientes al exterior (3 m/s), la RRR es del orden del 10 % del total.

Los vientos a nivel del peatón se caracterizan por la gran turbulencia y la afectación por variables aleatorias en el espacio y en el tiempo. Los valores de velocidad media se pueden estimar con modelos de rugosidad en función de la conformación física del entorno (Gandemer, 1981), siendo mayor el coeficiente de turbulencia para entornos de urbanización más densa. No está aún estudiado el efecto de las turbulencias en espacios exteriores sobre el confort térmico, pero es, evidente que la rapidez de respuesta del globo de 38 mm permitirá evaluaciones más ajustadas en estas condiciones.

La humedad del aire es importante en el stress por calor. Cuando la piel está poco humedecida (esto es, en ambientes próximos a condiciones de confort) la humedad del aire tiene poca influencia (ASHRAE 1993, Cap. 8). Esto permite trabajar con el globo seco cuando se trate de determinados límites próximos al confort.

METODOLOGIA

La ecuación 1 permite correlacionar en entornos de velocidad del aire característicos del exterior, a las restantes variables t_a , t_{mr} , y las t_g .

Esta correlación, graficada para valores de temperaturas del aire y de globo normales en climas templados ($10 \leq t_a \leq 30^\circ\text{C}$ y $10 \leq t_g \leq 40^\circ\text{C}$) permite determinar los puntos que la ecuación de Fanger (1972) identifica como entornos de PMV (Predicted Mean Vote) de $\pm 0,5 \%$ y $\pm 1,0 \%$, para individuos con ropas y actividades características al exterior. De esta forma se pueden graficar las curvas que limitan los porcentajes

de insatisfacción por calor y frío, de acuerdo a 3 variables: temperatura del aire (t_a), temperatura de globo de 38 mm (t_g) y velocidad del aire, (V_a).

La Figura 1, grafica los resultados para condiciones que, corresponden a climas templados en condiciones próximas al confort térmico. Son las siguientes:

Parámetros variables	Rango
Temperatura del aire	entre 10 y 30°C
Temperatura de globo de 38 mm	entre 10 y 40°C
Velocidad del aire	entre 0,5 y 3 m/s
PMV	$\pm 0,5$ % PPD = 80 %
	$\pm 1,0$ % PPD = 52 %

Parámetros fijos	Rango
Humedad relativa	60 %
Vestimenta: media	0,7 clo
Actividad: sedentaria de pie	116 W
Trabajo externo	0

En Montevideo, el promedio anual de registros de velocidad de viento es de 4,1 m/s. Considerando un entorno de clase, IV, es decir una zona urbana, el coeficiente de reducción es de 0,588, lo que arroja velocidades de 2,41 m/s. El promedio anual de humedad relativa es de 60%.

La gráfica resultante permite extraer conclusiones de mucho interés y abre un camino de experimentación en espacios exteriores de gran importancia práctica.

RESULTADOS

La metodología ha sido aplicada a condiciones específicas de vestimenta y actividad que interesaban a esta investigación.

Más allá de estas especificidades, los resultados expresados en la Figura 1 comprueban la utilidad de las temperaturas medidas con termómetros de globo para evaluar condiciones externas. Descontando las imprecisiones debidas a la característica turbulenta del viento, se aprecia que con velocidades de viento bajas (hasta 1 m/s), existe un amplio rango de valores de t_a y t_g en el que pueden lograrse situaciones de confort con la exposición al sol. Al aumentar la velocidad del aire, los márgenes se estrechan y resulta difícil para estas condiciones de ropa y actividad recomponer el confort con temperaturas del. aire. superiores a 23°C.

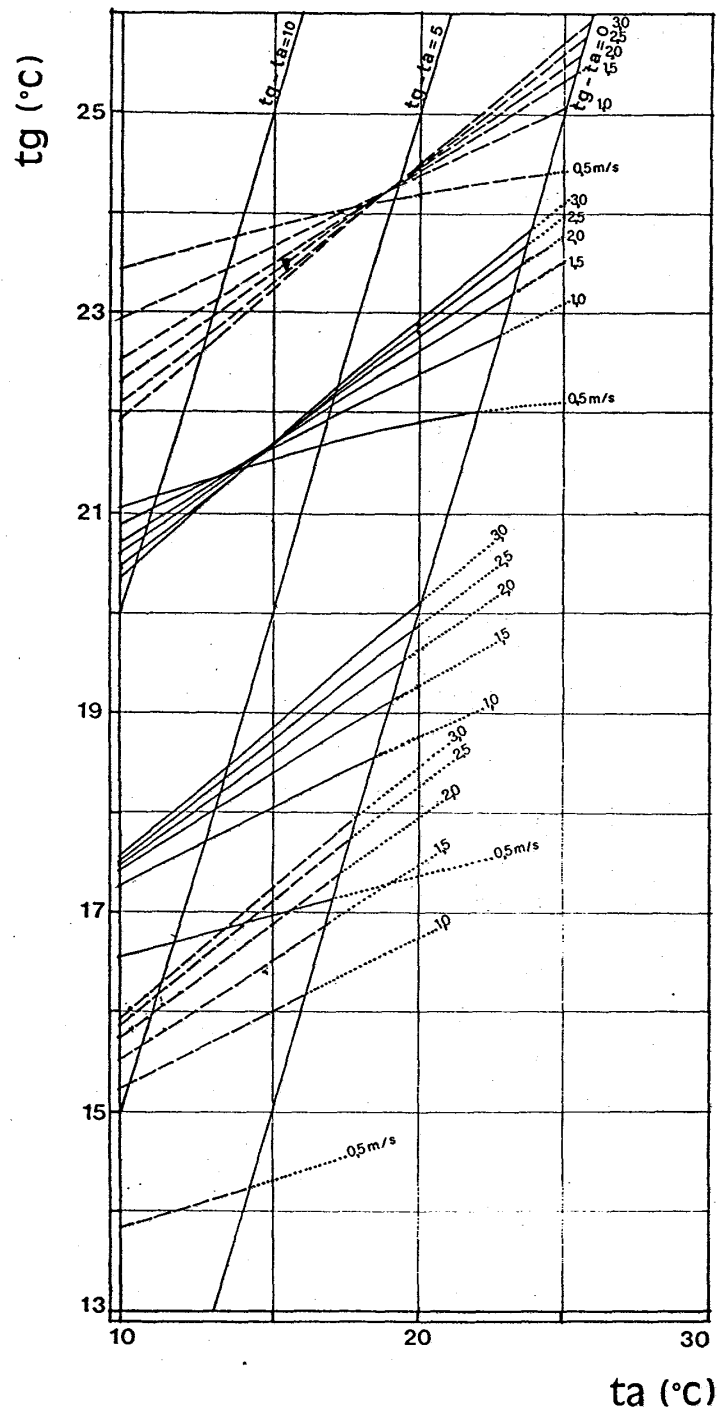


Figura 1. Correlaciones de temperatura del aire, de globo de 38 mm y velocidades del aire, con PMV.

— PMV = $\pm 0,5 \text{ m/s}$
 - - - PMV = $\pm 1,0 \text{ m/s}$

De esta forma es posible obtener indicaciones de las condiciones de confort térmico en espacios exteriores, a través de la medición de la temperatura del aire y de globo gris de 38 mm.

La lectura de la gráfica permite también apreciar que para determinados valores de pares de temperaturas (de globo y del aire) el grado de confort (considerado a través del PMV) es independiente de la velocidad del aire: para un PMV de + 0,5 % está en el orden de 21,7 °C de temperatura de globo y 15 °C de temperatura del aire, cualquiera sea ésta; para un PMV de + 1 % está en el orden de 24,5 °C y 20 °C respectivamente.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Se mostró la utilidad del termómetro de globo de 38 mm para complementar medidas de temperatura del aire en la evaluación de condiciones exteriores. Un gráfico realizado para condiciones dadas de ropa y actividad, permitió diagnosticar los rangos de viento deseables para determinadas temperaturas. Con ello se valida un instrumento simple, económico, de fácil manejo y rápida respuesta para evaluaciones térmicas en espacios exteriores.

Trabajos futuros deberán apuntar a corroborar estos análisis con mediciones de campo y correlacionarlos con otros indicadores de confort.

REFERENCIAS.

1. ASSOCIATION OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Fundamentals 1993. Capítulo 8 "Physiological Principles and Thermal Comfort"; Capítulo 13 "Measurements and Instrument".
2. FANGER, P. O. "Thermal Comfort". Capítulo 2. "Conditions for thermal comfort.". USA, McGraw-Hill Book Company, 1972. p 19 - 64.
3. GANDEMER, J. "La protection contre le vent". París, Centre Scientifique et Technique du Batiment, 1981. p. 15 - 21.
4. HUMPHREYS, M. A. "The optimum diameter for a globe for use indoors". Building Research Establishment. C.P. 9/78. UK, BRE, Noviembre 1977. 5 pp.
5. INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. "Thermal environment instruments and methods for measuring physical quantities". Anexo B. Medición de temperatura radiante. Norma ISO 7726. Suiza, International Organization for Standardization, 1985.