

**ERRORES EN LA MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL AIRE
EN UNA CASETA METEOROLOGICA TIPO STEVENSON**

VILMA CASTRO *

RESUMEN

Se compararon en este trabajo las temperaturas del aire tomadas en el interior y en el exterior de una caseta tipo Stevenson de pared doble. Se observaron diferencias extremas de temperatura del orden de ± 0.6 °C, aparentemente producidas por estancamiento del aire dentro de la caseta. También se efectuaron mediciones de gradientes de temperatura. En días claros las diferencias de temperatura entre las paredes externas e internas de la caseta alcanzaron valores de hasta 7°C.

* Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica, San José.

ABSTRACT

The temperature of the air inside a double louvered meteorological screen relative to the temperature of the air outside the screen was considered. Differences of the order of ± 0.6 °C were recorded, due apparently to lack of ventilation. Temperature gradients in the screen were also measured. On clear days temperature differences between the inside-outside walls of the screen reached 7°C.

I. INTRODUCCION

La temperatura del aire es de suma importancia en numerosos procesos que se desarrollan en la atmósfera: fenómenos meteorológicos, reacciones químicas, dilatación de materiales, innumerables aspectos de la actividad humana, velocidad de desarrollo y crecimiento de plantas y otros seres vivos, etc. Por esta razón las temperaturas registradas en estaciones meteorológicas constituyen un importante dato de referencia para muy diversas disciplinas. Con el propósito de que los registros sean adecuados para el usuario en general, instrumentos y métodos de observación han sido normalizados a través de resoluciones tomadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1971).

Uno de los objetivos de las regulaciones es obtener datos de buena calidad, procurando minimizar los efectos de factores que puedan producir error en las mediciones. Debido a que la exposición directa de los sensores a las partículas de precipitación (lluvia, nieve, granizo, etc.), a la radiación directa del sol y a objetos cuya temperatura sea diferente a la del aire produce errores del orden de varios °C, se reconoció la necesidad de colocarlos a cubierto.

Un simple techo basta para eliminar completamente el problema de contacto con partículas de precipitación, pero eliminar completamente los efectos de la irradiación no es tan sencillo ya que estos se manifiestan en forma indirecta. Para obstaculizar los intercambios de radiación directa es necesario rodear el sensor por todos lados con pantallas, pero estas se calientan (o enfrían) por radiación más rápido que el aire, lo cual altera eventualmente la temperatura del aire encerrado en ellas. Además, al obstaculizar la circulación producen que este aire se estanque.

La magnitud de los errores por radiación en la medición de temperaturas depende del cli

ma del lugar y del diseño de la caseta. En este trabajo se evalúa la magnitud de la influencia de una caseta meteorológica tipo Stevenson sobre la temperatura del aire medida por los sensores dentro de ella. Se tomaron en cuenta condiciones bajo las cuales pueden existir alteración en las mediciones, entre ellas los días con alta insolación y sin viento.

II. INSTRUMENTOS Y METODOS

Las mediciones fueron realizadas en la estación meteorológica experimental de la Universidad de Nottingham (Inglaterra). El modelo básico de este tipo de caseta es una caja rectangular de madera como la que se muestra en la Figura 1, con un techo inclinado, paredes laterales en forma de persianas, cielo raso agujereado y piso de tablas superpuestas. La caseta usada en este trabajo, de paredes laterales dobles, es una variación del modelo básico.

Las variables que se midieron son las siguientes:

- 2.1. Gradientes térmicos dentro de la caseta
- 2.2. Temperatura del aire dentro y fuera de la caseta
- 2.3. Diferencia entre la temperatura del aire dentro de la caseta y un termómetro de mercurio colocado en la misma caseta.

Los gradientes térmicos dentro de la caseta se midieron para tener una idea de la relación entre la temperatura de la caseta y la del aire encerrado en ella. Para tal efecto se utilizaron termopares de cobre constantan. Se registraron las diferencias de temperatura entre:

- a. Piso - cielo raso
- b. Paredes interiores - paredes exteriores (promedio de los 6 lados)

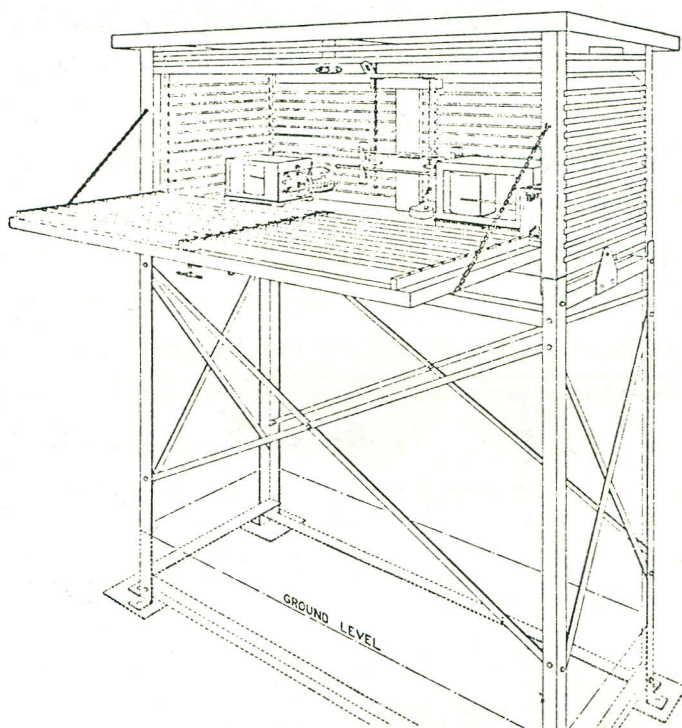
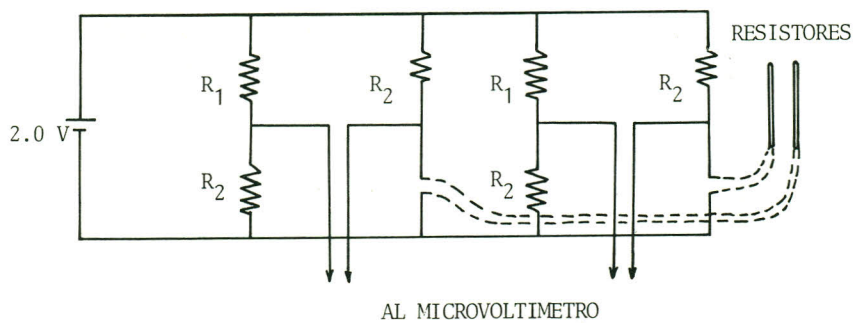


FIG. 1. Caseta meteorológica tipo Stevenson. Tomado de Meteorological Office Handbook (1956).

c. Paredes interiores - aire dentro de la caseta

Se usaron dos resistores de platino en un puente de Wheatstone como el que se muestra en la Figura 2 para medir las temperaturas del aire dentro y fuera de la caseta. Cada resistor se introdujo en el extremo de un tubo metálico sellado y se calibró contra un termómetro de mercurio de sensibilidad 0.1°C . Estos mostraron una respuesta lineal de $70 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, lo cual unido a la sensibilidad del registrador ($\pm 1 \mu\text{V}$) permitió medir fluctuaciones de magnitud inferior a 0.02°C .



$$R_1 = 10 \text{ K}$$

$$R_2 = 1 \text{ K}$$

Resistor:

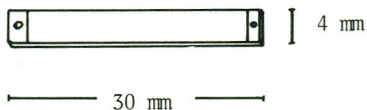


FIG. 2. Puente de Wheatstone para medición de temperaturas.

Uno de los resistores se colocó dentro de la caseta, en la forma usual en que se disponen los termómetros ordinarios: verticalmente y sin escudos ni ventilación forzada. Otro resistor se colocó fuera de la caseta, a la misma altura y a 75 cm de ella, dentro de una instalación especial de tubos como se muestra en la Fig. 3, por medio de la cual se intenta eliminar por completo los efectos de la irradiación. Los dos tubos se ventilaron independientemente con bombas de vacío para asegurar el contacto del sensor con una muestra grande de aire. La circulación forzada además de producir un muestreo más representativo del aire, evita la alteración de su temperatura por contacto con una superficie cualquiera. Toda la instalación se techó con una lámina de estereofón (baja capacidad térmica), la cual se cubrió con papel aluminio pulido para reflejar el máximo de radiación solar.

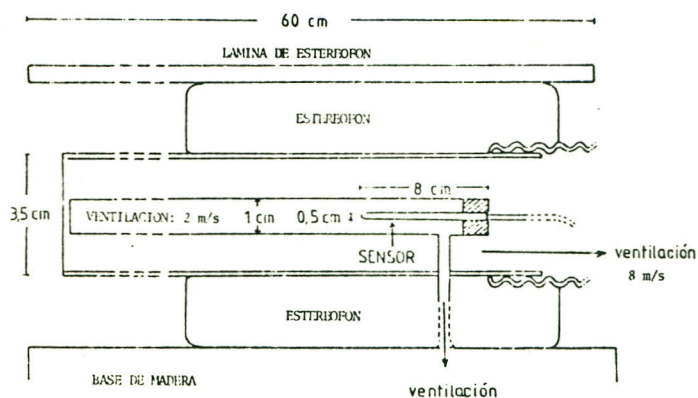


FIG. 3. Instalación para la medición de temperaturas del aire.

Finalmente, para medir las diferencias de temperatura entre el aire dentro de la caseta y el bulbo del termómetro, se fijó la unión de un termopar de cobre-constantan sobre el bulbo del termómetro y la otra unión se dejó suspendida en el aire, dentro de una pantalla de aluminio como la que se muestra en la Figura 4, la cual no permite el intercambio térmico de tipo radiativo entre el termómetro y las paredes interiores de la caseta.

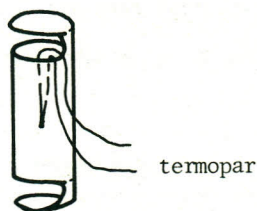


FIG. 4. Pantalla de aluminio para evitar intercambios de radiación directos entre el sensor y las paredes de la caseta.

III. RESULTADOS

A continuación se discuten las medidas efectuadas durante cuatro días con condiciones meteorológicas diferentes. Las Figuras 5 a 8 muestran las variaciones temporales de:

- Temperatura del aire T
- Temperatura del aire dentro de la caseta T_c
- Diferencia de temperaturas ($T_c - T$)
- Diferencia de temperaturas entre el extremo del termopar protegido y el extremo adherido al bulbo del termómetro T_b , (T_θ, T_b)
- Diferencia de temperatura entre T_θ y la temperatura de las paredes internas de la caseta T_p , ($T_\theta - T_p$).

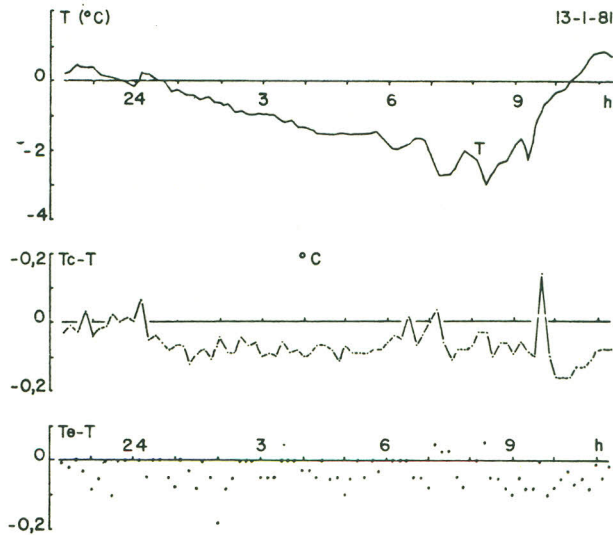


FIG. 5. Helada. Madrugada despejada y sin viento.

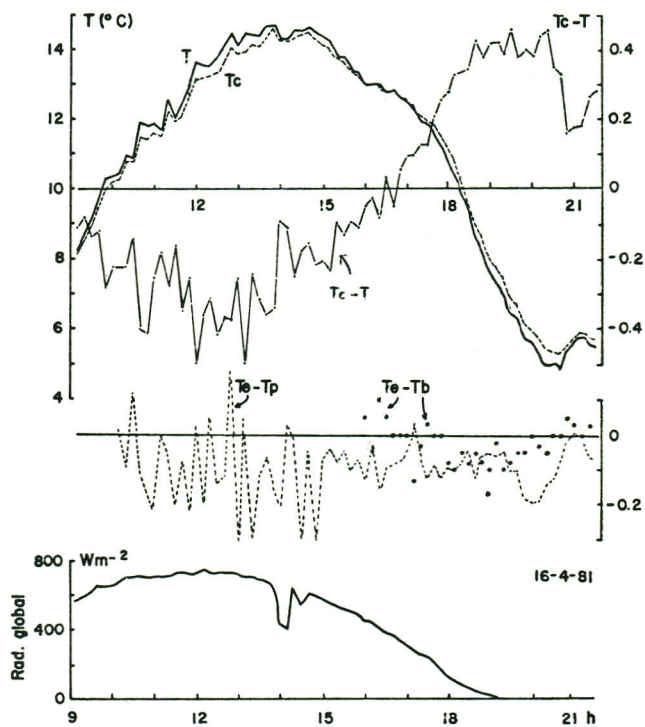


FIG. 6. Cielo despejado, viento calmo.

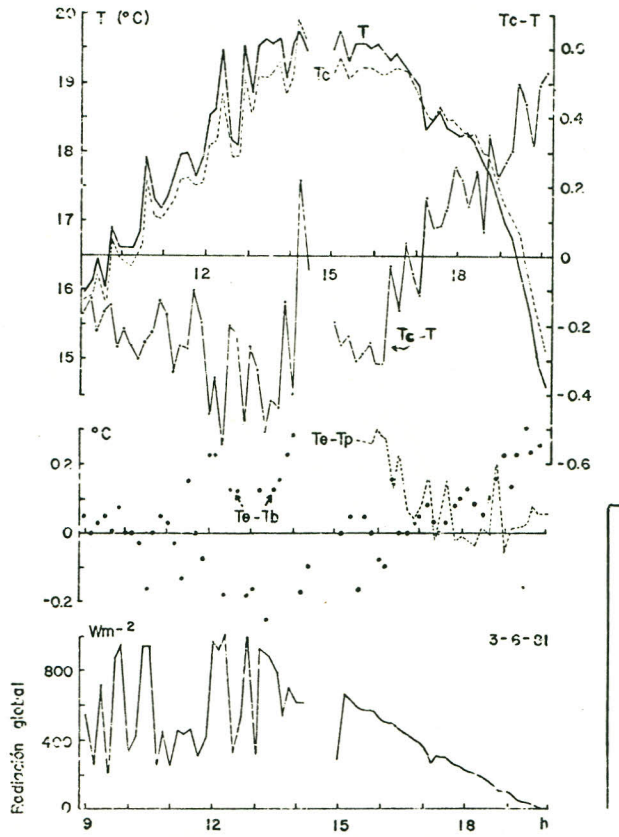


FIG. 7. Cielo despejado, fractocúmulos, viento rafagoso.

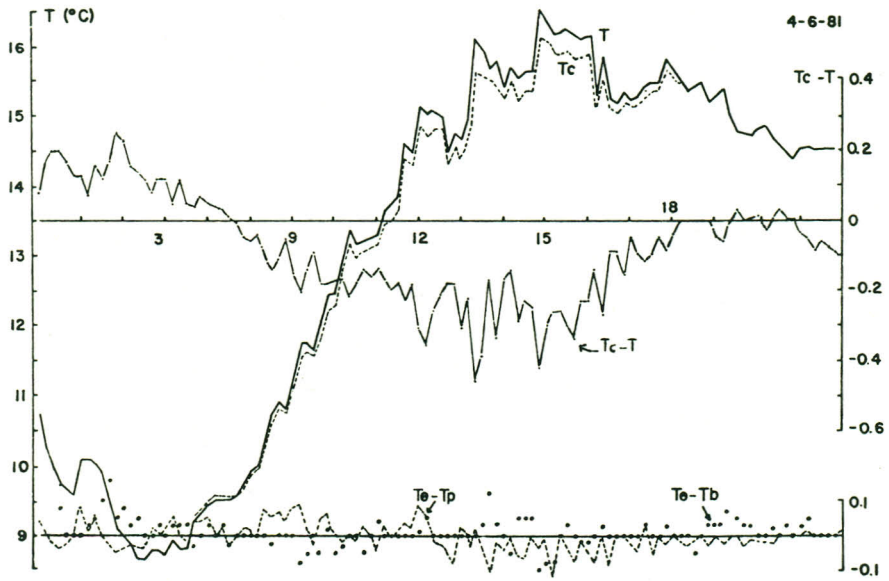


FIG. 8. Condiciones variables: chaparrones, cielo cubierto con intervalos despejados. Viento rafagoso.

La radiación global sobre una superficie horizontal también se incluye en algunas de las figuras. Detalles sobre las condiciones atmosféricas relevantes se dan en las leyendas correspondientes.

El estudio de los gradientes térmicos dentro de la caseta muestra que las diferencias de temperatura entre el piso y el cielo raso de la caseta son del orden de $\pm 0.1^\circ\text{C}$, con valores extremos de $\pm 0.3^\circ\text{C}$. Tal diferencia de temperatura en dos puntos separados solo 0.5 m entre sí refleja estancamiento del aire. Las diferencias de temperatura entre las paredes internas y externas de la caseta alcanzaron valores de $\pm 7.0^\circ\text{C}$ en condiciones de cielo despejado debido al calentamiento o enfriamiento de las paredes externas, lo cual pone en evidencia la necesidad de la caseta en la medición de temperaturas del aire. Las diferencias de temperatura entre las paredes interiores de la caseta y el aire encerrado en ella no sobrepasaron 1.0°C por lo cual es de esperarse que los errores debidos a estancamiento del aire serán aún inferiores a dicho valor.

En las figuras 5 a 8 se observa que la diferencia de temperatura exterior e interior de la caseta oscila por lo general entre $\pm 0.2^\circ\text{C}$ con extremos de $\pm 0.6^\circ\text{C}$ y que existe un retraso en la temperatura del aire de la caseta T_c con respecto a la temperatura del aire T , o sea: $T_c < T$ cuando T aumenta y $T_c > T$ disminuye. Además, los valores máximos de $|T_c - T|$ están asociados con cambios rápidos de T , por ejemplo cuando el aire se enfría al ocultarse el sol (Figs. 6 y 7), o cuando el sol aparece por detrás de una nube (Fig. 7, 12:20, 12:50 y 13:10 hora local). T responde más rápidamente que T_c a los cambios bruscos de radiación, lo cual demuestra que la caseta produce atenuación y retardo en las fluctuaciones de temperatura del aire. Las cau-

sas aparentemente son debidas a:

- a. Ventilación deficiente: las persianas entorpecen la circulación del aire aún cuando hay viento. Observaciones de viento hechas con un anemómetro de alambre caliente mostraron que la velocidad del aire en el interior de la caseta es aproximadamente el 10% de su velocidad en el exterior.
- b. Inercia térmica de la madera: si la capacidad térmica de la madera produce que su temperatura se retrase con respecto a la del aire, se esperaría que $T_p > T_e$ cuando el aire se enfría y viceversa cuando el aire se calienta. Sin embargo no se observó un comportamiento sistemático entre $(T_p - T_e)$ y por lo tanto no se puede confirmar esta hipótesis.
- c. Calentamiento o enfriamiento de la caseta por radiación: en este caso se esperaría que $T_c > T$ cuando la radiación global es alta y lo contrario en noches claras y sin viento. Sin embargo, aún bajo condiciones meteorológicas propicias (por ejemplo, caso Fig. 6) estas situaciones no se presentaron, o fueron de pequeña magnitud (caso Fig. 5). Vale notar que las radiaciones globales máximas fueron del orden de 700 Wm^{-2} . Valores de 900 Wm^{-2} se alcanzaron únicamente en cortos períodos de tiempo (Fig. 7).

Las diferencias de temperatura entre el aire y el termómetro ($T_e - T_b$) dentro de la caseta fueron del orden de $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$, con valores extremos de $\pm 0.3 \text{ }^\circ\text{C}$, lo cual es consistente con las mediciones de $(T_e - T_p)$ ya que estas últimas no excedieron $\pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figs. 5 a 8). No hay evidencia de intercambio radiativo entre las paredes de la caseta y el termómetro de vidrio.

IV. CONCLUSION

En este trabajo se evaluó la influencia de la caseta meteorológica tipo Stevenson de pared doble sobre la medición de temperaturas del aire. Se observó que el error introducido por la caseta fluctúa entre ± 0.6 °C. Los efectos de atenuación y retraso en la fluctuación de la temperatura dentro de la caseta con respecto a la temperatura del aire exterior a ella indican que el estancamiento del aire dentro del espacio cerrado es el principal responsable del error.

Se concluye que para la mayoría de los efectos prácticos, las mediciones de temperatura realizadas en una caseta meteorológica pueden ser utilizadas con confianza. Para los casos particulares en que se necesiten ámbitos de error inferiores a ± 0.5 °C lo más recomendable es realizar observaciones especiales, aunque es importante señalar que errores de esta magnitud son similares a los gradientes horizontales de temperatura que existen de ordinario (Sparks, 1972). Sería recomendable repetir este trabajo en latitudes tropicales donde las intensidades de radiación alcanzan valores más altos y en forma más estable que en latitudes medias.

REFERENCIAS

- METEOROLOGICAL OFFICE (1956). Handbook of meteorological instruments Part I. London, Her Majesty's Stationery Office, Great Britain.
- OMM (1971). Guide to meteorological instruments and observing practices, N. 9. TP. 3, 4th edition.
- SPARKS, W.R. (1972). The effect of thermometer screen design on the observed temperature. W.M.O. N°315.