

# ¿Por qué soplamos el café?

*Biasotti Alberto, Cremona Santiago, Pontnau Lucas, Simón Braian*

*Termodinámica, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahía Blanca, Argentina*

Mediante el uso de dos vasos de precipitados con agua caliente, una caja y un ventilador, se procedió a medir la temperatura en función del tiempo, con el fin de comparar dos el mecanismo de transferencia de calor, por convección forzada y natural.

## Introducción

La convección es un modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos.

El coeficiente de transferencia de calor por convección ( $h$ ) es un parámetro que se determina en forma experimental y cuyo valor depende de todas las variables que influyen sobre la convección, como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades de éste y la velocidad masiva del mismo. [1]

La ley de enfriamiento de Newton propone que la temperatura de un cuerpo cambia a una velocidad que es proporcional a la diferencia de las temperaturas entre el medio externo y el cuerpo [2]

Se realizaron simultáneamente dos sistemas de enfriamiento por convección: convección libre o natural y convección forzada. En ambos casos se buscó recrear las mismas condiciones iniciales con el fin de que las pérdidas por radiación y conducción sean iguales.

En ambos sistemas de convección se calculará el  $k$  de enfriamiento, asociado a la velocidad de transferencia de calor, por la ley de enfriamiento de Newton:

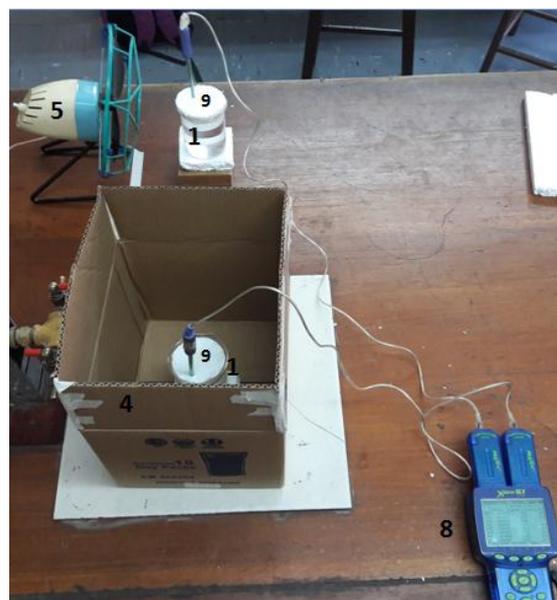
$$T = T_{amb} + (T_o - T_{amb})e^{-kt} \quad Ec (1)$$

A partir de la Ec. (1) se obtendrán los valores de  $k$  que nos servirán de comparación entre ambos sistemas. La temperatura ambiente, durante la experiencia, se modelo a  $19.7^\circ\text{C}$ .

## Desarrollo

Los materiales utilizados fueron:

1. Vasos de precipitado.250 mL
2. Agua; (250 mL p/c sistema)
3. Pava eléctrica.
4. Caja de cartón.
5. Ventilador de pie (marca Antártida, fuente de alimentación 110V)
6. Calibre.
7. Tornillo micrométrico (Precisión: 0.01mm).
8. Adquisidora de datos GLX (Exactitud:  $\pm 0.5K$ ) con termocuplas tipo k.
9. Telgopor
10. Cinta de papel.



**Procedimiento 1:** Enfriamiento por convección forzada. (Sistema 1)

Se colocó un vaso de precipitado con un espesor de vidrio de  $(3.27\text{mm} \pm 0.01\text{mm})$  sobre una plancha de telgopor, luego una pequeña caja con el fin de incrementar la altura en el vaso, y que el aire arrojado por un ventilador situado a 10 cm (desde la hélice hasta el vaso) incida uniformemente.

Previo a encender el ventilador, se introdujo agua en el vaso de precipitado a una temperatura inicial de  $(83.7\text{ }^\circ\text{C})$  e instantáneamente se colocó una tapa de telgopor que selló el mismo y a través de una perforación se introdujo una termocupla cuidando que no entre en contacto con las paredes del vaso.

Las temperaturas fueron registradas cada 5 segundos por la adquisidora.



*Ilustración 1: Vista lateral de sistema de convección forzada*

**Procedimiento 2:** Enfriamiento por convección natural. (Sistema 2)

En una caja de cartón con dimensiones 22cm (ancho) x 27,5cm (largo) x 22cm (alto), utilizada para minimizar las corrientes de aire sobre el vaso, se colocó en el centro una placa de telgopor con igual espesor a la del sistema 1, sobre la misma se dispuso el vaso de

precipitado (espesor  $(3.27\text{mm} \pm 0.01\text{mm})$ ) en el que se vertió agua a la misma temperatura que el sistema 1, y del mismo modo una tapa de telgopor por el cual se introdujo una termocupla.

Las temperaturas fueron registradas cada 5 segundos por la adquisidora.



*Ilustración 2: Vista superior de sistema de convección natural.*

Una vez finalizados los dos procedimientos y reunido todos los datos necesarios (variación de temperatura en el tiempo), fue necesario linealizar la función y luego aplicar el método de regresión lineal). [3] [4]

**Resultados**

Del sistema 1 (enfriamiento por convección forzada), utilizando regresión lineal se halló el valor para la pendiente del sistema ( $K_1$ ), mediante el cual se obtuvo el valor de coeficiente de transferencia de calor por convección  $E_c$  (1).

$$K_1 = (449 \pm 1) \times 10^{-6}$$

Del sistema 2 (enfriamiento por convección natural), utilizando regresión lineal se halló el valor para la pendiente del sistema ( $K_2$ ), mediante el cual se obtuvo el valor de coeficiente de transferencia de calor por convección  $E_c$  (1).

$$K_2 = (214 \pm 4) \times 10^{-6}$$

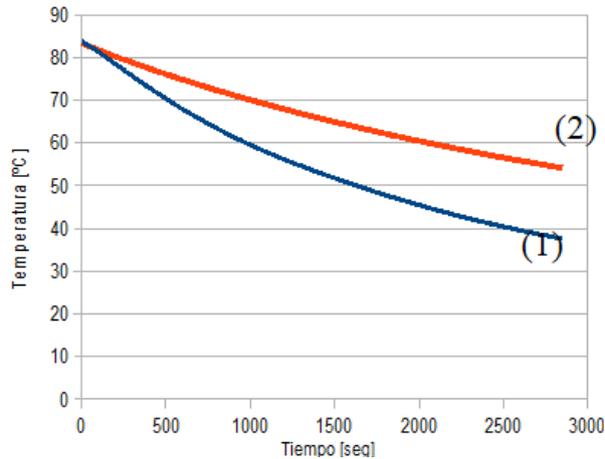


Ilustración 3: Variación de la temperatura respecto del tiempo. (1) Convección forzada; (2) Convección natural

A medida que transcurrió el tiempo se observó como la diferencia de temperatura entre ambos sistemas aumentaba (cabe resaltar que se partió de la misma temperatura).

Luego de haber obtenido los errores correspondientes a cada constante ( $K_1$ ;  $K_2$ ) se diviso el no solapamiento de las incertezas asociadas a las variables.

## Conclusión

Mediante los dos sistemas de enfriamiento utilizados por convección, se pudo corroborar que la convección forzada es más efectiva que la natural para el enfriamiento de un fluido (en nuestro caso agua). Esto se refleja en las siguientes conclusiones:

- El gráfico de temperatura en función del tiempo mostró una diferencia notable en el enfriamiento del agua utilizando los dos sistemas de convección; debido a que la velocidad de transferencia de calor ( $k$ ) del sistema 1 es aproximadamente el doble que la del sistema 2.
- Los errores de  $K$  no mostraron solapamiento entre los valores de  $K$ .

También pudimos observar que el coeficiente  $k$  es directamente proporcional al coeficiente  $h$ .

## Referencias

- [1] Apuntes krodriguez.net
- [2] [www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento)
- [3] José A. Balseiro, *Mediciones Físicas*. (Librería Hachette Eds., Buenos Aires, 1954).
- [4] A. P. Maiztegui, R. J. Gleiser, *Introducción a las mediciones de laboratorio*. (Ed. Kapeluz, Buenos Aires, 1980).