

Termoelectricidad

Ignacio Poggi
Carlos Ríos Chávez

Grupo 3 - Laboratorio 4, FCEyN - UBA

Índice

- Algunas definiciones...
- Celdas termoeléctricas.
- Objetivos.
- Disposición experimental.
- Resultados.
- Conclusiones.

Algunas definiciones...

Termoelectricidad

- La termoelectricidad comprende el estudio de los fenómenos en los que se presentan el calor y la electricidad.
- Mas específicamente, nos interesan los efectos que se manifiestan al convertir diferencias de temperaturas en diferencias de voltaje y viceversa.
- Entre los estudiados se encuentran el efecto Joule, Seebeck y Peltier.

Algunas definiciones...

Efecto Joule

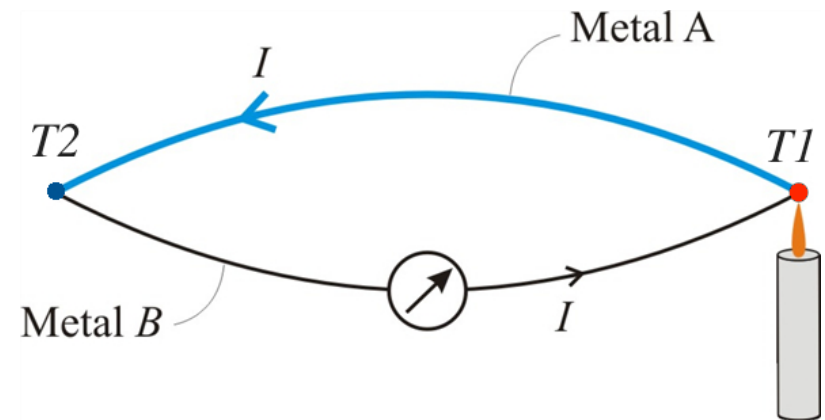
- Transferencia de calor provocada por el movimiento de electrones (corriente eléctrica) en un material.
- Al circular la corriente, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo.
- Depende de diferentes variables como la intensidad de corriente, la resistencia, la diferencia de voltaje, el tiempo y la potencia.

$$P = \frac{dQ}{dt} = I^2 R$$

Algunas definiciones...

Efecto Seebeck

- Cuando existe una diferencia de temperatura ΔT entre los extremos de un conductor, los portadores de carga difunden en contra del gradiente de temperatura.
- Acumulación de cargas en el extremo frío y un vaciamiento del extremo caliente, generando un campo eléctrico y una diferencia de potencial ΔV entre los extremos del conductor.
- La razón entre ΔV y ΔT depende de la temperatura y se denomina *coeficiente Seebeck*.

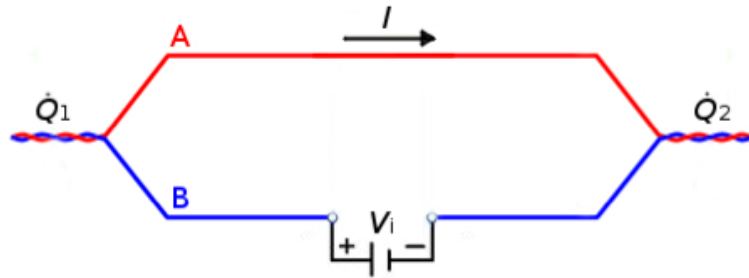


$$\alpha = \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

Algunas definiciones...

Efecto Peltier

- Efecto reciproco al Seebeck, es decir, al tener un flujo de corriente eléctrica J por la unión entre dos puntos A y B de un circuito, se produce una transferencia de calor entre ellos.



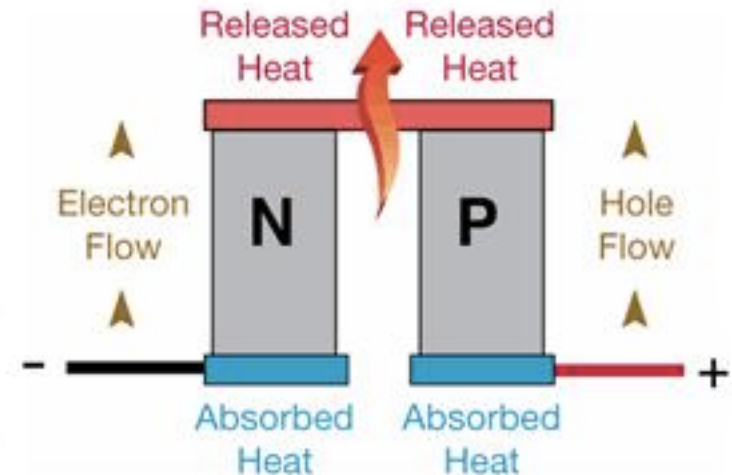
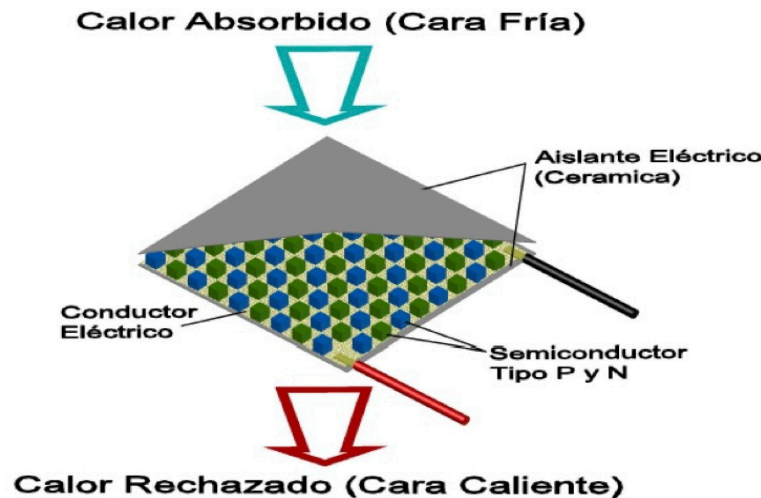
$$\frac{dQ}{dt} = J \pi_{AB}$$

- Se puede definir el coeficiente Peltier a partir del coeficiente Seebeck y ΔT :

$$\pi_{AB} = \alpha_{AB} \Delta T$$

Celdas termoelectricas

- Conformada por dos materiales semiconductores dopados* (uno de tipo P y otro de tipo N) conectados en serie eléctricamente, logrando un efecto uniforme de calentamiento y enfriamiento en las caras de misma por el desplazamiento de los portadores de carga en el interior .



*para más informacion de semiconductores, ver nuestro minicurso en:

https://nube.df.uba.ar/index.php/s/gfP4bzQYQ8mKQsD/download?path=%2F&files=presentacion_fotodiodos.pdf

Celdas termoelectricas

- Si ambas caras se encuentran en contacto con reservorios a distintas temperaturas, pueden utilizarse como generadores eléctricos (efecto Seebeck).
- Por otro lado, forzando una corriente, las junturas sobre una de las caras absorberán y las otras liberarán calor, operando como una maquina frigorífica o bomba calorimétrica (efecto Peltier).

Calor intercambiado en cada cara

$$\frac{dQ_i}{dt} = \pm I \alpha T_i - K(T_i - T_j) + \frac{I^2 R}{2}$$

$$\eta = \frac{-\left(\frac{dW}{dt}\right)}{-\left(\frac{dQ_c}{dt}\right)}$$

Potencia eléctrica aplicada

$$P = \frac{dW}{dt} = VI = I \alpha \Delta T + I^2 R$$

$$COP = \frac{-\left(\frac{dQ_f}{dt}\right)}{+\left(\frac{dW}{dt}\right)}$$

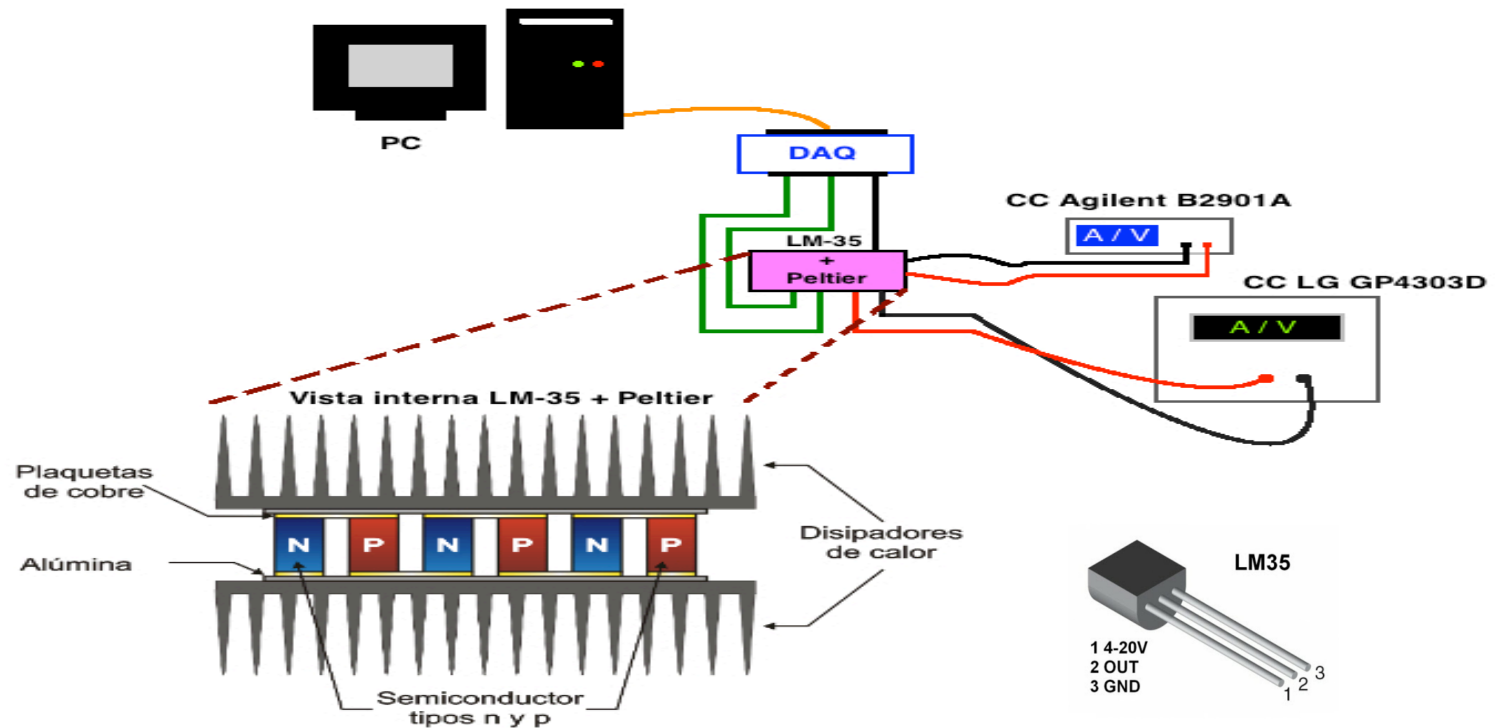
Objetivos

Caracterización de la celda Peltier

- Evolución de la temperatura en función del tiempo. Efecto Peltier y Joule.
- Cálculo del coeficiente de Seebeck.
- Rendimiento como maquina frigorífica.
- Conductividad térmica y resistencia.

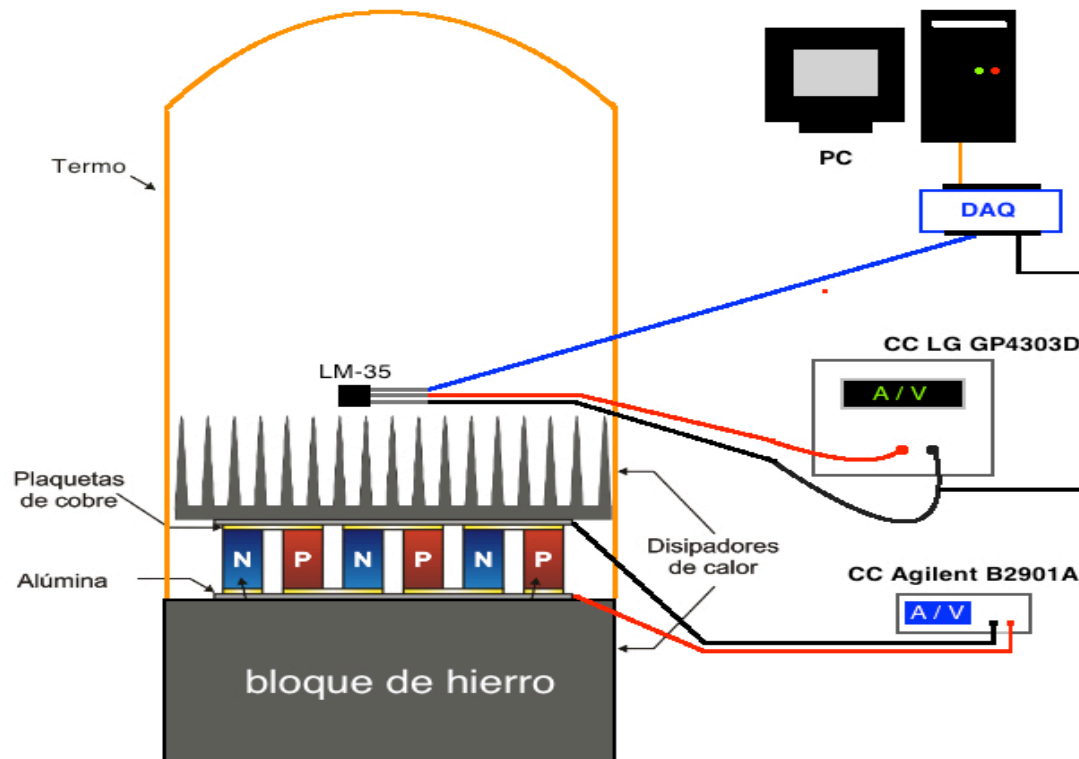
Dispositivo experimental

- Cálculo de la evolución de la temperatura en el tiempo y coeficiente Seebeck.



Dispositivo experimental

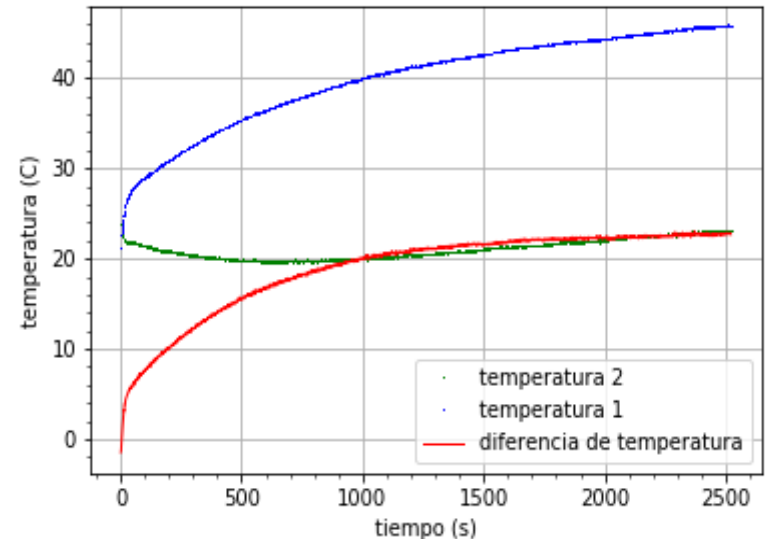
- Cálculo del rendimiento como máquina frigorífica, conductividad térmica y resistencia.



Resultados

Evolución de la temperatura

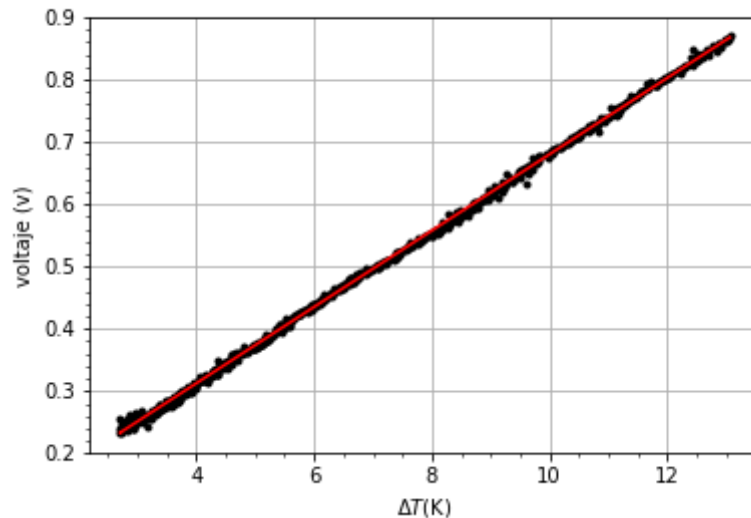
- Se alimentó la celda con una corriente I de 1,5 A y se dejó evolucionar durante 2500 segundos (~ 40 min).
- Se produce el efecto Peltier, por lo tanto se genera una diferencia de temperatura entre sus caras.
- Alrededor de los 1000 segundos (~ 16 min), comienza a manifestarse el efecto Joule y empieza a calentarse todo el conjunto (celda + disipadores).
- A partir de este punto, $\Delta T \sim 22,7^\circ\text{C}$ la celda alcanza un régimen donde la diferencia de temperatura es constante.



Resultados

Coeficiente Seebeck α

- Al llegar al regimen en que predomina el efecto Joule, se corta la corriente que alimenta a la celda, por lo cual decae ΔT .
- Se obtuvo el coeficiente Seebeck α midiendo la diferencia de potencial en las caras con respecto ΔT (en el rango medido, el coeficiente se considera lineal) y realizando un ajuste lineal a dicha recta.



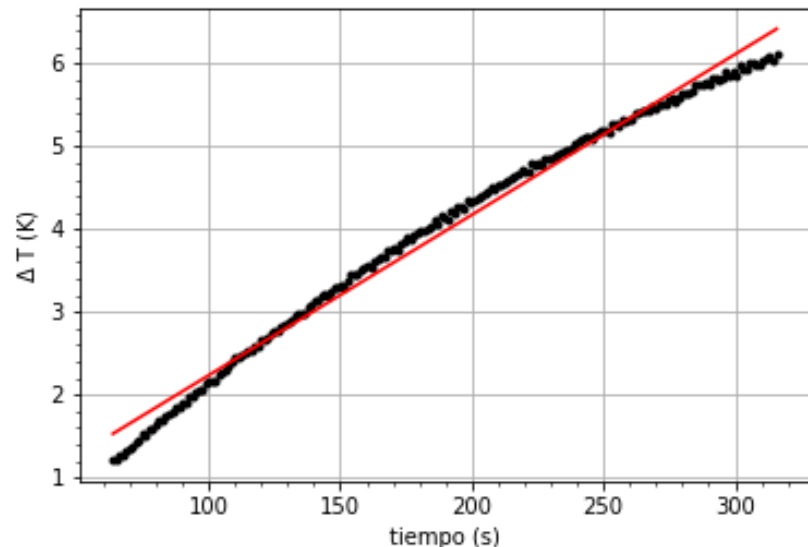
$$\alpha = (6134 \pm 10) * 10^{-6} \frac{V}{^{\circ}K}$$

Resultados

Rendimiento como máquina frigorífica

- Se midieron las potencias entregadas a la celda y la absorbida por la cara fría.
- La primera se obtuvo como la corriente circulante por la tensión entre las placas y para la segunda se midió el cambio de temperatura en el disipador de aluminio (con un sensor LM-35) con respecto al tiempo.

$$P_F = m_{Al} c_{Al} \frac{\Delta T}{\Delta t}$$



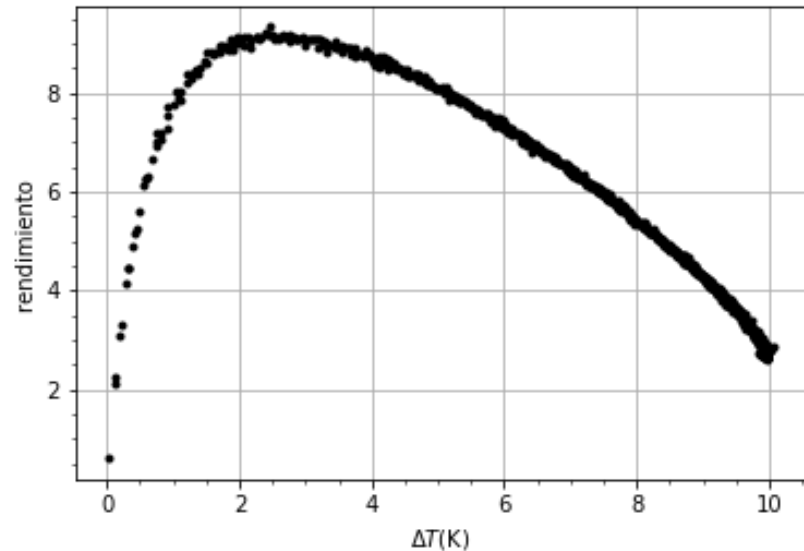
Resultados

Rendimiento como máquina frigorífica

$$COP = 2,795$$

$$\eta = 0,263$$

$$\eta_{ideal} = 29,896$$



Resultados

Conductividad térmica y resistencia

- Usando el coeficiente de Seebeck α obtenido, la resistencia se obtuvo despejando:

$$R = \frac{V - \alpha \Delta T}{I} = (2,546 \pm 0,081) \Omega$$

- Luego, teniendo en cuenta α y R , y además la potencia absorbida de la placa fría, la potencia por calor Joule, el área A y distancia entre placas d de la celda, se calculó la conductividad térmica K despejando:

$$P_F = \alpha I T_F - \frac{I^2 R}{2} - K \frac{A}{d} \Delta T \quad \Rightarrow \quad K = (0,494 \pm 0,110) \frac{W}{m^\circ K}$$

Conclusiones

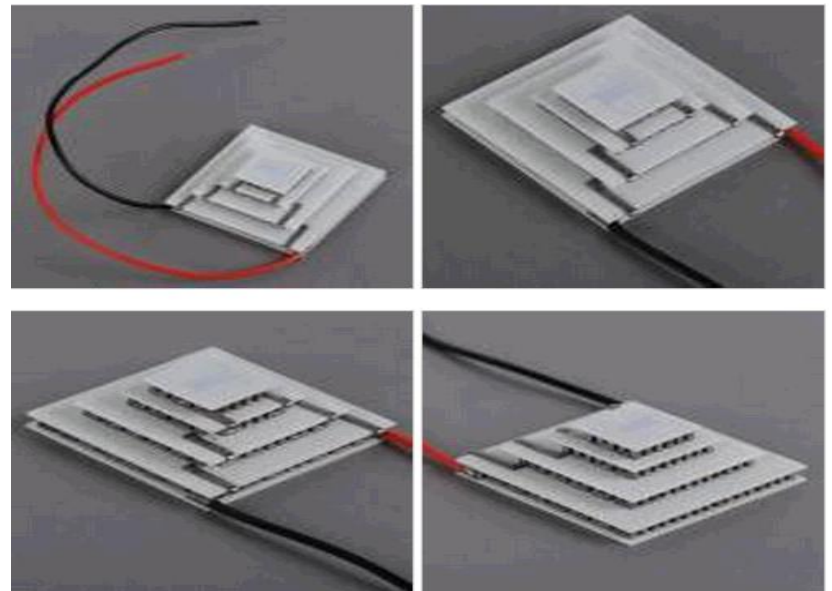
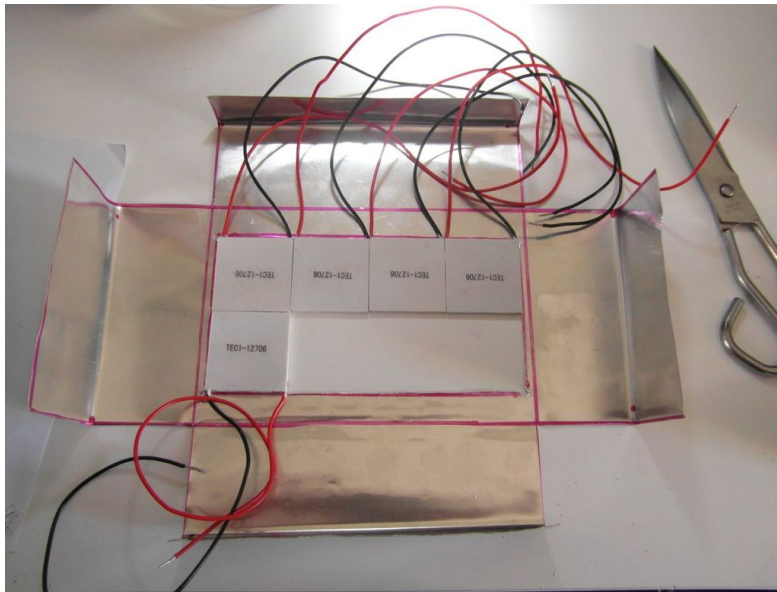
- Durante la evolución de la temperatura, la placa caliente aumenta su temperatura continuamente, mientras que la placa fría, en primer instancia disminuye su valor hasta llegar a un valor mínimo en el estacionario, y luego aumenta, poniendo de manifiesto el efecto Joule.
- Si bien el coeficiente Seebeck depende de la temperatura; en el intervalo de tiempo trabajado (~ 16 min) se comporta de manera constante.
- El rendimiento como máquina frigorífica fue bastante bajo con respecto al de una máquina ideal (9,34%), por lo tanto es muy ineficiente al menos en la configuración experimental utilizada.
- La conductividad térmica de la celda resulto un poco más baja que la del agua; comparable con materiales como ladrillo refractario o mica.

Parámetro	Valor
ΔT (estacionario)	$(21,7 \pm 0,5) ^\circ \text{C}$
Coeficiente Seebeck α	$(6134 \pm 10) * 10^{-6} \text{ V/}^\circ\text{K}$
Rendimiento COP	2,795
Conductividad térmica K	$(0,494 \pm 0,110) \text{ W/m}^\circ\text{K}$
Resistencia R	$(2,546 \pm 0,081) \Omega$

Conclusiones

Posibles ampliaciones...

- Estudiar el efecto Peltier utilizando materiales tales que el coeficiente de Seebeck sea mayor que el analizado; como pueden ser celdas de mayor área.
- Realizar la caracterización y el armado de un sistema frigorífico o un calorímetro con varias celdas apiladas; para poder obtener un mejor rendimiento.
- Realizar mediciones en vacío, para poder disminuir el flujo de calor entre la celda y el ambiente.



¡Muchas gracias!

¿Preguntas?