

## PRÁCTICA 2

### CALIBRADO DE UN TERMOPAR

#### OBJETIVO

Calibrado de un termopar de cobre-constantán utilizando como patrón un termómetro de resistencia de platino. Para ello se introducirán ambos termómetros en sistemas con temperaturas estabilizadas entre 0 y 90 °C. Finalmente, se empleará el termopar de cobre-constantán ya calibrado como termómetro.

#### MATERIAL NECESARIO

- ✓ Termómetro de resistencia de platino (Pt 100)
- ✓ Termopar cobre-constantán
- ✓ Termómetro de vidrio
- ✓ Dos multímetros (uno de ellos Fluke, de alta sensibilidad)
- ✓ Baño termostático
- ✓ Calorímetro (vaso Dewar)

#### INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Un termopar es un termómetro que consiste en dos metales (cobre y constantán en este caso, termopar tipo T) unidos en la forma especificada en la figura 1. Este termómetro tiene dos soldaduras “sensoras” y su ecuación termométrica, en un intervalo pequeño de temperaturas, es

$$E = a + b \Delta t \quad (1)$$

donde  $E$  es la fuerza electromotriz (f.e.m) del circuito e  $\Delta t$  es la diferencia de temperaturas de las soldaduras. El origen de esta f.e.m. es el efecto Seebeck. Normalmente, la constante  $a$  es cero y una de las soldaduras se coloca en el punto de hielo del agua (0 °C), por lo que la relación termométrica queda  $E = b \Delta t$ , con  $t$  la temperatura de la soldadura de medida.

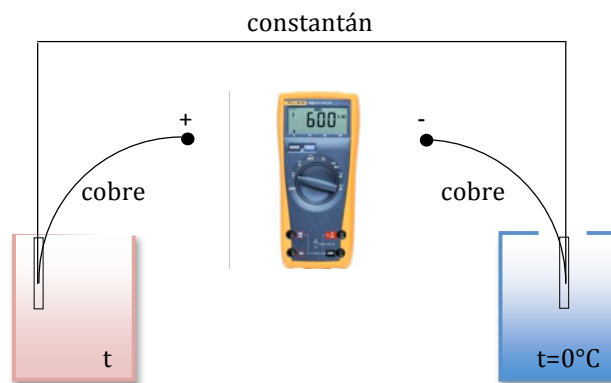


Figura 1.- Esquema de la conexión del termopar

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

---

Es importante observar que las medidas requieren cierto tiempo, pues los termómetros deben alcanzar el equilibrio térmico con sus alrededores. Por tanto, cada vez que tengamos que hacer cualquier medida, se ha de esperar el tiempo suficiente como para que se establezcan las lecturas de los multímetros (por ejemplo, que la variación relativa sea menor del 0.2% para el termómetro de platino y menor del 1% para el termopar).

### Medida de la f.e.m. del termopar

Las soldaduras del termopar deberán permanecer introducidos en sus vainas (metálicas o de vidrio) durante la realización de las medidas. Se ha de preparar hielo picado fundente en el vaso Dewar y dejar allí durante toda la práctica una de sus soldaduras. Ésta constituirá la soldadura fría o de referencia del termopar y la otra soldadura constituirá la soldadura caliente o sensora. La f.e.m. del termopar se determinará midiendo la diferencia de potencial entre sus terminales eléctricos con el multímetro Fluke (empleado como milivoltímetro DC).

### Medida de temperaturas con el termómetro de resistencia de platino

El termómetro de resistencia de platino es el que se emplea en la Escala Internacional de Temperaturas y tiene una relación termométrica de la forma

$$R = R_0 \left( 1 + At + Bt^2 \right) \quad (2)$$

donde  $R_0$  es la resistencia del termómetro a 0 °C y las constantes  $A$  y  $B$  son características del platino. El termómetro que emplearemos aquí está calibrado de modo que  $R_0 = 100.0 \Omega$ , aunque este valor  $R_0$  será una de las medidas que realizaremos, que servirá también para comprobar si hemos preparado adecuadamente la mezcla de hielo y agua líquida en el punto de hielo. La resistencia del termómetro de platino se determinará con el otro multímetro facilitado empleado como óhmetro en la escala de 200  $\Omega$ .

A efectos de uso del termómetro de platino, emplearemos una tabla de calibrado (tabla 1) y mediante interpolación determinaremos la temperatura correspondiente a cada lectura de la resistencia eléctrica.

### Empleo del punto de hielo del agua

Hemos dicho que la constante  $a$  de la relación termométrica del termopar toma normalmente el valor cero, pero conviene comprobar que esto es así (o determinar su valor en caso de no ser nulo). Para ello se colocan las dos soldaduras en el mismo sistema y, como  $\Delta t = 0$ , una medida de la f.e.m. nos dará directamente el valor de  $a$ . La elección del sistema en el que se han de introducir las soldaduras es arbitraria pero, dado que la soldadura de referencia estará en el punto de hielo, conviene emplear el sistema del hielo fundente. La medida consiste en introducir las dos soldaduras en el vaso Dewar con hielo fundente, esperar un tiempo prudencial hasta que las soldaduras hayan alcanzado el equilibrio y anotar la lectura de la f.e.m. del termopar. Introduciendo también el termómetro de platino en el vaso Dewar, medir la resistencia  $R_0$  del termómetro de platino a 0 °C.

### Empleo del baño termostático

Colocad en el tubo de ensayo un poco de agua destilada de tal modo que el tubo quede medio lleno cuando se introduzcan en su interior, llegando ambos al fondo, el termómetro de platino y la soldadura caliente del termopar. Sin encender el baño, se colocará el tubo de ensayo en su interior y se determinarán la resistencia del termómetro de platino y la f.e.m. del termopar.

Después se fijará el control electrónico del baño para que se alcancen 30, 50, 70 y 90 °C. Tras alcanzarse los correspondientes equilibrios térmicos, se medirán los correspondientes valores de la resistencia del termómetro de platino y la f.e.m. del termopar.

Apagad el baño cuando hayáis acabado pero no saquéis el tubo de ensayo ni los termómetros.

### **Calibrado del termopar**

Con los seis pares de valores ( $R$ ,  $E$ ) obtenidos se procederá al calibrado del termopar. Previamente se calcularán, mediante interpolación en la tabla 1, los valores exactos de la temperatura medida con el termómetro de platino. Con estos valores de temperatura y los de la f.e.m., se realizará un ajuste lineal que pase por el origen y se determinará la constante  $b$  del termopar.

### **Uso del termopar como termómetro**

Encended el baño y mirad la lectura del termómetro incorporado en el panel frontal. Ajustad el controlador electrónico de temperatura al valor de la lectura anterior, de tal modo que el baño se quede estable a esa temperatura. Medid entonces la resistencia del termómetro de platino y la f.e.m. del termopar.

Utilizando la ecuación de la recta de regresión (ecuación de calibrado del termopar), calculad la temperatura medida por el termopar. Utilizando la tabla, calculad también la temperatura medida con el termómetro de platino. Finalmente, introducid el termómetro de vidrio en el baño y medid la temperatura.

## **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

---

- (a) Tabla con los valores de  $R$  y  $E$  a distintas temperaturas.
- (b) En la misma tabla anterior, valores de la temperatura calculados mediante interpolación a partir de la resistencia del termómetro de platino.
- (c) Gráfica de calibrado termopar,  $t = f(E)$ , obtenida empleando todos los valores de temperatura calculados en el apartado (b) y las medidas de la f.e.m. del termopar.
- (d) Tabla de comparación de las medidas de temperatura del agua del baño realizadas con el termopar, utilizando su recta de calibrado, con las del termómetro de resistencia de platino y las del termómetro de vidrio.

TABLA 1. Resistencia ( $\Omega$ ) a distintas temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) para un sensor Pt100.

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>0</b>	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	103.90
<b>10</b>	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	107.79
<b>20</b>	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.28	111.67
<b>30</b>	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	113.99	114.38	114.77	115.15	115.54
<b>40</b>	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.85	118.24	118.62	119.01	119.40
<b>50</b>	119.40	119.78	120.16	120.55	120.93	121.32	121.70	122.09	122.17	122.86	123.24
<b>60</b>	123.24	123.62	124.01	124.39	124.77	125.16	125.54	125.92	126.31	126.69	127.07
<b>70</b>	127.07	127.45	127.84	128.22	128.60	128.98	129.37	129.75	130.13	130.51	130.89
<b>80</b>	130.89	131.27	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32	134.70
<b>90</b>	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12	138.50

$$R_0 = 100\Omega$$

$$\frac{R_{100}}{R_0} = 1.3850$$