

# Conductividad térmica de metales

## 1. Objetivos de la práctica

1. Determinar la capacidad calorífica de un calorímetro a partir de calorimetría de intercambio de calor.
2. Establecer equilibrios térmicos en calorimetría.
3. Determinar experimentalmente la conductividad térmica.

## 2. Resumen teórico

Para una barra cilíndrica de metal la conductividad térmica viene dada por la ley de Fourier,  $j = -k\nabla T$ , siendo  $k$  la constante de proporcionalidad de la conductividad térmica y  $T$  la temperatura. Determinaremos experimentalmente la conductividad térmica midiendo el gradiente  $\nabla T$  de una barra cilíndrica de aluminio colocando sus extremos entre un foco caliente y uno frío, y el flujo de calor  $j$  cedido por la barra al foco frío.

Utilizaremos como foco frío agua contenida en un calorímetro a temperatura cercana a 0°C, mientras que usaremos la punta de un soldador a 150°C como foco caliente, al otro extremo de la barra. Una vez alcanzado el estado estacionario, cuando la distribución de temperatura a lo largo de la barra sea constante, se dejará evolucionar la temperatura del agua del calorímetro, que aumentará con el tiempo debido a la transferencia de calor desde la barra. Determinaremos a partir de la evolución de la temperatura del agua la tasa de calor absorbida, qque contiene una distribución de la barra y otra del ambiente, de modo que

$$q_{total} = q_{barra} + q_{amb} \rightarrow q_{barra} = q_{total} - q_{amb}$$

la relación entre el flujo de calor y la tasa de calor es

$$j = \frac{q}{S}$$

siendo  $S$  la superficie en la que se trasmite el flujo de calor, la sección transversal de la barra. Despreciaremos el flujo de calor que va por los laterales de la barra (que estarán recubiertos de plástico).

Aplicando la ley de Fourier a través de la barra

$$j = \frac{q_{barra}}{S} = k_{barra} |\nabla T| = k_{barra} \frac{\Delta T}{L}$$

donde  $\Delta T$  es la diferencia de temperatura en el estado estacionario entre los dos puntos de la barra, de separación  $L$ . Sustituyendo la tasa de calor del agua en la expresión anterior

$$k_{barra} = \frac{(q_{total} - q_{amb}) \cdot L}{\Delta T \cdot S}$$

### 3. Procedimiento experimental.

Esta práctica se separa en tres experiencias en la toma de datos:

#### 3.1. Experiencia 1: Capacidad calorífica del calorímetro

Para obtener la tasa de calor absorbido por el calorímetro del medio ambiente ( $q_{amb}$ ) necesitamos su capacidad calorífica.

Esto lo obtenemos de una calorimetría de intercambio de calor entre el calorímetro a una temperatura de equilibrio inicial  $T_i$  y una masa de agua de la que conocemos el calor específico ( $4,18 \text{ Jg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) y su temperatura de referencia  $T_R$ .

Como el aislamiento del calorímetro no es perfecto, en cuanto introducimos el agua comienza a intercambiar calor con el ambiente. Entonces tomamos como temperatura de equilibrio la que hay nada más verter el agua (tras la estabilización de la lectura de la sonda termopar, unos segundos) antes de que alcance el equilibrio agua-calorímetro (en unos minutos). Esto habrá que repetirlo tres veces para la misma temperatura inicial.

Dado que las otras partes se van a realizar a  $0^\circ$ , usaremos una temperatura cercana, para lo cual usaremos una mezcla de agua y hielo. Tendremos cuidado al verter de que no caigan los hielos en el calorímetro, alterando el intercambio de calor.

Observando la evolución de esta temperatura a medida que se intercambia calor entre el agua y el calorímetro, podemos observar un momento de estabilidad, que corresponde con el momento en que las temperaturas del agua y el recipiente se igualan. Tras eso el sistema solo intercambia calor con el entorno.

### 3.2. Experiencia 2: Calor absorbido del ambiente

Ahora, conociendo la capacidad calorífica del calorímetro, vamos a obtener la tasa de transferencia de calor desde el ambiente al sistema calorímetro-agua, esto es  $q_{amb}$ .

Usamos una cantidad de agua parecida a la utilizada en la anterior experiencia, se vierte en el calorímetro y se pone en contacto con la barra. Observaremos cómo evoluciona intercambiando calor con la barra y el ambiente.

La hacemos llegar a la temperatura de equilibrio próxima a  $0^{\circ}\text{C}$ , con hielo una vez más. Retiramos el hielo y dejamos evolucionar.

Comprobamos cada 5 min la temperatura, durante un total de 30 min. Hay que remover con una varilla de vidrio (cuyo efecto en la temperatura despreciamos) para que la temperatura sea uniforme.

### 3.3. Experiencia 3. Calor total: calor cedido por la barra + calor absorbido del ambiente

Colocamos la barra verticalmente y anclada al soporte con pinzas. Se coloca el calorímetro sobre una base con regulación de altura para permitir su elevación y con ello ajustar la parte de la barra sumergida en el agua del calorímetro. Insertamos el soldador en el extremo superior de la barra de aluminio. Este tiene una temperatura de  $150^{\circ}\text{C}$ . Las sondas de temperatura están incrustadas a una cierta distancia, conectadas en las hendiduras de la barra de aluminio y fijadas con unas pinzas de sujeción. Se usa pasta térmica para mejorar la transferencia de calor entre la barra y la sonda.

Rellenamos el agua del calorímetro, y le damos una temperatura de aproximadamente a  $0^{\circ}\text{C}$  utilizando hielo. Removemos con la varilla de vidrio.

Colocamos el calorímetro en el soporte, lo elevamos hasta que la parte de la barra sin aislante se sumerja en el agua, introducimos en el agua una sonda para controlar la temperatura. Mantenemos el agua del calorímetro próxima a  $0^{\circ}\text{C}$ , introduciendo hielo hasta que se alcance estado estacionario entre las temperaturas de la barra: la diferencia de temperaturas de las sondas debe ser constante.

Retiramos el hielo, iniciamos el registro de las temperaturas (las dos sondas y la del agua) cada 20 segundos durante 5 minutos. Agitamos el agua con la varilla para que la temperatura sea uniforme.

Cuando las medidas concluyen, desconectamos todo, sacamos el calorímetro y lo pesamos para ver la cantidad de agua utilizada en el intercambio.



Figura 1: Dispositivo experimental de la experiencia 3

## 4. Tablas de medidas.

Cada tabla de medidas deberá contener un pie de tabla, numerado, donde brevemente se detallen los datos presentados. Cada medida deberá ir acompañada de su incertidumbre. Se llevará a cabo el tratamiento de incertidumbre de las medidas directas y la propagación de incertidumbre para las medidas indirectas. Se añadirán columnas adyacentes que recojan la incertidumbre de las magnitudes.

### 4.1. Experiencia 1

- Peso vacío:  $43,05 \pm 0,01\text{g}$
- $c_{\text{agua}}$ :  $4,18 \pm 0,01\text{Jg}^{-1}\text{C}^{-1}$

	<b>TEST 1</b>		<b>TEST 2</b>		<b>TEST 3</b>	
<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Error</b>	<b>Valor</b>	<b>Error</b>	<b>Valor</b>	<b>Error</b>
$T_i$ (C)	23,7	0,1	23,0	0,1	22,4	0,1
$T_R$ (C)	0,79	0,01	0,6	0,01	0,62	0,01
Peso (g)	482,33	0,01	482,18	0,01	436,73	0,01
$T_{eq}$ (C)	1,4	0,01	1,35	0,01	1,38	0,01
$C$ (J/C)	55,2	1,4	69,8	1,5	66,0	1,5

Tabla 1: Capacidad calorífica  $C$  del calorímetro

En esta tabla hemos obtenido el valor de  $T_{eq}$  observando la temperatura a la que se estabilizaba el sistema agua+calorímetro durante el intercambio, la evolución de la temperatura en el tiempo para las tres pruebas está representada en la Figura 2.

La capacidad calorífica  $C$  se obtiene mediante la expresión

$$C = \frac{c_{agua} \cdot m_{agua} \cdot (T_{eq} - T_R)}{T_i - T_{eq}}$$

siendo  $m_{agua}$  la masa de agua correspondiente, calculada restando el peso del calorímetro a su peso en vacío.

El error de  $C$  ha sido obtenido mediante propagación de errores:

$$\Delta C = \left| \frac{\partial C}{\partial m} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial C}{\partial c} \right| \Delta c + \left| \frac{\partial C}{\partial T_{eq}} \right| \Delta T_{eq} + \left| \frac{\partial C}{\partial T_R} \right| \Delta T_R + \left| \frac{\partial C}{\partial T_i} \right| \Delta T_i$$

Donde  $\Delta m$ ,  $\Delta c$ ,  $\Delta T_{eq}$ ,  $\Delta T_R$ , y  $\Delta T_i$  son las incertidumbres en las mediciones de  $m$ ,  $c$ ,  $T_{eq}$ ,  $T_R$ , y  $T_i$ , respectivamente.

Calculando las derivadas parciales correspondientes y sustituyendo estas en la fórmula obtenemos:

$$\Delta C = \left| \frac{c(T_{eq}-T_R)}{T_i-T_{eq}} \right| \Delta m + \left| \frac{m(T_{eq}-T_R)}{T_i-T_{eq}} \right| \Delta c + \left| \frac{mc}{(T_i-T_{eq})^2} + \frac{m(T_R-T_{eq})}{T_i-T_{eq}} \right| \Delta T_{eq} + \left| \frac{mc}{T_i-T_{eq}} \right| \Delta T_R + \left| \frac{mc(T_{eq}-T_R)}{(T_i-T_{eq})^2} \right| \Delta T_i$$

A partir de estos tres valores obtenidos para  $C$ , podemos obtener la media con su error asociado  $\left( \Delta C = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta C_i^2}{n(n-1)}} \right)$ :

$$C = 63,7 \pm 0,9(\text{J/C})$$

## 4.2. Experiencia 2

- $m_{agua}$ :  $460,13 \pm 0,01\text{g}$
- $c_{agua}$ :  $4,18 \pm 0,01\text{Jg}^{-1}\text{C}^{-1}$

Tenemos que calcular la capacidad térmica total del calorímetro y la masa de agua introducida mediante:

$$C_T = C + m_{agua} \cdot c_{agua}$$

y su correspondiente error, que vendrá dado por

$$\Delta C_T = \Delta C + |c_{agua}| \cdot \Delta m_{agua} + |m_{agua}| \cdot \Delta c_{agua}$$

Obtenemos:

$$C_T = 1987 \pm 6\text{J/C}$$

Ahora, a partir de los datos de la temperatura, calcularemos el calor absorbido por el ambiente a lo largo del tiempo,  $Q_{amb}$

$$Q_{amb}(t) = C_T \cdot (T(t) - T_o)$$

y su correspondiente error

$$\Delta Q_{amb} = \left| \frac{\partial Q_{amb}}{\partial C_T} \right| \Delta C_T + \left| \frac{\partial Q_{amb}}{\partial T} \right| \Delta T + \left| \frac{\partial Q_{amb}}{\partial T_o} \right| \Delta T_o$$

donde  $\Delta C_T$ ,  $\Delta T$  y  $\Delta T_o$  son los errores asociados a las variables  $C_T$ ,  $T$  y  $T_o$  respectivamente. Desarrollando las derivadas parciales:

$$\Delta Q_{amb} = |T - T_o| \cdot \Delta C_T + |C_T| \cdot \Delta T + |-C_T| \cdot \Delta T_o$$

Teniendo en cuenta que

- $T_o = 0,93 \pm 0,01^\circ\text{C}$

tiempo (s) $\pm 1$	T ( $^{\circ}\text{C}$ ) $\pm 0,01$	$T - T_o$	$Q_{amb}$ (J)	$\Delta Q_{amb}$
180	1,33	0,4	794,82	41,96
300	1,52	0,59	1172,36	43,01
441	1,8	0,87	1728,73	44,56
476	1,85	0,92	1828,08	44,84
576	2,03	1,1	2185,75	45,83
622	2,1	1,17	2324,84	46,22
722	2,29	1,36	2702,38	47,28
816	2,45	1,52	3020,31	48,16
900	2,59	1,66	3298,49	48,94
916	2,6	1,67	3318,36	48,99
969	2,71	1,78	3536,94	49,60
1085	2,9	1,97	3914,48	50,65
1175	3,06	2,13	4232,40	51,54
1201	3,1	2,17	4311,88	51,76
1209	3,12	2,19	4351,63	51,87
1348	3,37	2,44	4848,39	53,26
1420	3,45	2,52	5007,35	53,70
1500	3,59	2,66	5285,54	54,48
1616	3,79	2,86	5682,94	55,59
1680	3,9	2,97	5901,52	56,19
1751	4	3,07	6100,22	56,75
1780	4,04	3,11	6179,70	56,97
1800	4,07	3,14	6239,32	57,14

Tabla 2: Calor absorbido por el ambiente. Nótese que  $Q_{amb}$  y su error están expresados con dos decimales, y no con sus cifras significativas

Los datos de esta tabla podemos verlos representados en la Figura 3, en la que hemos realizado una regresión lineal que nos permite obtener la tasa de calor absorbida por el ambiente:

$$q_{amb} = \frac{dQ_{amb}(t)}{dt}$$

### 4.3. Experiencia 3

- $m'$ :  $486,71 \pm 0,01\text{g}$
- $c_{agua}$ :  $4,18 \pm 0,01\text{Jg}^{-1}\text{C}^{-1}$

La nueva capacidad calorífica del sistema será

$$C'_T = C + m' \cdot c_{agua}$$

siendo  $m'$  la nueva masa de agua. Su error, igual que en la sección anterior,

$$\Delta C'_T = \Delta C + |c_{agua}| \cdot \Delta m' + |m'| \cdot \Delta c_{agua}$$

Por tanto

$$\boxed{C'_T = 2098 \pm 6 \text{ J/C}}$$

Ahora obtendremos el calor absorbido total mediante

$$Q_{total}(t) = C'_T \cdot (T(t) - T'_o)$$

y su error

$$\Delta Q_{total} = |T - T'_o| \cdot \Delta C'_T + |C'_T| \cdot \Delta T + |-C'_T| \cdot \Delta T'_o$$

$$\blacksquare T'_o = 3,00 \pm 0,01^\circ\text{C}$$



tiempo(s) $\pm 1$	$T_{up}(^{\circ}\text{C})$ $\pm 0,1$	$T_{down}(^{\circ}\text{C})$ $\pm 0,1$	$T_{agua}(^{\circ}\text{C})$ $\pm 0,01$	$T_{up} - T_{down}$	$Q_{total}$	$\Delta Q_{tot}$
20	51,5	18,3	3,3	33,2	629,44	43,71
40	51,5	18,6	3,26	32,9	545,52	43,47
60	51,5	19,2	3,47	32,3	986,13	44,69
80	51,5	19,2	3,67	32,3	1405,76	45,85
100	51,4	19	3,81	32,4	1699,50	46,67
120	51,4	19	3,97	32,4	2035,20	47,60
140	51,4	19,1	4	32,3	2098,15	47,77
160	51,4	19,2	4,19	32,2	2496,80	48,88
180	51,4	19,3	4,44	32,1	3021,33	50,33
200	51,5	19,1	4,54	32,4	3231,15	50,91
220	51,5	19,4	4,67	32,1	3503,91	51,66
240	51,5	19,3	4,9	32,2	3986,48	53,00
260	51,5	19,4	4,91	32,1	4007,46	53,06
280	51,5	19,7	5,26	31,8	4741,81	55,09
300	51,6	19,8	5,28	31,8	4783,78	55,21
320	51,6	19,9	5,56	31,7	5371,26	56,83
340	51,6	19,7	5,73	31,9	5727,94	57,82
360	51,7	19,5	5,88	32,2	6042,67	58,69
380	51,7	19,3	6,04	32,4	6378,37	59,62
400	51,7	19,2	6,2	32,5	6714,07	60,55

Tabla 3: Calor  $Q_{total}$  absorbido por el agua debido a la barra y al ambiente, en función del tiempo. Una vez más el calor y su error representados con dos decimales

Obtenemos la Figura 4, y de la regresión lineal, su pendiente nos proporciona la tasa de calor absorbida en total:

$$q_{total} = \frac{dQ_{total}(t)}{dt}$$

## 5. Gráficas.

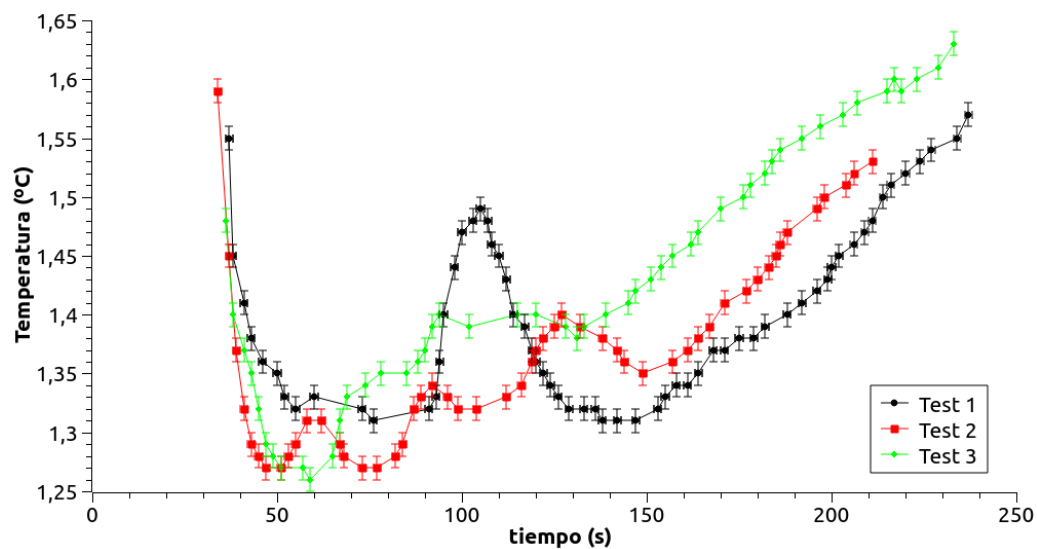


Figura 2: Evolución de la temperatura con el tiempo en la experiencia 1

$t_1$	$\Delta t_1$	$T_1$	$\Delta T_1$	$t_2$	$\Delta t_2$	$T_2$	$\Delta T_2$	$t_3$	$\Delta t_3$	$T_3$	$\Delta T_3$
37	1	1,55	0,01	34	1	1,59	0,01	36	1	1,48	0,01
38	1	1,45	0,01	37	1	1,45	0,01	38	1	1,4	0,01
41	1	1,41	0,01	39	1	1,37	0,01	41	1	1,37	0,01
43	1	1,38	0,01	41	1	1,32	0,01	43	1	1,35	0,01
46	1	1,36	0,01	43	1	1,29	0,01	45	1	1,32	0,01
50	1	1,35	0,01	45	1	1,28	0,01	47	1	1,29	0,01
52	1	1,33	0,01	47	1	1,27	0,01	49	1	1,28	0,01
55	1	1,32	0,01	51	1	1,27	0,01	51	1	1,27	0,01
60	1	1,33	0,01	53	1	1,28	0,01	57	1	1,27	0,01
73	1	1,32	0,01	55	1	1,29	0,01	59	1	1,26	0,01
76	1	1,31	0,01	58	1	1,31	0,01	65	1	1,28	0,01
91	1	1,32	0,01	62	1	1,31	0,01	67	1	1,31	0,01
93	1	1,33	0,01	67	1	1,29	0,01	69	1	1,33	0,01
94	1	1,36	0,01	68	1	1,28	0,01	74	1	1,34	0,01
95	1	1,4	0,01	73	1	1,27	0,01	78	1	1,35	0,01
98	1	1,44	0,01	77	1	1,27	0,01	85	1	1,35	0,01
100	1	1,47	0,01	82	1	1,28	0,01	88	1	1,36	0,01
103	1	1,48	0,01	84	1	1,29	0,01	90	1	1,37	0,01

105	1	1,49	0,01	87	1	1,32	0,01	92	1	1,39	0,01
107	1	1,48	0,01	89	1	1,33	0,01	94	1	1,4	0,01
108	1	1,46	0,01	92	1	1,34	0,01	102	1	1,39	0,01
110	1	1,45	0,01	96	1	1,33	0,01	115	1	1,4	0,01
112	1	1,43	0,01	99	1	1,32	0,01	120	1	1,4	0,01
114	1	1,4	0,01	104	1	1,32	0,01	128	1	1,39	0,01
117	1	1,39	0,01	112	1	1,33	0,01	131	1	1,38	0,01
119	1	1,37	0,01	116	1	1,34	0,01	133	1	1,39	0,01
120	1	1,36	0,01	119	1	1,36	0,01	139	1	1,4	0,01
122	1	1,35	0,01	120	1	1,37	0,01	145	1	1,41	0,01
124	1	1,34	0,01	122	1	1,38	0,01	147	1	1,42	0,01
126	1	1,33	0,01	125	1	1,39	0,01	151	1	1,43	0,01
129	1	1,32	0,01	127	1	1,4	0,01	154	1	1,44	0,01
133	1	1,32	0,01	132	1	1,39	0,01	157	1	1,45	0,01
136	1	1,32	0,01	138	1	1,38	0,01	162	1	1,46	0,01
138	1	1,31	0,01	142	1	1,37	0,01	164	1	1,47	0,01
142	1	1,31	0,01	144	1	1,36	0,01	170	1	1,49	0,01
147	1	1,31	0,01	149	1	1,35	0,01	176	1	1,5	0,01
153	1	1,32	0,01	157	1	1,36	0,01	178	1	1,51	0,01
155	1	1,33	0,01	161	1	1,37	0,01	182	1	1,52	0,01
158	1	1,34	0,01	164	1	1,38	0,01	184	1	1,53	0,01
161	1	1,34	0,01	167	1	1,39	0,01	186	1	1,54	0,01
164	1	1,35	0,01	171	1	1,41	0,01	192	1	1,55	0,01
168	1	1,37	0,01	177	1	1,42	0,01	197	1	1,56	0,01
171	1	1,37	0,01	180	1	1,43	0,01	203	1	1,57	0,01
175	1	1,38	0,01	183	1	1,44	0,01	207	1	1,58	0,01
179	1	1,38	0,01	185	1	1,45	0,01	215	1	1,59	0,01
182	1	1,39	0,01	186	1	1,46	0,01	217	1	1,6	0,01
188	1	1,4	0,01	188	1	1,47	0,01	219	1	1,59	0,01
192	1	1,41	0,01	196	1	1,49	0,01	223	1	1,6	0,01
196	1	1,42	0,01	198	1	1,5	0,01	229	1	1,61	0,01
199	1	1,43	0,01	204	1	1,51	0,01	233	1	1,63	0,01
200	1	1,44	0,01	206	1	1,52	0,01				
202	1	1,45	0,01	211	1	1,53	0,01				
206	1	1,46	0,01								
209	1	1,47	0,01								
211	1	1,48	0,01								
214	1	1,5	0,01								

216	1	1,51	0,01								
220	1	1,52	0,01								
224	1	1,53	0,01								
227	1	1,54	0,01								
234	1	1,55	0,01								
237	1	1,57	0,01								

Tabla 4: Datos de la Figura 2

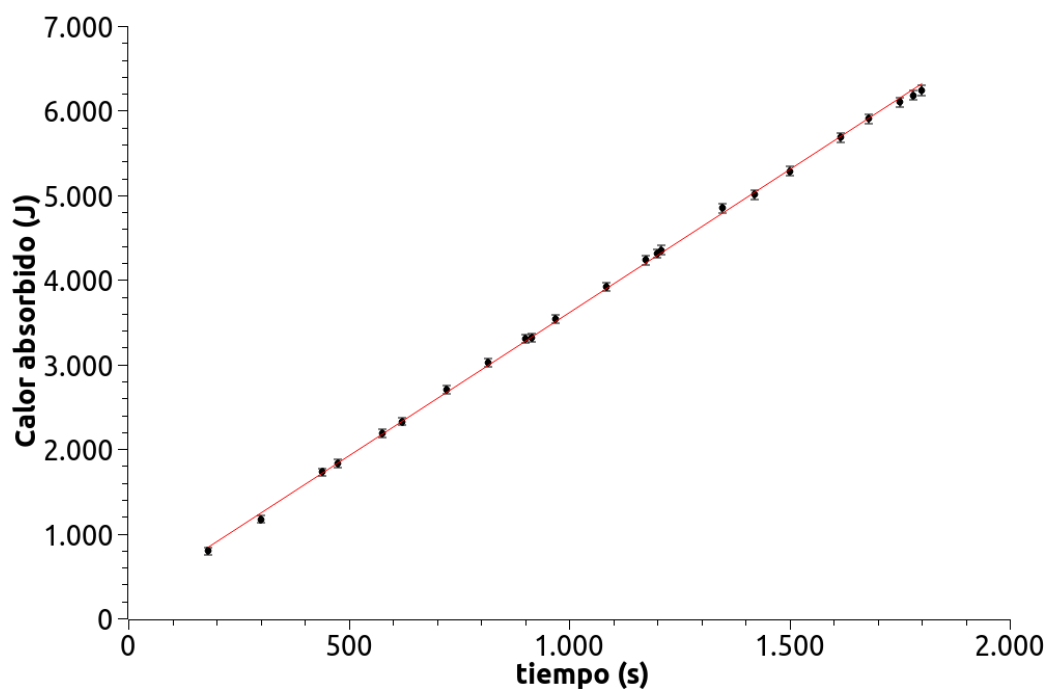


Figura 3: Calor absorbido  $Q_{abs}$  frente al tiempo con regresión lineal

La regresión lineal

$$f(x) = Ax + B$$

siendo

$$A = 3,38 \pm 0,02 \text{ J/s}$$

$$B = 230 \pm 20 \text{ J}$$

Coeficiente de determinación:  $R^2 = 0,999519196641728$

tiempo (s)	Error t	Calor (J)	Error Q
180	1	794,82	41,96
300	1	1172,36	43,01
441	1	1728,73	44,56
476	1	1828,08	44,84
576	1	2185,75	45,83
622	1	2324,84	46,22
722	1	2702,38	47,28
816	1	3020,31	48,16
900	1	3298,49	48,94
916	1	3318,36	48,99
969	1	3536,94	49,6
1085	1	3914,48	50,65
1175	1	4232,4	51,54
1201	1	4311,88	51,76
1209	1	4351,63	51,87
1348	1	4848,39	53,26
1420	1	5007,35	53,7
1500	1	5285,54	54,48
1616	1	5682,94	55,59
1680	1	5901,52	56,19
1751	1	6100,22	56,75
1780	1	6179,7	56,97
1800	1	6239,32	57,14

Tabla 5: Datos de la Figura 3

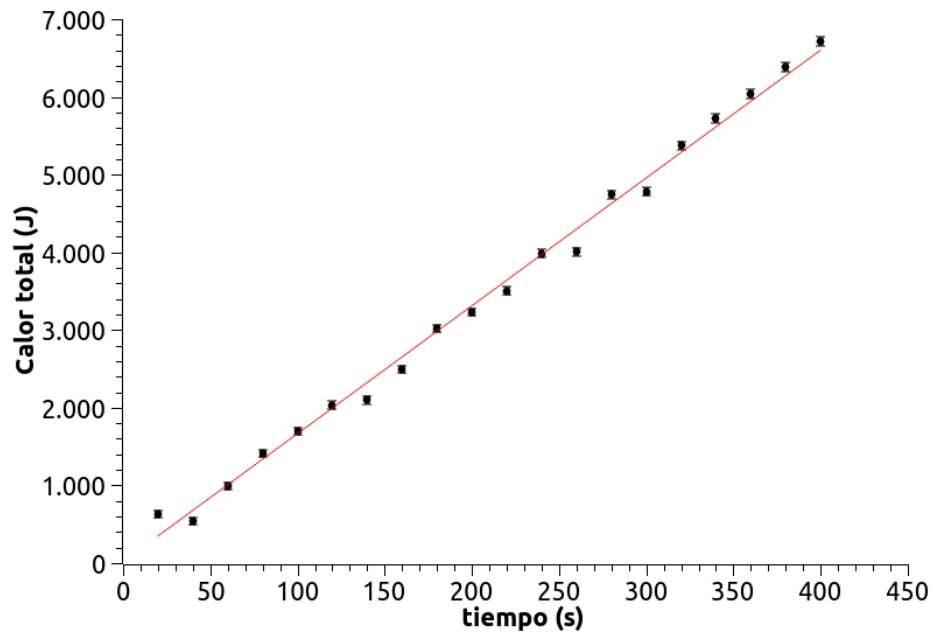


Figura 4: Calor absorbido total  $Q_{tot}$  frente al tiempo con regresión lineal

La regresión lineal

$$f(x) = Ax + B$$

siendo

$$A = 16,5 \pm 0,10 \text{ J/s}$$

$$B = 10 \pm 20 \text{ J}$$

Coefficiente de determinación:  $R^2 = 0,99432262503481$

t(s)	Error t	$Q_{tot}$ (J)	Error $Q_{tot}$
20	1	629,44	43,71
40	1	545,52	43,47
60	1	986,13	44,69
80	1	1405,76	45,85
100	1	1699,5	46,67
120	1	2035,2	47,6
140	1	2098,15	47,77
160	1	2496,8	48,88
180	1	3021,33	50,33
200	1	3231,15	50,91
220	1	3503,91	51,66
240	1	3986,48	53
260	1	4007,46	53,06
280	1	4741,81	55,09
300	1	4783,78	55,21
320	1	5371,26	56,83
340	1	5727,94	57,82
360	1	6042,67	58,69
380	1	6378,37	59,62
400	1	6714,07	60,55

Tabla 6: Datos de la Figura 4

## 6. Discusión de resultados.

A partir de las regresiones de las figuras 3 y 4 hemos podido obtener que

$$q_{amb} = 3,38 \pm 0,02 \text{ J/s}$$

$$q_{total} = 16,5 \pm 0,10 \text{ J/s}$$

Podemos obtener la tasa de calor a través de la barra:

$$q_{barra} = q_{total} - q_{amb}$$

y su correspondiente error:

$$\Delta q_{barra} = \Delta q_{total} + \Delta q_{amb}$$

$$q_{barra} = 13,12 \pm 0,12 \text{ W}$$

Y con ello podemos calcular el valor experimental de la conductividad térmica de la barra:

$$k_{barra} = \frac{q_{barra} \cdot L}{\Delta T_{barra} \cdot S}$$

siendo su error

$$\delta k_{barra} = \left| \frac{L}{\Delta T \cdot S} \right| \delta q_{barra} + \left| \frac{q_{barra}}{\Delta T \cdot S} \right| \Delta L + \left| \frac{-q \cdot L}{\Delta T^2 \cdot S} \right| \delta \Delta T + \left| \frac{-q \cdot L}{\Delta T \cdot S^2} \right| \delta S$$

Con los siguiendes datos medidos:

- $L = 0,280 \pm 0,001\text{m}$
- $\Delta T_{barra} = 32,2 \pm 0,4\text{K}$
- $S = (4,91 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}\text{m}^2$

$k_{barra} = 232 \pm 6\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Según el "Handbook of Chemistry and Physics"(100th Edition, CRC Press, 2019), la conductividad térmica del aluminio es de  $237\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  a  $25^\circ\text{C}$ , aunque distintas fuentes proporcionan diferentes valores para la conductividad, en el rango de 200 a  $240\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

En cualquier caso, la oxidación del aluminio en algunas zonas de la barra es algo que podría causar incertidumbres en la experimentación, aunque no parece ser el caso.

## 7. Conclusiones.

En esta práctica hemos realizado el estudio de un sistema térmico con una barra de aluminio y agua en un calorímetro, calculando las tasas de calor absorbido por el ambiente y por el sistema, y hemos podido determinar experimentalmente la conductividad térmica de este aluminio, que ha quedado en torno a los  $237\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  que nos indica la literatura.