



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE FÍSICA



## Dilatación Térmica

### Objetivos

1. Verificar que al someter metales a altas temperaturas experimentan dilatación térmica.
2. Calcular el coeficiente de dilatación lineal de algunos metales y comparar cada resultado con valores ya conocidos.
3. Comprender la relación que existe entre la resistencia eléctrica y los cambios de temperatura de un material.

### Materiales y equipo

1. Aparato de expansión térmica
2. Generador de vapor
3. Cinta métrica
4. Contenedor para agua
5. Guantes de protección contra calor

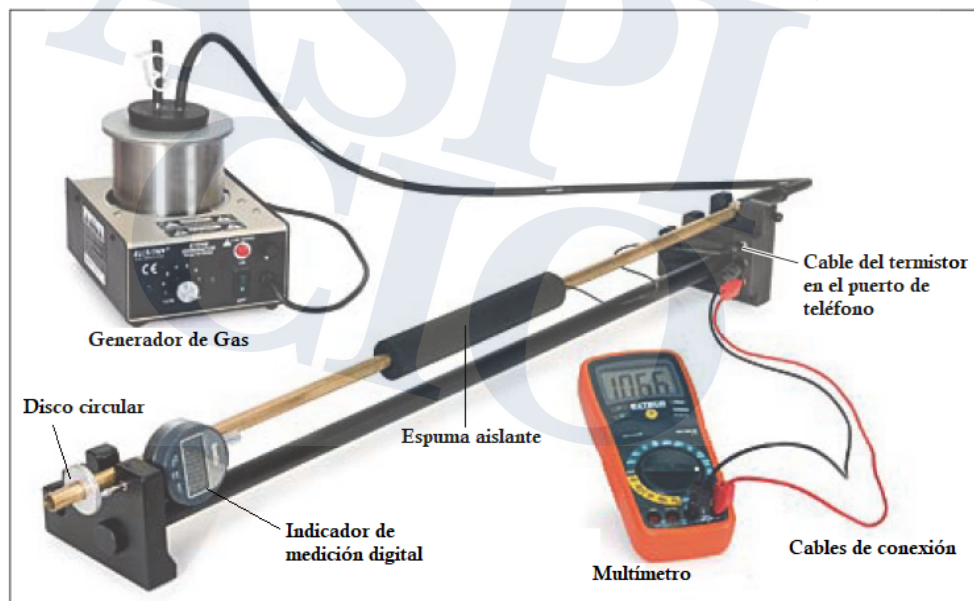


Figura 1: Aparato de expansión térmica

## Marco teórico

La mayoría de los objetos se expanden cuando son calentados a un rango de temperatura que no produzca un cambio de fase, es decir, si aumenta la temperatura de un objeto, este tiende a expandirse en todas sus dimensiones (su volumen aumenta). Este fenómeno es el que conocemos como **dilatación térmica**. Aquí es donde surge la pregunta ¿por qué ocurre esto?, para llegar a la respuesta a nuestra incógnita necesitamos tener en cuenta que toda la materia está formada por átomos, es decir, cada sólido, líquido o gas está compuesto por átomos. Si nos ubicamos al nivel atómico de cualquier objeto, podremos modelarlo como la unión de una infinidad de átomos unidos entre ellos por resortes. Estos átomos siempre están en movimiento, y la cantidad de movimiento depende de la cuanta energía tengan para hacerlo, si aumentamos la temperatura del objeto, se producirá un incremento en la energía contenida por cada átomo por lo que tenderán a tener mayor movimiento aumentando la separación entre los átomos, al ocurrir esto nosotros percibimos como si el objeto se hiciera más grande en todas sus dimensiones. Dado lo anterior podemos decir que al aumentar la temperatura de un cuerpo, sus dimensiones se incrementarán.

A pesar de que los objetos tienden a expandirse en todas sus dimensiones al aumentar su temperatura (incremento en su volumen), hay casos en los que la dilatación se aprecia más en algunas dimensiones que otras y es por eso que escucharemos hablar sobre dilatación lineal, superficial y volumétrica. Para fines de esta práctica nos enfocaremos en la dilatación térmica que puede sufrir un tubo metálico como dilatación lineal, donde podemos apreciar el aumento de dimensiones sobre todo en su longitud. La ley que modela la dilatación lineal puede ser enunciada matemáticamente de la siguiente manera:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (1)$$

donde

- $\Delta L = L_f - L_0$
- $\Delta T = T_f - T_0$
- $L_0$  es la longitud inicial
- $L_f$  es la longitud final
- $\Delta L$  es el cambio o variación en la longitud
- $\Delta T$  es la variación en la temperatura
- $\alpha$  es el coeficiente de dilatación lineal del material

El coeficiente de dilatación lineal  $\alpha$  depende del material que estemos tratando y puede definirse como la variación relativa de longitud al elevar un grado de temperatura. Cada material tiene un coeficiente de dilatación diferente y es por esto que  $\alpha$  nos puede ser muy útil para identificar de qué está hecho un objeto de material desconocido. Para calcularlo utilizamos la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \quad (2)$$

Para los materiales que trabajaremos en esta práctica tenemos los siguientes valores de  $\alpha$ :

Material	$\alpha$ ( $\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )
Aluminio	23.6
Latón	20.3
Cobre	17.0

Tabla 1: Coeficiente de dilatación lineal

## Resistencia de un material

Otro concepto importante que necesitamos comprender es el de resistencia eléctrica. Hasta ahora solo hemos estudiado los efectos de la variación de temperatura sobre las propiedades dimensionales de los objetos como la longitud, superficie o su volumen. Pero existen otras propiedades que son susceptibles al cambio de temperatura, como la resistencia eléctrica y la corriente eléctrica.

Como recordará ya hemos mencionado que la estructura de la materia está compuesta de átomos que pueden modelarse como objetos unidos por resortes, pero hay que añadir que también existen electrones moviéndose libremente, aunque se da en mayor medida en unos materiales que otros, generalmente los metales tienen mayor cantidad de electrones libres debido al tipo de enlace que tienen. Sin dar una definición demasiado estricta podemos definir la corriente eléctrica como la cantidad de electrones libres que pasan por un determinado lugar en un segundo, es decir, la corriente eléctrica solo son electrones en movimiento, entre más rápido se mueven los electrones, mayor corriente hay y viceversa. Como es de esperar, la velocidad a la que “fluyen” los electrones depende mucho del material, y esto es justamente la resistencia eléctrica, la resistencia eléctrica es la oposición al movimiento de los electrones. Una alta resistencia eléctrica influye de manera drástica en la corriente eléctrica.

Como un último esfuerzo de entender el concepto de resistencia eléctrica, imagine que la corriente eléctrica es como el agua que fluye en un río, entre más agua tenga el río más corriente tendríamos, pero cada río es diferente, y en algunos el agua se mueve más fácilmente que en otros. Puede ser que existan ríos con una gran cantidad de obstáculos y que al agua le cueste más moverse en él. La cantidad de obstáculos en nuestra analogía representa la resistencia eléctrica.

Al existir un cambio de temperatura muy grande, las propiedades espaciales cambian, y también lo hacen las propiedades eléctricas. La resistencia eléctrica depende de la temperatura, para un material dado los cambios en la temperatura provocan un cambio completamente medible en la resistencia. Este hecho es muy útil porque nos permite medir indirectamente la temperatura midiendo la resistencia reduciendo el error asociado. Nos valdremos de esto en esta práctica midiendo la resistencia eléctrica y después usando tablas para inducir la temperatura.

Comprender la teoría sobre la dilatación térmica es muy importante en el diseño de los materiales en la parte de ingeniería estructural. Por ejemplo, las juntas que se presentan en estructuras de edificios o autopistas, que controlan los movimientos de expansiones o contracciones evitando así que se produzca alguna grieta o fisura en la estructura, casos similares se dan en los diseños de los tapones dentales, vías de trenes, prótesis internas o clavos quirúrgicos. Al no considerar la dilatación que pueda haber en los materiales podrían generarse accidentes o inconvenientes que podrían llevar a una catástrofe.

## Procedimiento experimental

1. Medida  $L$ , seleccione un tubo de metal y mida su longitud a la temperatura ambiente. Esta medida se hace desde el borde interior del disco circular más grande en un extremo hasta el borde interior del disco circular más pequeño en el otro extremo (ayuda: vea la figura 2). Registre sus resultados en la tabla 2.

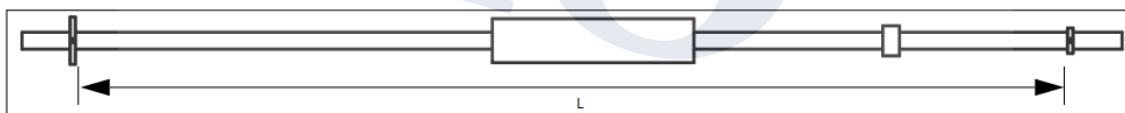


Figura 2: Medida  $L_0$

2. Coloque el tubo metálico en el marco (soporte) del aparato.

Nota: El disco circular más pequeño en el tubo encaja en la ranura del extremo “alto” del marco. Y el disco circular más grande se coloca en el extremo donde se encuentra el indicador de medición digital, haciendo presión contra la punta de este instrumento.

3. Gire el tubo de metal para que la terminal del termistor que se encuentra debajo de la espuma aislante quede en la parte superior. Conecte el cable del termistor a la terminal en la base.
4. Ajuste el tornillo del extremo "alto" contra el tubo hasta que ya no pueda moverse.
5. Conecte los cables del multímetro a los conectores del extremo "alto".
6. Gire la perilla del multímetro para colocarlo en la marca de  $20\text{ k}\Omega$ .
7. Mida y registre  $R_0$ , la resistencia del termistor a temperatura ambiente. **Recuerde registrar este valor en la tabla en Ohmios ( $\Omega$ ), es decir, multiplique el valor del multímetro por mil.**
8. Conectar el adaptador de tubo del tubo de goma al extremo del tubo de metal (debe colocarlo en el extremo más alejado del indicador digital). Conecte este extremo al generador de vapor.
9. Coloque un recipiente debajo del otro extremo del tubo para recolectar el agua drenada por el tubo, producto de la condensación.
10. Presione el botón ON/OFF en el indicador digital para encenderlo. Presione el botón ZERO para establecer la lectura digital inicial en cero.

**Nota:** A medida que el tubo se expande, la punta del indicador digital permanecerá en contacto con el disco circular más grande del tubo.

11. Encienda el generador de vapor. A medida que el vapor comience a fluir, observe la pantalla digital y la lectura de resistencia en el multímetro. Cuando la resistencia del termistor se estabilice, registre la resistencia ( $R_{hot}$ ) en la tabla 2. **Importante: para esta medida tendrá que reajuste la escala del multímetro en la marca de  $2000\ \Omega$ .** También registre la expansión de la longitud del tubo ( $\Delta L$ ) como lo indica la pantalla en el indicador digital.
12. Repetir estos pasos con los otros tubos metálicos.

## Datos experimentales

Para completar las columnas de temperaturas  $T_0$  y  $T_{hot}$  necesitará hacer uso de la tabla 3 que podrá encontrar en los anexos. Si la resistencia no se encuentra en la tabla, deberá hacer interpolación (ver anexos).

Tubo	Medida				Conversiones		
	$L_0$ (mm)	$R_0$ ( $\Omega$ )	$\Delta L$ (mm)	$R_{hot}$ ( $\Omega$ )	$T_0$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{hot}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Aluminio							
Latón							
Cobre							

Tabla 2: Registro de datos experimentales

## Tratamientos de datos experimentales

1. Calcule el coeficiente de dilatación lineal  $\alpha$  para cada tubo metálico utilizado, utilice la ecuación 2 para este inciso.
2. Para cada  $\alpha$  calculado, determine el porcentaje de error respecto al valor teórico brindado en la tabla 1 mediante la siguiente ecuación:

$$\%error = \frac{|\alpha_{teórico} - \alpha_{calculado}|}{\alpha_{teórico}} \times 100\% \quad (3)$$

## Cuestionario

1. ¿Por qué medimos la resistencia eléctrica en este experimento y no directamente la temperatura con un termómetro? Explique.
2. Supongamos que colocamos una prótesis en la pierna de un paciente, pero nos equivocamos al momento de fabricarla y usamos un material que tiene un coeficiente de expansión lineal diferente al requerido (un coeficiente mayor al del medio). ¿Qué pasaría con la prótesis del paciente en invierno y verano específicamente?
3. Si quisiéramos encontrar el coeficiente de expansión volumétrico para los mismos materiales del experimento, ¿es aconsejable realizar un experimento distinto en el cual se mida la variación en todas sus dimensiones? Explique.
4. ¿Es posible mencionar que los líquidos poseen un coeficiente de dilatación lineal? Explique.

## Conclusiones

1. En base a los resultados obtenidos, ¿qué relación existe entre el coeficiente de dilatación lineal y el tipo de metal? Considere las densidades de cada metal utilizado en la práctica para responder.
2. En base a los porcentajes de error que calcularon ¿considera que el problema planteado fue resuelto de forma satisfactoria? Explique.
3. ¿Cómo es el comportamiento de la resistencia eléctrica al aumentar la temperatura?

## Bibliografía

- Física para Ciencias de la Salud. Wilson, Buffa, Lou, Giancoli. 2da edición. Pearson.
- Física, Serway, R y Faughn, J. 5ta Edición. Prentice Hall. 2001.
- Física para ciencias de la Vida. Jou, D; Llebot, J y Garcia, C. McGraw Hill. 1994.
- Física para ciencias e ingeniería . Cengage. Serway , R., & Jewett, J. (2008).
- Manual PASCO, Thermal Expansion Apparatus, TD-8856.

## Anexos

Aquí podrás encontrar la relación entre la resistencia medida con el multímetro y la temperatura para completar tu tabla:

R ( $\Omega$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	R ( $\Omega$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	R ( $\Omega$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	R ( $\Omega$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	R ( $\Omega$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
55,142	-10	18,074	12	6,810	34	2,880	56	1,341	78
52,235	-9	17,242	13	6,534	35	2,776	57	1,298	79
49,499	-8	16,452	14	6,271	36	2,677	58	1,256	80
46,924	-7	15,704	15	6,019	37	2,580	59	1,216	81
44,500	-6	14,992	16	5,778	38	2,489	60	1,178	82
42,215	-5	14,317	17	5,549	39	2,401	61	1,141	83
40,057	-4	13,676	18	5,329	40	2,317	62	1,105	84
38,025	-3	13,068	19	5,120	41	2,236	63	1,071	85
36,107	-2	12,491	20	4,920	42	2,158	64	1,038	86
34,298	-1	11,941	21	4,729	43	2,084	65	1,006	87
32,590	0	11,418	22	4,546	44	2,012	66	975	88
30,974	1	10,921	23	4,371	45	1,942	67	945	89
29,448	2	10,450	24	4,204	46	1,877	68	917	90
28,007	3	10,000	25	4,045	47	1,814	69	889	91
26,645	4	9,572	26	3,892	48	1,753	70	862	92
25,357	5	9,166	27	3,745	49	1,694	71	837	93
24,138	6	8,778	28	3,601	50	1,637	72	812	94
22,984	7	8,409	29	3,471	51	1,583	73	788	95
21,892	8	8,058	30	3,342	52	1,531	74	765	96
20,858	9	7,724	31	3,219	53	1,480	75	742	97
19,880	10	7,405	32	3,101	54	1,432	76	721	98
18,953	11	7,100	33	2,988	55	1,386	77	700	99

Tabla 3: Relación Resistencia-Temperatura

Si no encuentra el valor de resistencia que ocupa en la tabla es necesario interpolar. Para esto usaremos la siguiente formula:

$$T_x = T_1 + \left( \frac{R_{medido} - R_1}{R_2 - R_1} \right) (T_2 - T_1)$$

donde:

- $R_1$  es la resistencia superior en la tabla.
- $R_2$  es la resistencia inferior en la tabla.
- $T_x$  es la temperatura que deseamos interpolar.
- $T_1$  es la temperatura superior en la tabla.
- $T_2$  es la temperatura inferior en la tabla.
- $R_{medido}$  es la resistencia encontrada en el laboratorio.

**Nota:**  $R_{medido}$  debe ser un valor que se encuentra entre  $R_1$  y  $R_2$ .

**Alerta de riesgo oculto:** Cuando hablamos de que  $T_1$  es la temperatura superior no nos referimos a su valor numérico, si no más bien a su posición en la tabla

## Ejemplo

Para que quede claro el modo de usar la formula estudie el siguiente ejemplo.

Usted midió una resistencia de  $825 \Omega$ , ¿Cuál es la temperatura asociada a esa resistencia usando la tabla anterior?

### Solución

Primero tenemos que buscar entre que valores de resistencia de la tabla se encuentra el valor medido en el laboratorio.  $825 \Omega$  se encuentre entre los valores de  $812 \Omega$  y  $837 \Omega$ , y respectivamente  $94^\circ\text{C}$  y  $93^\circ\text{C}$ . El valor más alto de resistencia será  $R_1$  y el más bajo  $R_2$  y se corresponderán con las temperaturas. En nuestro caso tendremos:

- $R_1 = 837 \Omega$  y  $T_1 = 93^\circ\text{C}$
- $R_2 = 812 \Omega$  y  $T_2 = 94^\circ\text{C}$

Sustituyendo tendremos:

$$T_x = 93 + \left( \frac{825 - 837}{812 - 837} \right) * (94 - 93)$$
$$T_x = 93.48^\circ\text{C}$$

Por lo tanto, sabemos que para una resistencia de  $825 \Omega$  la temperatura debe de ser  $93.48^\circ\text{C}$