

5-2.1 Operación básica

La figura 5-1 esquematiza un puente Wheatstone. El puente tiene cuatro ramas resistivas, junto con una fuente de fem (una batería) y un detector de cero, generalmente un galvanómetro u otro medidor sensible a la corriente. La corriente a través del galvanómetro depende de la diferencia de potencial entre los puntos *c* y *d*. Se dice que el puente está *balanceado* (o en equilibrio) cuando la diferencia de potencial a través del galvanómetro es 0 V, de forma que no hay paso de corriente a través de él. Esta condición se cumple cuando el voltaje del punto *c* al punto *a* es igual que el voltaje del punto *d* al punto *a*; o bien, tomando como referencia la otra terminal de la batería, cuando el voltaje del punto *c* al punto *b* es igual que el voltaje del punto *d* al punto *b*. Por tanto, el puente está en equilibrio cuando

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \tag{5-1}$$

Si la corriente del galvanómetro es cero, la siguiente condición también se cumple

$$I_1 = I_3 = \frac{E}{R_1 + R_3} \tag{5-2}$$

y

$$I_2 = I_4 = \frac{E}{R_2 + R_4} \tag{5-3}$$

Al combinar las ecuaciones (5-1), (5-2) y (5-3) y simplificarlas se obtiene

$$\frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{R_2}{R_2 + R_4} \tag{5-4}$$

de la cual

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \tag{5-5}$$

La ecuación (5-5) es la expresión conocida para el equilibrio del puente Wheatstone. Si tres de las resistencias tienen valores conocidos, la cuarta puede establecerse a partir de la ecuación (5-5). De aquí, si R_4 es la resistencia desconocida, y su valor R_x puede expresarse en términos de las resistencias restantes como sigue:

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1} \tag{5-6}$$

La resistencia R_3 se denomina *rama patrón* del puente, y las resistencias R_2 y R_1 , se les nombra *ramas de relación*.

La medición de la resistencia desconocida R_x es independiente de las características o de la calibración del galvanómetro detector de cero, puesto que el detector de cero tiene suficiente sensibilidad para indicar la posición de equilibrio del puente con el grado de precisión requerido.

5-2.2 Errores de medición

El puente Wheatstone se emplea ampliamente en las mediciones de precisión de resistencias desde 1 Ω hasta varios megaohms. La principal fuente de errores de medición se encuentra en los errores límites de las tres resistencias conocidas. Otros errores pueden ser los siguientes:

- a) Sensibilidad insuficiente en el detector de cero (véase sección 5-2.3.)
- b) Cambios en la resistencia de las ramas del puente debido a los efectos de calentamiento por la corriente a través de los resistores. El efecto de calentamiento (I^2R) por las corrientes en las ramas del puente puede cambiar la resistencia en cuestión. El aumento de temperatura no sólo afecta la resistencia durante la medición, sino que, las corrientes *excesivas* pueden producir un cambio permanente en el valor de la resistencia. Esto puede obviarse y no ser detectado a tiempo y las mediciones subsiguientes resultan erróneas. La disipación de potencia de las ramas del puente se debe calcular previamente, en particular cuando se van a medir valores de resistencia bajos y la corriente debe ser limitada a un valor seguro.
- c) Las fem térmicas en el circuito del puente o en el circuito del galvanómetro pueden causar problemas cuando se miden resistencias de valor bajo. Para prevenirlas se utilizan los galvanómetros más sensibles que algunas veces tiene bobinas y sistemas de suspensión de cobre para evitar el contacto de metales disímiles y la generación de fem térmicas.
- d) Los errores debidos a la resistencia de los contactos y terminales exteriores al circuito puente intervienen en la medición de valores de resistencia muy bajos. Estos errores se pueden reducir mediante el uso de un puente Kelvin (véase sección 5-3).

5-2.3 Circuito equivalente Thévenin

Para saber si el galvanómetro tiene *sensibilidad* para detectar el estado de desequilibrio, es necesario calcular la corriente en el detector. Diferentes galvanómetros además de tener diferentes corrientes por unidad de deflexión (sensibilidad de corriente) también pueden tener una resistencia interna diferente. Es imposible afirmar, sin un cálculo

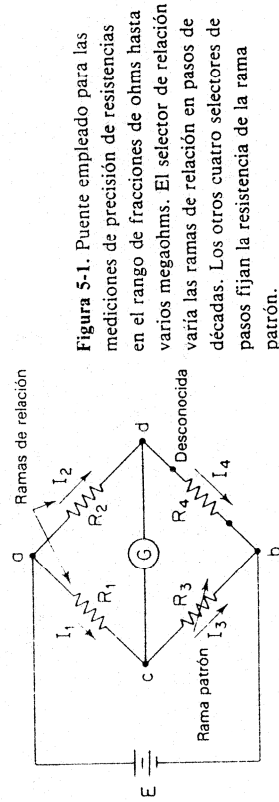


Figura 5-1. Puente empleado para las mediciones de precisión de resistencias en el rango de fracciones de ohms hasta varios megaohms. El selector de relación varía las ramas de relación en pasos de décadas. Los otros cuatro selectores de pasos fijan la resistencia de la rama patrón.