

## CALIBRACIÓN DE UN RESISTOR ELÉCTRICO

### I. OBJETIVOS

Calibrar un resistor eléctrico usando un resistor patrón.

Evaluar e informar de conformidad con normas nacionales e internacionales, la incertidumbre en el valor del resistor a calibrar.

### II. ANTECEDENTES

Si se toman dos barras de iguales dimensiones y misma geometría, pero constituidas de diferentes materiales y se les aplica ente sus extremos la misma diferencia de potencial, se obtendrán corrientes diferentes, que se pueden medir con facilidad. A la propiedad de cada barra, que permite que las corrientes sean distintas, se le denomina *resistencia eléctrica*.

Matemáticamente, se calcula el valor de la resistencia eléctrica  $R$ , como el cociente de la diferencia de potencial eléctrico aplicado,  $V$ , dividido por el valor de la intensidad de corriente obtenida,  $I$ . Es decir,

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

En el sistema internacional de unidades, la diferencia de potencial está expresada en unidad de Volt (símbolo V) y la intensidad de corriente en unidad de Ampere (símbolo A). Por lo tanto, la resistencia eléctrica se expresa en (V/A) y se define esa relación como un Ohm (símbolo  $\Omega$ ). De esta manera, la resistencia eléctrica es la tendencia de un material a impedir el flujo de cargas eléctricas a través de él.

El uso de resistores en la industria y en la investigación científica, es muy variado. Los resistores se fabrican comúnmente, en un intervalo de valores muy grande, que puede ir desde  $m\Omega$  ( $10^{-3} \Omega$ ) hasta  $T\Omega$  ( $10^{12} \Omega$ ). La exactitud e invariabilidad en los valores de resistencia eléctrica, de los diversos resistores, depende principalmente del material con el cual están hechos.

Los patrones primarios de resistencia que se conservan en el NIST (National Institute of Standards and Technology) en Estados Unidos, son carretes de alambre de

*manganina*, aleación cuya característica principal, es que su resistencia varía muy poco con los cambios de temperatura. Sin embargo, estos carretes se colocan en baños de aceite para controlar la temperatura y previamente reciben un recocido especial para eliminar esfuerzos, que también afectan el valor de la resistencia. Las características de la manganina son:

- Resistividad ( $\rho$ ) =  $4.4 \times 10^{-7} \Omega m$  a  $T = 20 \text{ }^\circ C$ .
- Coeficiente térmico de resistividad,  $\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ }^\circ C^{-1}$ .
- Temperatura de fusión,  $T = 910 \text{ }^\circ C$ .

Los resistores se pueden clasificar en fijos y variables. Los variables son de diversas terminales, de dos a cinco, mientras que los fijos se fabrican en una gran variedad, dependiendo de su composición química. De todos ellos, los resistores fijos son los que más se usan en metrología científica, ya que son accesibles, con valores de potencia en el intervalo de  $0.0001 \text{ W}$  hasta  $100 \text{ MW}$ , con tolerancia de  $0.0001 \%$ . Su coeficiente térmico de resistividad puede tomar valores desde  $2.0 \times 10^{-5} \text{ }^\circ C^{-1}$ , con una potencia máxima de  $200.0 \text{ W}$ .

Dentro de los resistores utilizados como referencias de alta exactitud, se encuentran los tipos de Thomas, Reichsantalt, Rosa, Esi sr 104 y Fluke 742.

En los patrones de resistencia se emplean materiales resistivos especiales, caracterizados por:

- Constancia de valor de resistencia.
- Bajo coeficiente térmico de resistividad.
- Bajo valor de fuerza termoeléctrica con cobre.
- Inductancia mínima.
- Alta resistencia mecánica y térmica.

Existen diversas técnicas de medición de resistencias; entre las más comunes se encuentran:

- Medición directa con Óhmetro.
- Usando un puente de Wheatstone.
- Proceso voltímetro-amperímetro.
- Procedimiento potenciométrico.

Las variables que afectan este tipo de mediciones son:

- Resistencia de los cables de conexión.
- Resistencia de contacto entre terminales.
- Variación de la resistencia con la temperatura.
- Efecto termoeléctrico.

### III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### Material y equipo

- Multimetro con informe de calibración.
- Resistor patrón (1-10  $\Omega$ ), con informe de calibración.
- Fuente de poder.
- Resistor de trabajo (1-10  $\Omega$ ).
- Placa fenólica tipo “printed protoboard”.
- Cautín tipo lápiz.
- Soldadura (Sn/Pb).
- Pasta para soldar.
- Pinzas de corte y de punta.
- Alambre estañado para conexiones calibre 22 (negro y rojo).
- “Plug” tipo banana (3 negro y 3 rojo).
- “Switch” de palanca 1 polo, 2 tiros, 3 posiciones.

#### Procedimiento

Construir el circuito mostrado en la Figura 1. En donde:

- V = Fuente de poder.
- R<sub>PATRÓN</sub> = Resistor patrón.
- R<sub>TRABAJO</sub> = Resistor de trabajo.
- VM = Voltímetro.

El resistor de trabajo se calibrará usando un resistor patrón. Ambos resistores se conectan en serie a una fuente de corriente continua y estable (0.5 V). Se conecta un voltímetro al circuito para medir la diferencia de potencial eléctrico entre los extremos de cada uno de los resistores (30 mediciones). El circuito permite, al accionar el interruptor, medir con el mismo instrumento, de manera sucesiva, la diferencia de potencial eléctrico entre los extremos de cada uno de los resistores.

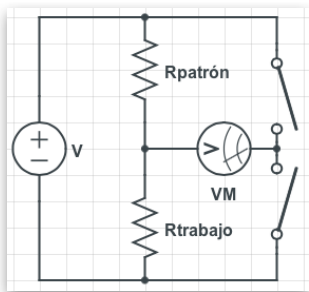


Figura 1. Circuito eléctrico para la calibración de una resistencia de trabajo.

#### Modelo Matemático

La corriente a través de cada resistor es la misma, por lo tanto, de acuerdo a la ley de Ohm

$$I_{R_{PATRÓN}} = I_{R_{TRABAJO}} = I = \frac{V_{R_{PATRÓN}}}{R_{R_{PATRÓN}}} = \frac{V_{R_{TRABAJO}}}{R_{R_{TRABAJO}}} \quad (2)$$

$$R_{R_{TRABAJO}} = \left( \frac{V_{R_{TRABAJO}}}{V_{R_{PATRÓN}}} \right) R_{R_{PATRÓN}} \quad (3)$$

En donde:

- I<sub>R<sub>PATRÓN</sub></sub>: Corriente en el resistor patrón.
- I<sub>R<sub>TRABAJO</sub></sub>: Corriente en el resistor de trabajo.
- V<sub>R<sub>PATRÓN</sub></sub>: Potencial (voltaje) en el resistor patrón.
- V<sub>R<sub>TRABAJO</sub></sub>: Potencial (voltaje) en el resistor de trabajo.
- R<sub>R<sub>PATRÓN</sub></sub>: Resistencia del resistor patrón.
- R<sub>R<sub>TRABAJO</sub></sub>: Resistencia del resistor de trabajo.

Para estimar la incertidumbre de la resistencia del resistor de trabajo, se deben tomar en cuenta las contribuciones debidas a:

- Repetición de las mediciones de voltaje de la R<sub>PATRÓN</sub> ( $u_{V_{R_{PATRÓN}}}$ ).
- Repetición de las mediciones de voltaje de la R<sub>TRABAJO</sub> ( $u_{V_{R_{TRABAJO}}}$ ).
- Incertidumbre asignada a la R<sub>PATRÓN</sub> ( $u_{R_{R_{PATRÓN}}}$ ).

Cada una de estas contribuciones están incluidas en la ecuación de la Ley de Propagación de la Incertidumbre (Ec. 4), obtenida a partir de la Ec. 3.

$$u_{R_{TRABAJO}} = \sqrt{\left( \frac{\partial R_{R_{TRABAJO}}}{\partial V_{R_{TRABAJO}}} \right)^2 \cdot u_{V_{R_{TRABAJO}}}^2 + \left( \frac{\partial R_{R_{TRABAJO}}}{\partial V_{R_{PATRÓN}}} \right)^2 \cdot u_{V_{R_{PATRÓN}}}^2 + \left( \frac{\partial R_{R_{TRABAJO}}}{\partial R_{R_{PATRÓN}}} \right)^2 \cdot u_{R_{R_{PATRÓN}}}^2}$$

(4)

En donde

$$u_{V_{Ri}} = \sqrt{u_A^2 + u_{RESOLUCIÓN}^2} \quad (5)$$

$i = R_{TRABAJO} = R_{PATRÓN}$ .

$u_A$ = Incertidumbre tipo A.

$u_{RESOLUCIÓN}$ = Incertidumbre por resolución del voltímetro.

$$u_{R_{PATRÓN}} = \sqrt{u_{INF.CALIB.}^2 + u_{ESTAB.\Delta T}^2} \quad (6)$$

$u_{INF.CAL.}$ = Incertidumbre del resistor patrón.

$u_{EST.\Delta T}$ = Incertidumbre por estabilidad del resistor (por incremento de la temperatura).

#### IV. REFERENCIAS

- [1] Manual de prácticas para metrología-2012. Proyecto PAPIME PE101506. Responsable Académico: Román Tejeda. FQ. UNAM.
- [2] Hans C. Ohanian, John T. Market. Física para Ingeniería y Ciencias, Volumen 2. Mc Graw Hill, 3<sup>ra</sup> Ed. México D.F.