

Determinación de la resistividad en dos conductores: Constantan y Cromo-Níquel

Bryan Alejandro Berbesi Capacho¹, Nicolas Mantilla Molina², Santiago
Andrés Montes Camacho³

Abstract

El entendimiento del comportamiento de la resistencia y resistividad es de suma importancia para determinar escenarios realistas en los cuales existe una oposición a la circulación de carga. Es por ello que se dispone de un montaje experimental que permite hallar la resistencia de manera directa e indirecta en distintas longitudes en alambres de Constantán y Cromo-Níquel, cada uno con áreas trasnversales diferentes. Esto con el fin de determinar la resistividad de cada situación dada, siendo objeto de comparación con el valor teórico.

En este sentido, no fue encontrada una clara tendencia que permitiese afirmar cual método entre la medición directa o indirecta de la resistencia brinda resultados más exactos o con menor dispersión. Aún así, se evidenció una relación directa entre la resistencia y la razón entre longitud y sección transversal en cada material, a excepción de un caso particular lo cual se deba probablemente a errores de medición. Asimismo, el valor de resistividad más exacto para el Constantán fue de $\rho_c = 3.31 \times 10^{-6} \pm 5.55 \times 10^{-7} [\Omega m]$, mientras que en el Cromo-Níquel se presentó un valor más exacto para $\rho_{cn} = 2.65 \times 10^{-6} \pm 9.64 \times 10^{-7} [\Omega m]$.

¹Email: bryan2210701@correo.uis.edu.co Cod: 2210701

²Email: nicolas2210707@correo.uis.edu.co Cod: 2210707

³Email: santiago2210718@correo.uis.edu.co Cod: 2210718

1. Introducción

La comprensión completa de los fenómenos eléctricos es fundamental para los estudiantes. En este sentido, se requiere que los estudiantes tengan la capacidad de determinar el valor de la resistividad de un material si es necesario tanto en su trabajo académico como en su desempeño laboral. Con este proyecto, el investigador investigará dos técnicas de medición de resistividad: en la primera fase, se medirá la resistencia de manera directa, y en la segunda fase, se medirá la resistividad de manera indirecta mediante la ley de Ohm. Estas dos técnicas permitirán obtener valores precisos de la resistividad para cualquier conductor. Se espera que los estudiantes validen y experimenten con la definición de resistividad y refuercen sus conocimientos sobre el comportamiento eléctrico de los materiales.

2. Objetivos

2.1. *Objetivo General*

Determinar experimentalmente la resistividad de dos conductores: Constantán y Cromo-Níquel

2.2. *Objetivos específicos*

- Medir de manera directa la resistencia en los alambres de Constantán y Cromo-Níquel.
- Calcular de forma indirecta la resistencia a partir del voltaje y corriente dada en cada alambre.
- Hallar la resistividad a partir de la resistencia, longitud y área transversal de los alambres.

3. Marco Teórico

La resistividad $\rho[\Omega m]$ es la resistencia eléctrica específica de un determinado material [3]. La resistencia de un conductor depende de la longitud L del mismo,

de su sección transversal A y del material con el que está fabricado, mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho L}{A}. \quad (1)$$

Su valor describe el comportamiento de un material frente al paso de corriente eléctrica: un valor alto de resistividad indica que el material es mal conductor, mientras que un valor bajo indica que es un buen conductor. La resistividad es la inversa de la conductividad; por tanto $\rho = \frac{1}{\sigma}$. La magnitud de la resistividad es la proporcionalidad entre el campo eléctrico E y la densidad de corriente de conducción J .

$$E = \rho J. \quad (2)$$

La ley de ohm establece que para un conductor a temperatura constante, la relación entre la diferencia de potencial que hay entre dos puntos del conductor y la corriente eléctrica en el conductor es constante. Esta constante es la resistencia eléctrica entre dos puntos. Así, si ΔV es la diferencia de potencial entre los extremos del conductor e I es la corriente que pasa por el conductor, la ley de Ohm puede expresarse:

$$\frac{\Delta V}{I} = R. \quad (3)$$

La ley de Ohm [1] es obedecida con sorprendente precisión por muchos conductores para una amplia gama de valores de voltaje, corriente y temperatura del conductor. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que hay muchos conductores que no siguen la ley de Ohm.

4. Metodología

El estudio se lleva a cabo utilizando el método inductivo en dos fases, mediante la observación sistemática que requiere una comprensión completa de la teoría, la recolección de numerosos datos y el análisis de los resultados obtenidos

a través de diversas hipótesis. Con este propósito, se utilizan los siguientes instrumentos de medición:

- Alambres de Constantán y Cromo-Níquel.
- Reostato.
- Fuente DC.
- Multímetros.
- Cables de conexión.
- Regla graduada.

En este sentido, será calculado el valor de ρ en cada alambre a partir de su relación con el voltaje, área transversal, longitud y resistencia, la cual será medida de manera directa e indirecta, siendo esta última efectuada por medio de la Ley de Ohm.

5. Tratamiento de datos

La toma de los datos durante la práctica se realizó sobre las mismas 10 longitudes en cada uno de los alambres de Constantán y Cromo-Níquel, contando estos con un valor teórico de resistividad de $\rho_{cT} = 4.9 \times 10^{-7}[\Omega m]$ y $\rho_{cnT} = 1.1 \times 10^{-6}[\Omega m]$, respectivamente. A su vez, se contaron con dos alambres de diferente sección transversal para cada uno de estos materiales, siendo estas $A_1 = 7.85 \times 10^{-7}[m^2]$ y $A_2 = 3.84 \times 10^{-7}[m^2]$. En este sentido, fue llevado a cabo las mediciones de resistencia (ver Anexo A), correspondientes a la fase directa de la práctica, así como la obtención del voltaje y corriente (ver Anexo B) para el cálculo de la resistencia mediante la Ley de Ohm, correspondiente a la fase indirecta.

De esta forma, haciendo uso de la ecuación 1, se calcularon los valores de resistividad para cada uno de las situaciones mostradas, de manera tal que se

obtuvo un valor representativo de ρ para las dos secciones transversales diferentes usadas, abordado mediante un enfoque directo e indirecto en cada material considerado. De igual forma, se empleó el cálculo del promedio y de las desviaciones estándar, a su vez que se halló el coeficiente de varianza que permitiese hallar qué tan significativa resulta la dispersión hallada, al igual que efectuar el cálculo del factor de exactitud del mismo [2]. Asimismo, se empleó el uso de una regresión lineal sobre los datos obtenidos de manera tal que la pendiente dada sobre esta, correspondiese al valor de resistividad acorde a la tendencia de los datos experimentales.

6. Análisis y resultados

Una vez tomados los datos experimentales, y calculados cada uno de los valores de resistividad, fueron obtenidos los resultados mostrados en la tabla:

			$\bar{\rho}[\Omega m]$	$S_{\bar{\rho}}$	$CV_{\bar{\rho}}$	Factor de Exactitud
Constantán	A_1	Directa	3.31×10^{-6}	5.55×10^{-7}	0.167	0.140
		Indirecta	2.65×10^{-6}	9.64×10^{-7}	0.363	0.184
	A_2	Directa	4.08×10^{-7}	2.15×10^{-7}	0.526	1.200
		Indirecta	7.41×10^{-6}	1.28×10^{-5}	1.727	0.066
Cromo-Níquel	A_1	Directa	4.36×10^{-6}	6.96×10^{-7}	0.150	0.252
		Indirecta	2.65×10^{-6}	9.64×10^{-7}	0.363	0.415
	A_2	Directa	5.35×10^{-6}	8.76×10^{-7}	0.163	0.205
		Indirecta	4.70×10^{-6}	2.12×10^{-7}	0.045	0.234

Table 1: Valores de resistividad obtenidos para cada medición de manera directa e indirecta, sobre las dos secciones transversales A_1 y A_2 en los alambres de Constantan y Cromo-Níquel, con su respectiva desviación estándar $S_{\bar{\rho}}$, coeficiente de varianza $CV_{\bar{\rho}}$ y factor de exactitud.

En ella, es evidente notar que el valor con mejor exactitud en el alambre de Constantán corresponde a $\rho_c = 4.08 \times 10^{-7} \pm 2.15 \times 10^{-7}[\Omega m]$, el cual

cuenta con una alta dispersión, representando un 52.6% del valor obtenido. En cuanto a los resultados calculados en el alambre de Cromo-Níquel, las exactitudes resultantes fueron más cercanas entre sí, obteniendo un mejor valor para $\rho_{cn} = 2.65 \times 10^{-6} \pm 9.64 \times 10^{-7} [\Omega m]$, y una dispersión representativa del 36.3%, la cual corresponde a la más alta de entre las obtenidas en dicho material. Ambos resultados corresponden a mediciones de manera directa e indirecta respectivamente, por lo que mediante este criterio no es posible establecer cuál enfoque resulta más óptimo. Lo mismo ocurre analizando de manera general las dispersiones y factores de exactitud de todos los resultados, puesto que no se evidencia una tendencia clara hacia cual manera de medición garantiza mayores o menores valores de exactitud y dispersión.

Posteriormente, fueron graficados los datos experimentales en de ambos materiales, los cuales pueden ser visualizados en la figura 1 para el alambre compuesto de Constantán y 2 para aquel de Cromo-Níquel.

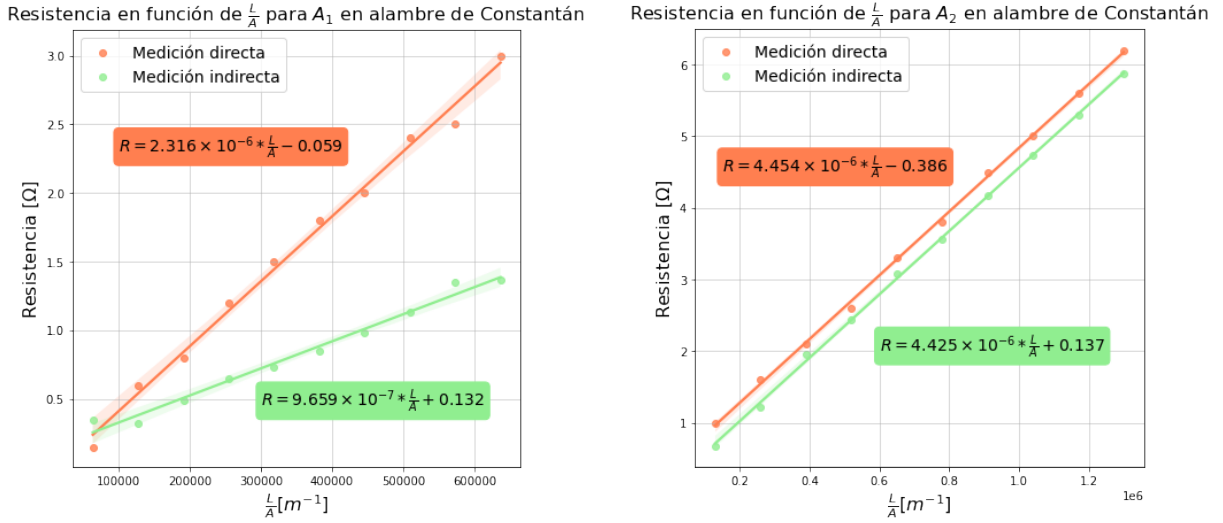
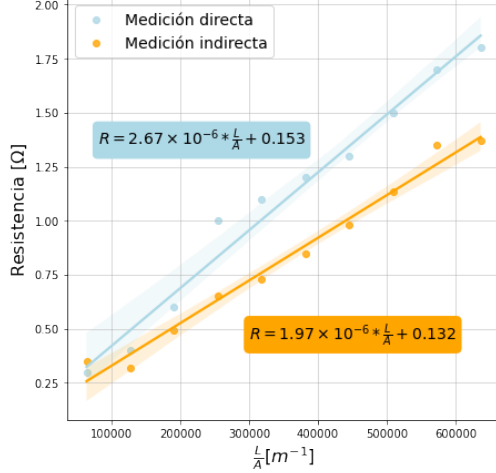


Figure 1: Resistencia medida directa e indirectamente en función de la razón entre la longitud L y las áreas transversales A_1 y A_2 para los alambres de Constantán.

Resistencia en función de $\frac{L}{A}$ para A_1 en alambre de Cromo-Níquel



Resistencia en función de $\frac{L}{A}$ para A_2 en alambre de Cromo-Níquel

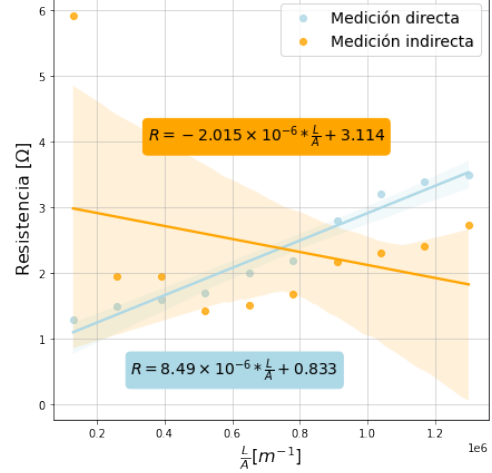


Figure 2: Resistencia medida directa e indirectamente en función de la razón entre la longitud L y las áreas transversales A_1 y A_2 para los alambres de Cromo-Níquel.

A partir de ellas, es posible evaluar qué tan cercanos son los valores de resistividad medidos de manera directa e indirecta, lo cual es fácilmente evidenciable teniendo en cuenta el paralelismo entre las dos rectas, debido al hecho de que en este caso, la pendiente corresponde al valor de ρ en cuestión. En este orden de ideas, es fácil apreciar que la situación en la que es más notorio este aspecto es la figura 1(b), con una razón $\frac{\rho_{crD}}{\rho_{crI}} = 1.006$, donde $\rho_{crD} = 4.454 \times 10^{-6} [\Omega m]$ y $\rho_{crI} = 4.425 \times 10^{-6} [\Omega m]$, corresponden a la resistividad obtenida de maneras directa e indirecta respectivamente, en el alambre de Constantán de área A_2 . Así mismo, una segunda mejor aproximación a una equivalencia entre pendientes puede apreciarse en la figura 2(a), contando con una razón $\frac{\rho_{cD}}{\rho_{cI}} = 1.3553$, siendo $\rho_{cD} = 2.67 \times 10^{-6} [\Omega m]$ y $\rho_{cI} = 1.97 \times 10^{-6} [\Omega m]$ las resistividades obtenidas de forma directa e indirecta en el alambre de Constantán de área A_1 . Así, es válido afirmar que no se evidencia este criterio en las demás situaciones.

De igual forma, se muestra una clara relación directa entre la resistencia y la razón $\frac{L}{A}$, a excepción de la figura 2(b), en la cual puede apreciarse una gran

dispersión en los datos obtenidos experimentalmente, por lo que tal fenómeno puede deberse a errores llevados a cabo durante la toma de los mediciones.

Cabe destacar que los cálculos pertinentes así como los archivos de datos tomados en la práctica se pueden encontrar en el repositorio⁴ en el que se alojan los proyectos de laboratorio de física 2, en los cuales, los datos fueron analizados en un Notebook de Jupyter, entorno de desarrollo de Python.

7. Conclusiones

En primera instancia, fue apreciable la relación directa entre el valor de la resistencia y la razón entre longitud y área, aspecto que tiene coherencia con la teoría descrita al respecto. Cabe resaltar que la única situación en la que este comportamiento no fue apreciable es en aquel dado durante la medición indirecta de la resistividad en el alambre de Cromo-Níquel de área A_2 , sin embargo, dado las bajas dispersiones encontradas para dichas mediciones, se recomienda reiterar en futuras prácticas esta medición para corroborar si aquella es la verdadera explicación.

De igual manera, fue evidenciable una mayor equivalencia entre las resistividades obtenidas entre el enfoque directo e indirecto de la medición para el alambre de Constantán de radio A_2 . Sin embargo, esta equivalencia no fue tan satisfactoriamente apreciable en las demás, presentando a su vez valores de dispersión y exactitud que no logran establecer cual enfoque de cálculo resulta más óptimo para estos casos.

En este sentido, es posible destacar que en el alambre de Constantán, el valor obtenido con menor dispersión de resistividad fue aquel de $\rho_c = 3.31 \times 10^{-6} \pm 5.55 \times 10^{-7} [\Omega m]$ con un 16.7% de varianza, mientras que la mayor exactitud

⁴Repositorio en Github: Click aquí.

fue dada en $\rho_c = 4.08 \times 10^{-7} \pm 2.15 \times 10^{-7} [\Omega m]$ con un factor de exactitud de 1.200. Por otra parte, para el material de Cromo-Níquel, se presenta una mayor dispersión para $\rho_{cn} = 4.70 \times 10^{-6} \pm 2.12 \times 10^{-7} [\Omega m]$ con varianza significativa de 4.5%, mientras que el valor más exacto al teórico descrito fue aquel de $\rho_{cn} = 2.65 \times 10^{-6} \pm 9.64 \times 10^{-7} [\Omega m]$, teniendo un factor de exactitud de 0.414.

Finalmente, cabe resaltar la importancia de la practica en el laboratorio, con el fin de mejorar las habilidades experimentales en los estudiantes, entendiendo de manera práctica y evidencial cómo las nociones y conceptos usualmente empleados en ciencia se relacionan entre sí.

8. Referencias

- [1] Bauer, W. and Westfall, G. D. (2011). *University physics*. McGraw-Hill New York, NY.
- [2] Miguel, A. H. M. and Jose, M. (2009). *Laboratorio de fisica*. Pearson Prentice Hall.
- [3] Raghavan, V. (2015). *Materials Science and Engineering: A first course*. PHI Learning Pvt. Ltd.

9. Anexos

9.1. Anexo A

Longitud[m]	Resistencias [Ω]			
	Constantán		Cromo-Níquel	
	A_1	A_2	A_1	A_2
0.05	0.3	1.3	0.15	1.0
0.1	0.4	1.5	0.60	1.6
0.15	0.6	1.6	0.80	2.1
0.20	1.0	1.7	1.20	2.6
0.25	1.1	2.0	1.50	3.3
0.30	1.2	2.2	1.80	3.8
0.35	1.3	2.8	2.00	4.5
0.40	1.5	3.2	2.40	5.0
0.45	1.7	3.4	2.50	5.6
0.50	1.8	3.5	3.00	6.2

Table 2: Medidas de resistencia R tomadas para diferentes longitudes L en dos secciones transversales de Constantán y Cromo-Níquel.

9.2. Anexo B

	Constantán			
	A_1		A_2	
Longitud [m]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Corriente [A]
0.05	0.058	0.165	0.900	0.152
0.10	0.052	0.163	0.311	0.159
0.15	0.080	0.163	0.310	0.159
0.20	0.106	0.163	0.230	0.161
0.25	0.119	0.163	0.243	0.161
0.30	0.138	0.163	0.265	0.158
0.35	0.160	0.163	0.345	0.159
0.40	0.184	0.162	0.364	0.157
0.45	0.217	0.161	0.384	0.159
0.50	0.222	0.162	0.433	0.158

Table 3: Valores de corriente y voltaje en en diferentes longitudes para dos secciones transversales A_1 y A_2 de alambre Constantán.

Longitud	Cromo-Níquel			
	A_1		A_2	
	Voltaje [V]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Corriente [A]
0.05	0.064	1.165	0.110	0.163
0.10	0.100	1.163	0.198	0.162
0.15	0.147	0.162	0.314	0.161
0.20	0.206	1.162	0.387	0.159
0.25	0.247	1.161	0.487	0.158
0.30	0.292	0.161	0.560	0.157
0.35	0.332	0.159	0.650	0.156
0.40	0.380	0.159	0.730	0.154
0.45	0.427	0.158	0.810	0.153
0.50	0.455	0.158	0.892	0.152

Table 4: Valores de corriente y voltaje en en diferentes longitudes para dos secciones transversales A_1 y A_2 de alambre Cromo-Níquel.