

Determinación de la relación entre voltaje y corriente en materiales óhmicos y no óhmicos

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

Abstract

En la práctica de laboratorio se estudiaron las relaciones entre el voltaje, la corriente y la resistencia. En las primeras dos fases, se trabajó con materiales óhmicos y se obtuvo que las relaciones entre el voltaje y la corriente satisfacen la ecuación de la ley de Ohm. Además, se encontró que el modelo lineal es confiable en estos casos, ya que el error es pequeño y los valores de R^2 y MSE son apropiados. En la segunda fase, se estableció una relación lineal entre la corriente y el inverso de la resistencia, lo que permitió obtener un valor de voltaje con bajo error. En el tercer caso, se trabajó con una bombilla como resistencia, y se evidenció que la relación entre la corriente y el voltaje no es lineal sino que cambia dependiendo de las condiciones en las que se encuentra.

1. Introducción

La relación entre el potencial eléctrico, la corriente eléctrica y la resistencia es explicada por la ley de Ohm. Conociendo dos de las tres variables, es posible predecir el comportamiento eléctrico de un circuito. Para que haya un flujo de corriente en un material, es necesario una diferencia de potencial y cargas que puedan moverse. Sin embargo, existen materiales que cumplen esta relación de manera lineal, llamados materiales óhmicos, y materiales que no lo hacen, materiales no óhmicos. Además, todos los materiales tienen una resistencia

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

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

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

eléctrica interna que varía según la longitud del conductor. Las preguntas de investigación son: ¿Qué materiales son óhmicos y cuáles no? ¿Cómo se mide la relación entre el potencial y corriente en materiales óhmicos y no óhmicos? Para responder a estas preguntas, se estudiará la correlación entre el potencial, la corriente y la resistencia en diferentes tipos de materiales.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Determinar experimentalmente las relaciones entre voltaje, resistencia y corriente en materiales óhmicos y no-óhmicos.

2.2. Objetivos específicos

- Medir el voltaje, la corriente y la resistencia según sea el caso en diferentes circuitos con resistencias constantes, variables y el uso de una bombilla de luz.
- Obtener las relaciones entre las variables mediante una aproximación lineal.
- Verificar la validez del modelo mediante el análisis de errores.

3. Marco Teórico

Por medio de la Ley de Ohm [2] se determina la relación matemática entre la tensión o voltaje $V[V]$, la corriente eléctrica $I[A]$ y la resistencia $R[\Omega]$:

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

En un circuito cerrado, la relación entre la tensión aplicada y la corriente varía dependiendo del tipo de material o dispositivo que se esté utilizando. Si esta relación es lineal, se considera que es un material o componente óhmico y se cumple la ecuación 1 en la forma $V = R \times I$, donde R es una constante.

Esta ecuación es válida para ciertos tipos de materiales como metales, semiconductores y electrolitos bajo ciertas condiciones específicas como temperatura constante. Si la relación entre V e I no es lineal, se puede definir un valor $R = \frac{V}{I}$, pero en este caso R varía con V o I , y el dispositivo en estudio sería no-ohmico.

4. Metodología

Este proyecto de investigación se llevará a cabo en tres fases metodológicas. Para tal fin se emplean los siguientes instrumentos de medición:

- Fuente de corriente variable.
- Multímetros.
- Bombilla de luz.
- Reostato.
- Cables de conexión.

En la primera fase se estudia experimentalmente la relación entre la corriente y el potencial, con una resistencia constante. En la segunda fase, se investiga la relación entre la corriente y la resistencia, manteniendo el potencial constante. En la tercera fase, se determina experimentalmente la relación entre la corriente y el potencial en un material no óhmico. Finalmente, se analizan los resultados obtenidos y se comparan con la teoría para evaluar su validez en el contexto de la experimentación.

5. Tratamiento de datos

Durante la práctica se realizaron tres tomas de datos, una para cada fase. En la primera se midieron voltaje y corriente manteniendo constante la resistencia a un valor medido de $R_0 = 90.8[\Omega]$ (ver Anexo A). Seguidamente, para la segunda fase se mantuvo constante el voltaje en un valor de $V_0 = 53.2[V]$, midiendo así

la corriente y la resistencia en cada iteración (ver Anexo B). Finalmente, en la tercera fase se obtuvieron los valores de corriente y voltaje, similar a la fase 1, esta vez con una bombilla actuando de resistencia en el circuito (ver Anexo C). Cabe resaltar que en todas las fases se realizaron 10 medidas distintas para tener suficientes datos para continuar.

En primera instancia, se tratan de aplicar modelos lineales a los 3 diferentes conjuntos de datos con particularidades en cada una. Iniciando con la fase 1, según la ley de Ohm (Ecuación 1), la relación entre el voltaje y la corriente debería ser directamente proporcional, teniendo como pendiente a su recta la resistencia:

$$V = R \times I, \quad (2)$$

por tanto, comprobando que el valor de dicha pendiente concuerde con el valor medido R_0 , se comprobará la relación entre el voltaje y la corriente en un circuito con resistencia constante. Seguidamente, se procede de la misma forma en la segunda fase, teniendo en cuenta ahora la proporción inversa entre la corriente y la resistencia:

$$I = V \times \frac{1}{R}, \quad (3)$$

verificando de nuevo, en la comparación de V y V_0 , la relación entre corriente y resistencia para un voltaje constante. Finalmente, para el caso de la bombilla como resistencia, ya que no se conoce el comportamiento de la misma, se procede a comprobar si un modelo lineal se ajusta apropiadamente a la relación vista en la fase 1 entre voltaje y corriente, esto mediante la revisión de los diferentes coeficientes que muestran el error de la aproximación, además, se verificará el valor de la resistencia en cada caso según la ecuación 1, entendiendo finalmente su tendencia.

Cabe destacar que cada regresión será evaluada mediante el parámetro R^2 (Coeficiente de determinación) y el error MSE (error del promedio de las difer-

encias cuadradas) con el fin de dar confianza a los valores hallados en cada fase para la pendiente, así como comprobar que la relación es realmente lineal [1].

6. Análisis y resultados

Como se describió anteriormente, en la primera fase se visualizó la relación entre corriente y voltaje del circuito mediante una gráfica y se planteó un modelo lineal como el mostrado en la figura 1.

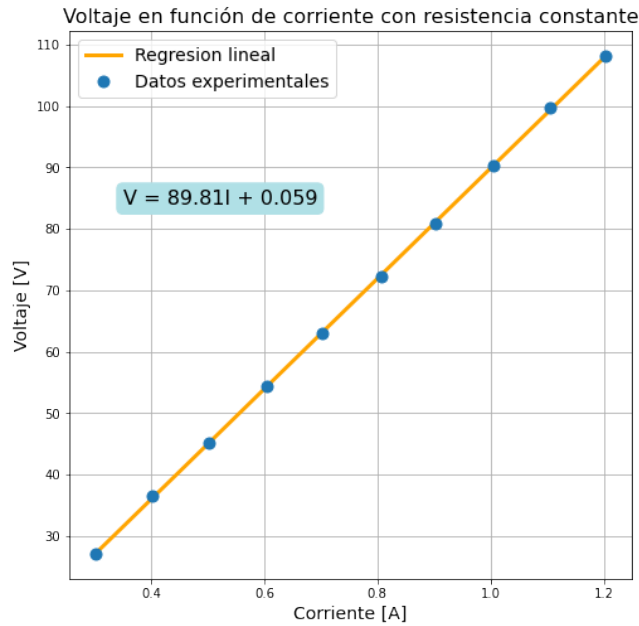


Figure 1: Voltaje en función de la corriente para un circuito con corriente constante de valor medido $R_0 = 90.8[\Omega]$. Según la ley de Ohm, la pendiente en este caso debe ser la resistencia en cuestión.

Como es fácil apreciar, los puntos se ven muy bien descritos mediante la regresión lineal planteada, aún así, para cuantificar esta determinación de los puntos sobre la regresión se calcularon $R^2 = 0.99997$ y $MSE = 0.033$, lo cual da un nivel alto de confianza para la regresión como representación de la relación. Siendo así, podemos obtener el valor experimental de la resistencia tomando la

pendiente de la regresión (debido al bajo valor del intercepto, este es despreciable). En este sentido, la resistencia obtenida es $R = 89.81[\Omega]$, la cual tiene un error relativo respecto al inicialmente medido R_0 de 1.09%.

En segunda instancia, una vez obtenidos los valores de corriente y resistencia, se prueba una regresión lineal directa como la presentada en la figura 2(a). En este caso, no parece tan correcta la relación proporcional entre las variables. De esta forma, teniendo en cuenta la ley de Ohm y la forma de la curva aparente de los datos, tendría más sentido aproximarse a la relación de la corriente con el inverso de la resistencia, como en la figura 2(b).

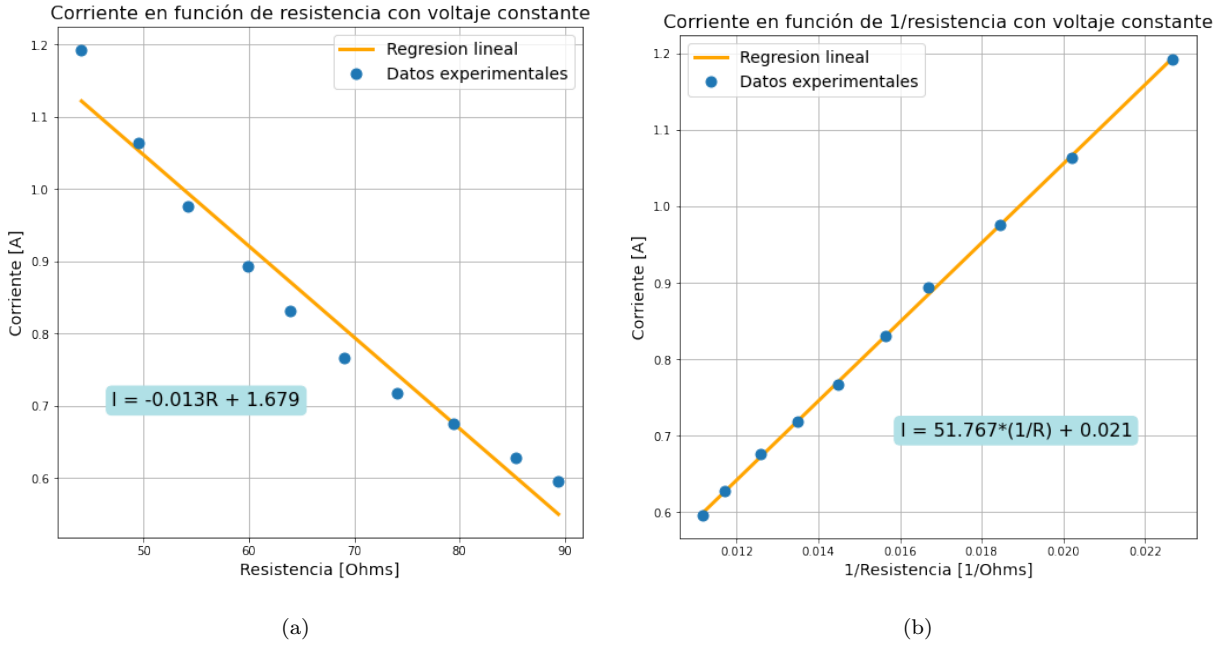


Figure 2: Regresiones implementadas para la relación entre corriente y resistencia en la fase 2. Del lado izquierdo, el modelamiento lineal directo entre I y R . Del lado derecho, el modelamiento lineal entre I y $\frac{1}{R}$. Es evidente la mejor descripción en el segundo caso al primero.

De manera similar a la primera fase, calculamos $R^2 = 0.99961$ y $MSE = 0.00001$, asegurando que el modelo representa satisfactoriamente la relación en-

tre las variables. De esta forma, se obtiene experimentalmente un valor de voltaje $V = 51.767[V]$, el cual sostiene un error relativo al medido V_0 de 2.63%.

Finalmente para la última fase, se realiza de nuevo una regresión lineal para la bombilla como resistencia, la cual se evidencia en la figura 3. En este caso, aunque no es tan evidente, parece haber una tendencia positiva no proporcional en los datos.

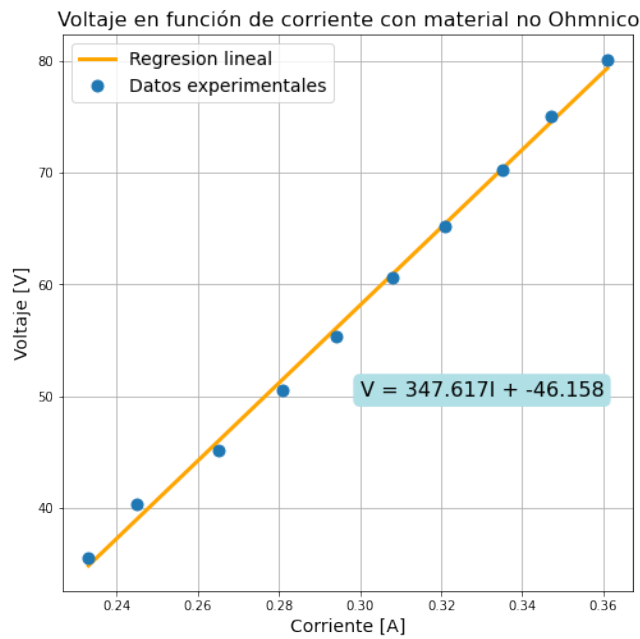


Figure 3: Voltaje en función de la corriente para un circuito con bombilla como resistencia. A pesar de parecer que el modelo lineal describe correctamente estos, es visible como los puntos parecen aumentar su tendencia progresivamente.

Cuantitativamente se tiene que $R^2 = 0.9973$ y $MSE = 0.547$ implican que, aunque las variables cuentan con una estrecha relación positiva, la línea recta no parece ser la mejor aproximación para su relación. De hecho, al calcular la resistencia mediante la ecuación 1 para los diferentes pares de voltaje y corriente se obtienen los valores de la tabla 1.

$R[\Omega]$	152.36	164.49	170.19	179.72	188.10	196.75	203.12	209.55	216.14	221.88
-------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Table 1: Valores de resistencia calculados a partir del voltaje y la corriente de cada medición en la fase 3. Es evidente cómo la resistencia no permanece constante y aumenta conforme aumenta la corriente.

Esto sugiere que, al estar variando el valor de la resistencia, no es correcto afirmar que existe una relación lineal entre el voltaje y la corriente para este caso específico con la bombilla como resistencia.

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

Primeramente es importante resaltar que las relaciones obtenidas en las primeras dos fases, al satisfacer la ecuación 1 de la ley de Ohm, corresponden a casos de estudio de materiales óhmicos, mientras que en el tercer caso, teniendo la resistencia una variación no proporcional, se trata de un material no óhmico.

De igual forma, es fundamental el hecho de que el modelo lineal en la primera fase resulta ser bastante confiable en cuanto tiene un error lo suficientemente pequeño para ser tomado como valor representativo, así como los valores calculados de R^2 y MSE permiten tener confianza en la relación entre el voltaje y la corriente en este tipo de materiales. Así mismo, en la segunda fase, gracias al comportamiento de los datos, se estableció la relación lineal entre la corriente y el inverso de la resistencia, permitiendo así obtener un valor de voltaje con un error que permite aseverar la relación establecida por la ley de Ohm, así

⁴Repositorio en Github: Click aquí.

como los indicadores de la regresión aseguran que el modelo lineal es el indicado.

En el caso de la bombilla como resistencia, se evidenció, a diferencia de los demás casos, cómo la resistencia (la cual sería la pendiente de la recta en el modelo) cambia según cambian las variables en el estudio. Esto sugiere, como conclusión, que la relación entre la corriente y el voltaje en una bombilla no es lineal, sino que cambia dependiendo de las condiciones en las que se encuentra. Esto es debido a que las características de la resistencia de una bombilla cambian con la temperatura, y el filamento de la bombilla se calienta y se expande con el aumento de la corriente, lo que afecta su resistencia. Esto es importante tenerlo en cuenta en aplicaciones en las que se utilizan bombillas como resistencias, al igual que en sistemas de iluminación o en circuitos eléctricos.

Finalmente, cabe resaltar la importancia de la práctica 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] Miguel, A. H. M. and Jose, M. (2009). *Laboratorio de fisica*. Pearson Prentice Hall.
- [2] Tenny, K. M. and Keenaghan, M. (2017). Ohms law.

9. Anexos

9.1. Anexo A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V[V]$	108.2	99.7	90.2	80.9	72.3	63	54.3	45.1	36.5	27.2
$I[A]$	1.2	1.11	1.01	0.9	0.81	0.7	0.61	0.5	0.4	0.3

Table 2: Voltaje V y corriente I medidas en la fase 1 de la práctica. Se observa una relación aparentemente directa en la que, a menor voltaje, menor corriente en el circuito.

9.2. Anexo B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I[A]$	0.6	0.63	0.68	0.72	0.77	0.83	0.89	0.98	1.06	1.19
$R[\Omega]$	89.4	85.3	79.4	74.1	69	63.9	59.9	54.2	49.5	44.1

Table 3: Corriente I y resistencia R medidas en la fase 2 de la práctica. Se observa una relación aparentemente inversa en la que, a menor resistencia, mayor corriente en el circuito.

9.3. Anexo C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V[V]$	80.1	75	70.2	65.2	60.6	55.3	50.5	45.1	40.3	35.5
$I[A]$	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.25	0.23

Table 4: Voltaje V y corriente I medidas en la fase 3 de la práctica. Se observa una relación directa como en la fase 1, sin embargo, ya no es una relación proporcional.