

Laboratorio No. 3: Líneas equipotenciales

Reyes Pinilla Daniel, Reyes Aroca Daniel, Benitez Elkin Joel y Sebastian Urrego Amaya

¹ Escuela de Ciencias Exactas e Ingeniería, Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial (e-mail: daniel.reyes02@usa.edu.co), ² Escuela de Ciencias Exactas e Ingeniería, Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial (e-mail: daniel.reyes03@usa.edu.co), ³ Escuela de Ciencias Exactas e Ingeniería, Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial (e-mail: elkin.benitez01@usa.edu.co),

⁴ Escuela de Ciencias Exactas e Ingeniería, Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial (e-mail: andres.urrego03@usa.edu.co)

RESUMEN

En esta práctica de laboratorio se estudian las líneas equipotenciales generadas por diferentes configuraciones de electrodos en un medio conductor, se busca entender como el potencial eléctrico está variando en función de la distancia a una carga generadora y cuál es su relación con el campo eléctrico. El potencial eléctrico vendría a ser una magnitud escalar del campo eléctrico el cual es independiente de la carga de prueba usada para medirlo, se usó una cubeta con agua como medio conductor y se dispusieron diferentes configuraciones de electrodos, también se conectaron estos mismos electrodos a una fuente de voltaje y se empleó un voltímetro para medir el potencial eléctrico en distintos puntos. Se realizaron mediciones para varias configuraciones de electrodos, los cuales son anillos, laminas paralelas y aros concéntricos, con el fin de analizar como varía el potencial en cada caso, este laboratorio permite visualizar la relación entre el potencial eléctrico y el campo eléctrico así como validar de una manera más experimental las propiedades de las líneas equipotenciales y de campo en distintos sistemas.

PALABRAS CLAVE: Líneas equipotenciales, superficies equipotenciales, campo eléctrico, diferencia de potencial (voltaje) e interpolación.

I. INTRODUCCIÓN

El análisis del potencial eléctrico y las superficies equipotenciales es esencial para los ingenieros, ya que facilita la comprensión de cómo se distribuye el campo eléctrico en varias configuraciones y el efecto que tiene en distintos sistemas eléctricos y electrónicos. Dominar estos conceptos es crucial para el desarrollo de dispositivos eléctricos, circuitos, sistemas de telecomunicaciones y redes eléctricas, ya que el manejo del potencial eléctrico asegura un rendimiento eficaz y seguro. Para los ingenieros, el estudio de las superficies equipotenciales ayuda a mejorar la distribución de cargas en conductores, fortalecer el aislamiento eléctrico en instalaciones de alta tensión y crear sensores y herramientas de medición más precisos. En el ámbito de la ingeniería electrónica y de telecomunicaciones, adquirir estos conocimientos es muy relevante, ya que ayuda a reducir las interferencias y las pérdidas de energía.

II. OBJETIVOS

Objetivo general: Examinar cómo se distribuye el potencial eléctrico y las líneas de equipotencialidad en diversos sistemas experimentales.

Objetivos específicos:

- Representar las líneas de equipotencialidad para varias configuraciones de carga y determinar las magnitudes de potencial.
- Identificar los puntos de potencial equivalente y, a partir de ellos, dibujar las líneas equipotenciales.

- Analizar la relación entre la geometría de las distribuciones de carga y las líneas de equipotencialidad.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Relación entre energía potencial y potencial eléctrico

La energía potencial se refiere a la energía guardada en un conjunto de cargas a causa de su ubicación dentro de un campo eléctrico. Esta energía está vinculada al esfuerzo requerido para trasladar una carga desde un punto de referencia hasta su ubicación actual, sin alterar su energía cinética. La conexión entre la energía potencial (U) y el potencial eléctrico (V) se representa con la fórmula siguiente:

$$U = qV$$

Esta fórmula explica que el potencial eléctrico es una propiedad del campo eléctrico en un punto y que la energía potencial depende tanto del potencial en ese punto como de la carga que está presente..

3.2 Definición de potencial eléctrico

El voltaje eléctrico se define como una medida escalar que

indica la cantidad de energía potencial eléctrica por cada Unidad de carga en un lugar específico de un campo eléctrico. La ecuación que describe este concepto es la siguiente:

$$V = \frac{u}{q}$$

V representa el voltaje, U se refiere a la energía potencial y q es la carga de prueba tratada en esta situación en coulombs. El voltaje en un lugar específico se expresa en voltios y se determina como el trabajo efectuado por cada unidad de carga positiva para trasladar la carga desde un punto de referencia al lugar en cuestión.

3.3 Líneas equipotenciales y su representación gráfica

Las líneas equipotenciales son superficies o líneas dentro de un campo eléctrico donde el potencial eléctrico permanece constante; poseen las siguientes características:

- Son perpendiculares a las líneas del campo eléctrico en cada punto.
- No pueden intersectarse entre ellas.
- Indican áreas donde una carga eléctrica puede desplazarse sin realizar trabajo neto.

Para ilustrar estas líneas en distintas formas, se deben seguir los criterios a continuación:

- En el caso de una carga puntual, las líneas equipotenciales se representan como esferas concéntricas en 3D o círculos concéntricos en 2D alrededor de la carga.
- En un dipolo eléctrico, las líneas equipotenciales forman curvas que envuelven ambas cargas y se deforman entre ellas.
- En el caso de placas paralelas, las líneas equipotenciales son paralelas a las placas y mantienen una distancia uniforme entre sí.

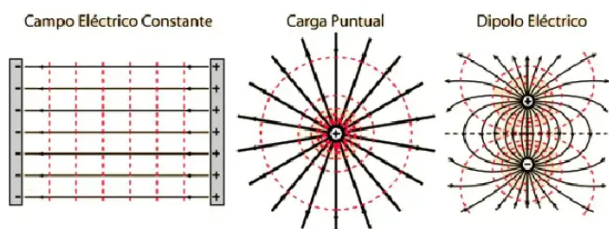


Imagen 1: Representación visual de líneas equipotenciales en diferentes figuras.

Las líneas punteadas representan líneas equipotenciales, mientras que las líneas continuas indican el campo eléctrico. En un experimento de laboratorio, como el que estuvimos llevando a cabo, se pueden trazar estas líneas al medir el potencial eléctrico en diferentes ubicaciones y unir aquellas que tienen el mismo valor de potencial. Esta representación visual permite estudiar la distribución del campo eléctrico y entender más a fondo sus características.

IV. MONTAJE

1. Depositar agua en la cubeta hasta una altura aproximada de 0.5 cm.
2. Colocar los dos electrodos en forma de anillos en el agua y conectarlos a la fuente de voltaje.
3. Colocar una hoja de papel milimetrado debajo del vidrio de tal manera que le permita observar claramente las posiciones de la sonda.
4. Conectar el voltímetro de acuerdo con el circuito de la siguiente figura..

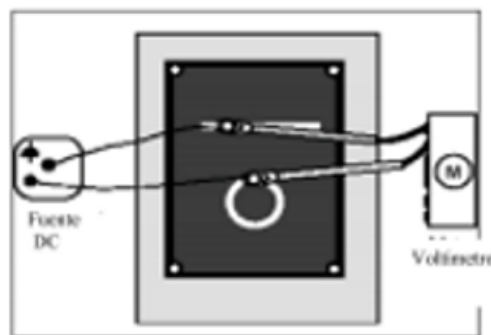


Imagen 2: Ejemplo de conexión de la práctica del laboratorio.

5. Disponer en la fuente de tensión una diferencia de potencial menor de 10 voltios y conectar la fuente a los electrodos.
6. Conectar el extremo negativo (o común) del voltímetro al electrodo negativo. El extremo positivo del voltímetro, al que se llamará "Explorador", se mueve dentro del agua. Observar cómo varía el potencial cuando se desplaza del electrodo positivo al negativo.
7. Con el explorador, buscar en la cubeta puntos que tengan igual potencial, por ejemplo, 2 voltios. Trasladar esos puntos a una hoja de papel milimetrado (tomar al menos 8 puntos diferentes, todos a 2 voltios).
8. Unir los puntos con una línea continua para formar una línea equipotencial.
9. Repetir la operación anterior para 5 voltajes diferentes y analizar si varía el potencial al interior del anillo.
10. Trazar las líneas de campo eléctrico de acuerdo con el planteamiento teórico.
11. Repetir el procedimiento anterior para electrodos con las siguientes configuraciones: a. Dos láminas paralelas entre sí.



Imagen 3: Laminas paralelas



Imagen 4: Disco y anillo

12) Para la configuración de las dos láminas paralelas, realizar una gráfica que indique cómo varía el voltaje (variable dependiente) con la distancia al electrodo negativo (variable independiente) para puntos ubicados en la línea que une los centros de las láminas. Con base en esta gráfica, analizar cómo se puede determinar la magnitud del campo eléctrico.

V. DESARROLLO Y RESULTADOS GENERALES

- 1) Para llevar a cabo el experimento, se emplearon 10 niveles de voltaje distintos, eligiendo cifras lineales debido a la aparición de decimales en las líneas equipotenciales. Esto facilitó lograr una distribución homogénea y examinar cómo fluctúan esas líneas. La meta fue ver si se reducen, reconocer posibles patrones visuales y establecer qué conclusiones se pueden extraer de los hallazgos.

Dos placas paralelas:

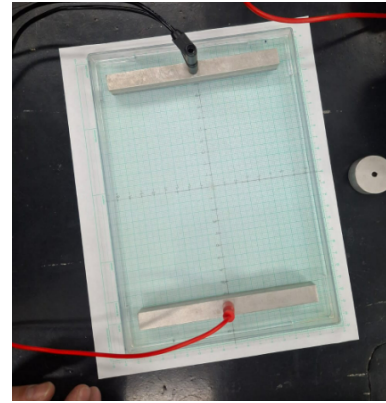
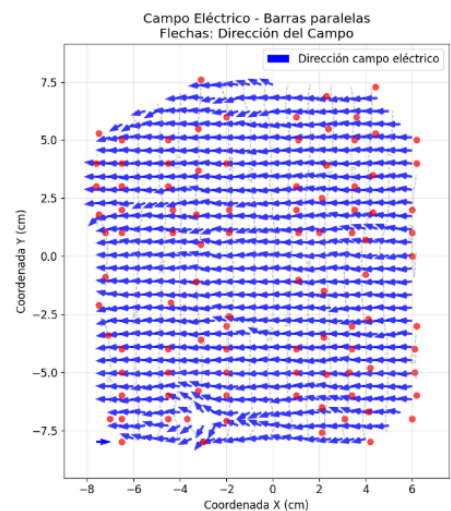
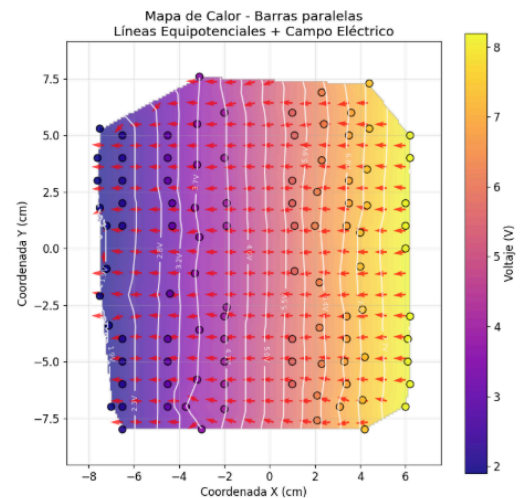
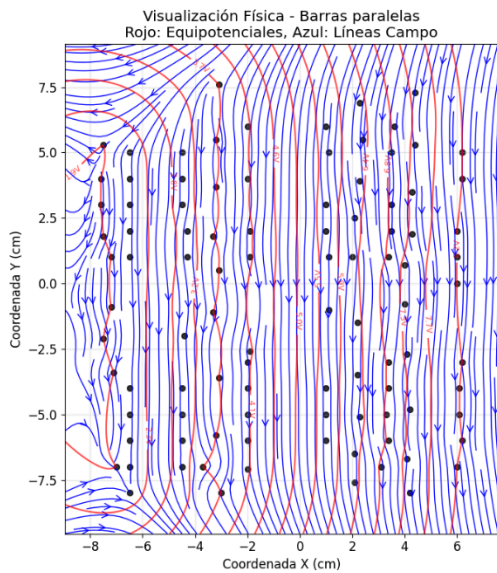
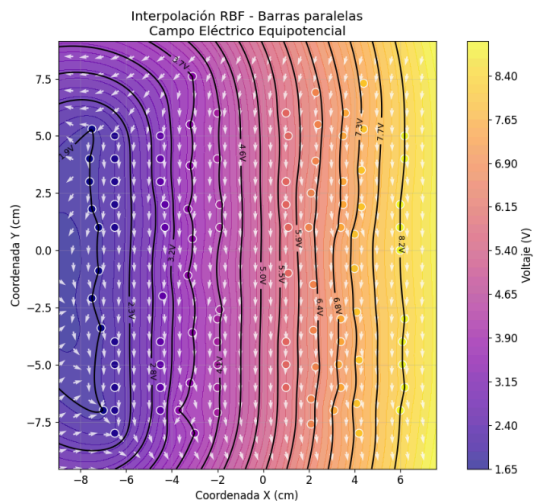


Foto 1: Montaje de placas paralelas

- 2) Conforme al marco teórico establecido, al trabajar con papel milimetrado, es importante notar que, a medida que cada punto en el eje X se distancia de la hoja, el voltímetro anota un valor distinto, mientras que en el eje Y ese valor se mantiene sin cambios.

A continuación, se presentan los 10 datos obtenidos:





Imágenes 5, 6, 7 y 8: Visualización de líneas equipotenciales del montaje de placas paralelas usando Python gracias a bibliotecas como matplotlib, numpy, pandas y scipy.

Tenemos voltajes de 1.65 (más pegada a la barra negativa) hasta 8.40. (más pegada a la barra positiva con voltaje de 10 V). Tener en cuenta que sí, en las gráficas de visualización física e interpolación, usando RBF (Función de Base Radial) pareciera que fuera con una leve curva a la izquierda; esto se debe a que el intérprete de Python lo tomó de esa manera, ya que no se tomaron datos por detrás de la barra al momento de hacer el montaje, por lo que debería ser similar a líneas paralelas.

Una placa y un anillo:

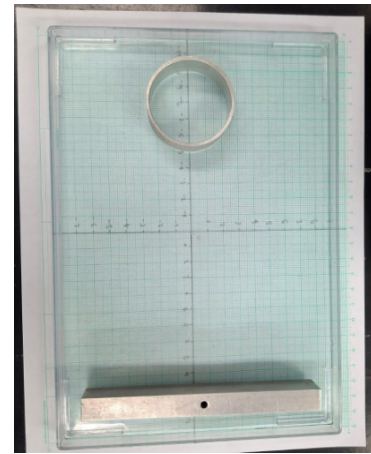
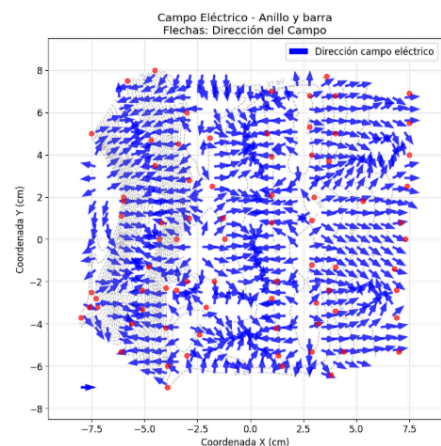
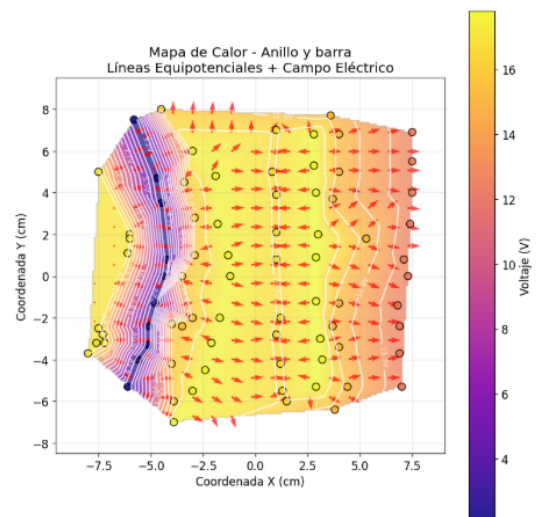
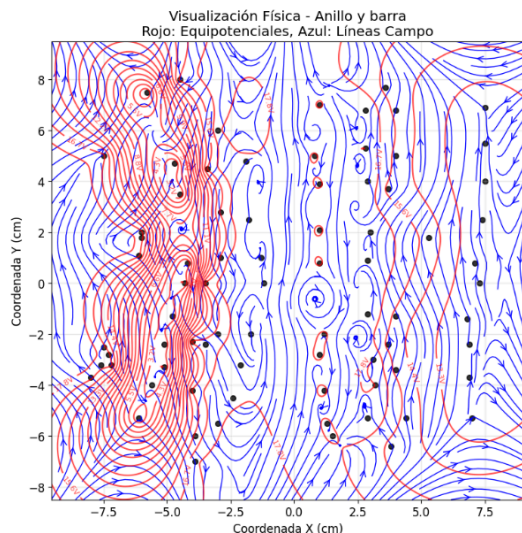
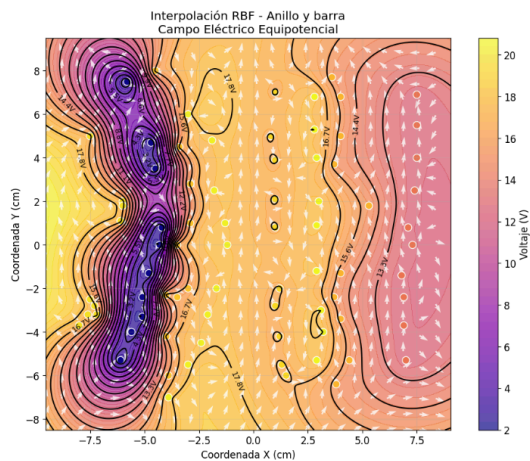


Foto 2: Montaje de barra con un anillo

De acuerdo con lo mencionado, al emplear papel milimetrado, es posible notar que, conforme los puntos en los ejes X e Y se distancian del anillo, el campo equipotencial crea una serie de capas que lo envuelven dependiendo de la distancia del punto al anillo. Con el incremento de la distancia, el campo equipotencial transforma su configuración de capa hasta que se convierte en una línea recta.

A continuación, se presentan los 8 datos obtenidos:





Imágenes 9, 10, 11 y 12: Visualización de líneas equipotenciales del montaje de placas paralelas usando Python gracias a bibliotecas como matplotlib, numpy, pandas y scipy.

VI. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

1. Placas paralelas

- Las líneas equipotenciales se distribuyen de forma prácticamente recta y equidistante, lo cual concuerda con la teoría de un campo eléctrico uniforme entre placas.
- El mapa de calor y las interpolaciones muestran un gradiente de potencial casi lineal, indicando que la variación de voltaje respecto a la distancia es constante.
- El campo eléctrico aparece representado con flechas uniformes y perpendiculares a las equipotenciales, confirmando la relación teórica $E = -\lambda V$.
- Pequeñas curvaturas en los extremos evidencian el efecto de borde, donde el campo deja de ser estrictamente uniforme.

2. Placa y anillo

- La distribución equipotencial es más irregular y asimétrica, debido a la geometría de los electrodos.
- El campo eléctrico no es uniforme: las líneas de campo se concentran alrededor del anillo y divergen hacia la placa.
- El mapa de calor revela zonas de alta concentración de potencial alrededor del anillo, con un gradiente mucho más abrupto comparado con el caso de placas paralelas.
- En las visualizaciones físicas (rojo: equipotenciales, azul: líneas de campo) se observa claramente que las líneas de campo emergen radialmente desde el anillo hacia la placa, confirmando que la simetría radial rompe el comportamiento uniforme que se tiene con placas planas.

Conclusiones

- El experimento avala la conexión teórica entre las líneas de campo eléctrico y las de potencial, siendo siempre perpendiculares entre ellas.
- En el montaje de placas paralelas, el campo es casi uniforme en la región central y el potencial varía linealmente con la distancia, validando el modelo ideal de capacitor plano.
- En el montaje de placa con anillo, la geometría afecta fuertemente la distribución del campo y del potencial. Esto demuestra que la forma de los conductores determina directamente la configuración de las superficies equipotenciales.
- La interpolación RBF mostró coherencia con la teoría, pero también dejó ver irregularidades en la práctica, lo cual puede deberse a errores experimentales o limitaciones en la toma de puntos de voltaje.
- En el ámbito físico, los hallazgos indican que, aunque las placas paralelas crean un campo más uniforme, el conjunto del anillo y la placa crea un campo radial que no es homogéneo. Esto ilustra cómo la forma de los electrodos influye en el comportamiento del campo eléctrico.

VII. REFERENCIAS

- https://github.com/SebastianUrrego/Laboratorio_lineas_equipotenciales
- Alonso, M., & Finn, E. J. (2013). *Física: Volumen II. Campos y ondas*. Fondo Educativo Interamericano.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). *Física para la ciencia y la tecnología*. Reverté.
- Griffiths, D. J. (2017). *Introduction to*

Electrodynamics (4th ed.). Cambridge University Press.

- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (9.ª ed.). Cengage Learning.
- Universidad de Zaragoza. (s.f.). *Prácticas de laboratorio: Líneas equipotenciales*. Recuperado de: <https://ocw.unizar.es>
- OpenAI. (2025). *ChatGPT (GPT-5)*. Asistente utilizado para el análisis y redacción de resultados. Recuperado de: <https://chat.openai.com>
- xAI. (2025). *Grok IA*. Herramienta de apoyo en generación de textos e ideas. Recuperado de: <https://x.ai>