

Estudio de superficies equipotenciales y su relación con el campo eléctrico

Andrea Valentina Delgado, Valentina del Mar Retamoso, María Camila Mancipe, Sofía Ruiz

Grupo: C3 Subgrupo: C3A

27 de Febrero, 2025

“Es preciso vivir al máximo y dar cada día lo mejor de sí, para poder afrontar los retos de la vida y ser feliz.”
— Andrea Valentina Delgado

Resumen

Las superficies equipotenciales son zonas con igual potencial eléctrico y siempre son ortogonales a las líneas de campo. Para estudiar su relación con el campo eléctrico, se usaron dos electrodos circulares, sumergidos en un medio conductor (agua de llave), conectados a una fuente DC a 15 voltios y se midió el voltaje en diferentes puntos. A través de estos datos obtenidos se realizó la gráfica de las superficies equipotenciales, de esta manera se pudo realizar un mejor análisis de la relación que poseen dichas líneas con el campo eléctrico, observando que el potencial eléctrico en cada una de las superficies equipotenciales disminuye en dirección de las líneas de campo (ver anexo 7). Además, se observó que los puntos de la superficie equipotencial con igual voltaje siguen la geometría de los electrodos, como se establece en la teoría.

I. Introducción y marco teórico

Alrededor del siglo XVIII, Michael Faraday creó el concepto de que alrededor de una carga, existían líneas o tentáculos (Figura 1) que, al interactuar con otras cargas, generaba una fuerza eléctrica sobre estas. A esto se le conoce como el campo eléctrico de una carga, lo cual justifica varios fenómenos que ocurren sin que dos objetos se toquen entre sí.

Como se observa en la figura 1, se imagina al campo como líneas que salen o entran de la carga y que se expanden hasta el infinito, las cuales no se cortan jamás entre sí. A estas líneas se les conoce como líneas de campo.

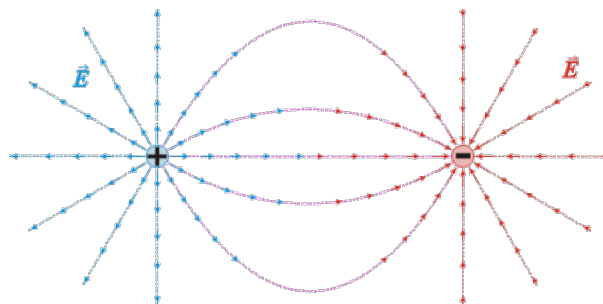


Figura 1: Líneas de campo para dos cargas puntuales de signo opuesto. Imagen tomada de: Imagen tomada de: [Universidad Politécnica de Madrid \(UPM\)](#).

Estas se vuelven menos frecuentes cada vez que se aleja de la carga que las genera, lo cual significa que el campo eléctrico es bastante fuerte alrededor de la partícula y mientras más distancia haya, más débil será y menos influencia tendrá sobre otras partículas a esa distancia. (Como se evidencia en la ecuación 2). Aparte de esto, la dirección de estas líneas se determina con un vector tangente a cada una de estas líneas.

Matemáticamente, un campo eléctrico se expresa como vectores en el espacio que rodean a la partícula que emite este. La fuerza que se aplica a la otra carga es el detector

de este campo [1].

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \left[\frac{N}{C} \right] \quad (1)$$

En esta fórmula, F representa la fuerza eléctrica, en Newtons, y la q representa la carga que crea este campo, medida en Coulombs.

Otra forma de representar el campo eléctrico es añadiendo una distancia desde la carga hasta cualquier punto en el espacio, donde se implementa:

$$\vec{E} = K \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

Con k como la constante de Coulomb y \hat{r} como el vector unitario que indica la dirección del campo eléctrico.

Los campos eléctricos poseen superficies equipotenciales; en estas, el potencial eléctrico (que depende solo de la distribución de la carga [1]) que las compone es constante. Se caracterizan principalmente porque son perpendiculares al campo eléctrico de una carga y poseen una geometría similar a la de las cargas. Por ejemplo, si dos cargas son circulares, su campo se va a organizar como un círculo.

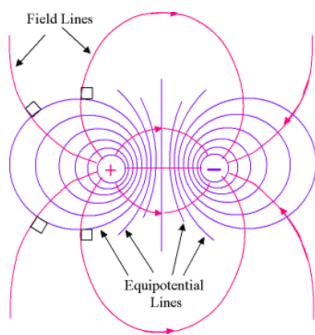


Figura 2: Líneas equipotenciales y líneas de campo eléctrico para dos cargas puntuales de signo contrario. Imagen tomada de: <https://media2.utp.edu.co/programas/6/guia-lineas-equipotenciales.pdf>.

El potencial eléctrico se puede representar por medio del voltaje que el área posea al introducir una carga dentro de un campo eléctrico de otra. Debido a que este va cambiando con la distancia, es posible calcular la diferencia de potencial entre un punto A y B dentro del mismo campo eléctrico. A esto se le nombra:

$$\Delta V = V_b - V_a \quad (3)$$

También es posible calcular la longitud entre los puntos A y B (que son los puntos que se toman en cuenta para calcular la diferencia de voltaje):

$$\Delta L = B - A \quad (4)$$

Al tener estas dos fórmulas, es posible hallar la variación del campo eléctrico entre dos puntos con la siguiente fórmula:

$$\Delta E = \frac{\Delta V}{\Delta L} \quad (5)$$

Esto funciona para encontrar cómo es que las superficies equipotenciales se relacionan con el campo eléctrico y de qué forma lo hacen.

Por último, se agrega la fórmula relacionada al porcentaje de error, para poder realizar una comparación entre los datos teóricos y los datos experimentales:

$$\%E = \frac{\text{valorteo} - \text{valorexp}}{\text{valorteo}} \quad (6)$$

Entonces, el proyecto se trata en hallar superficies equipotenciales entre dos electrodos circulares, sumergidos en un medio conductor (agua de llave) y conectados a una fuente potencial, para analizar sus valores y la relación que estos poseen con el campo eléctrico, por medio de las fórmulas anotadas en esta sección.

Para hacer esto, el informe se divide en siete secciones clave: En la sección I, se explican los conceptos a aplicar en el proyecto. En las secciones II y III, se describe el propósito del proyecto. En la sección IV, se explica a más detalle la práctica realizada. En las secciones V y VI, se realizan cálculos y se les da un enfoque relacionado al problema. Y por último, pero no menos importante, en la sección VII, se llega a los resultados de cada objetivo específico planteado.

II. Objetivo general

De manera experimental especificar las superficies equipotenciales del campo eléctrico empleado.

III. Objetivos específicos

Revisar uno que otro pronóstico de los modelos teóricos. De manera práctica conocer la dependencia entre la distribución espacial de la carga y la geometría de los electrodos.

IV. Materiales y metodología

Para la realización de esta práctica de laboratorio se usaron los siguientes materiales:

Hoja milimetrada: Nos sirve para poder registrar con exactitud cada una de las coordenadas en el plano cartesiano.

Multímetro: Usado para medir las diferencias de potencial en las distintas partes del sistema, para la realización de la práctica se configuró de manera que nos indicara el voltaje en dicha parte del sistema donde se colocara la sonda móvil.



Figura 3: Laboratorio escuela de física UIS.

Refractaria con agua: Contiene el medio que permite la conducción de la corriente por el sistema (el agua).

Electrodos: Son placas metálicas circulares, las cuales deben ir sumergidas en la refractaria con agua y son las encargadas de generar el campo eléctrico.

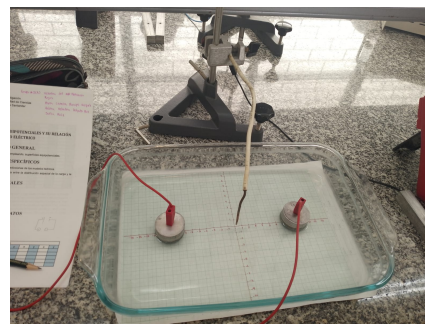


Figura 4: Laboratorio escuela de física UIS.

Regla y curvígrafo: Usados para unir con precisión los puntos que forman cada una de las líneas equipotenciales.

Cables de conexión: Estos se usan para conectar la fuente de corriente continua con los electrodos y el polo a tierra con el multímetro, su función es permitir que la corriente fluya por la refractaria con agua.

Fuente de corriente continua (DC): Es la encargada de suministrar la corriente necesaria, en este caso 15 V, la cual se distribuye en cada uno de los electrodos y permite la formación de las líneas equipotenciales.



Figura 5: Laboratorio escuela de física UIS.

Para dar inicio a la práctica, lo primero que se hizo fue dibujar el plano cartesiano sobre la hoja milimetrada, la cual nos sirvió para ubicar los puntos y poder observar de manera gráfica la formación de las líneas equipotenciales. Luego, se verificó que la refractaria con agua estuviera bien ubicada sobre el sistema coordinado y que el plano a tierra estuviera en el centro del sistema. Posteriormente, se ubicaron cada uno de los electrodos circulares en las coordenadas de $(-9,0)$ y $(9,0)$. Así mismo, cada uno de ellos se conectó por medio de los cables a la fuente de corriente continua y se identificó de

qué signo (positivo o negativo) era la carga con la que quedaban. Después de ya tener todo esto organizado y de revisar que el multímetro estuviera conectado al polo a tierra y la sonda móvil se procedió a encender la fuente de corriente continua y el multímetro.

Se verificaron las conexiones y configuró la fuente de corriente continua para que suministrara un voltaje de 15, con ayuda de la sonda móvil se tomaron las cargas de los electrodos y se consignaron en la hoja de datos.

El montaje experimental se muestra en la siguiente figura:

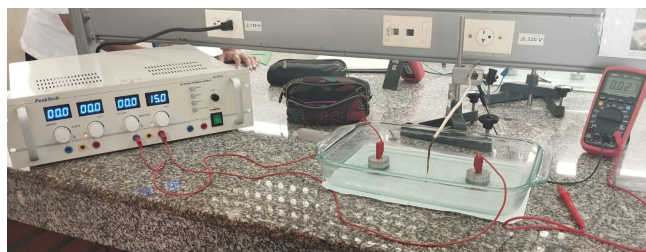


Figura 6: Laboratorio escuela de física UIS.

Para la toma de los datos que nos ayudarían a trazar las líneas equipotenciales, se estableció un punto fijo en el plano cartesiano donde se tomó el voltaje. Después, se ubicaron otros tres puntos en el plano (dos por debajo del eje x y dos por encima) con el mismo voltaje, este proceso se repitió con cuatro voltajes diferentes, con el propósito de formar cuatro líneas equipotenciales (dos a la derecha del eje y y dos a la izquierda).

Al terminar la toma de estos datos, se ubicaron en la hoja milimetrada y con ayuda del curvigrapho se unieron las coordenadas con voltajes iguales, de esta quedaban formadas las líneas equipotenciales, posteriormente se trazaron las líneas de campo perpendiculares a estas y se hizo un análisis de la gráfica obtenida con los datos teóricos.

V. Tratamiento de datos

$\vec{E}_+[V/m]$	$\vec{E}_m[V/m]$	$\vec{E}_-[V/m]$
-48	-50.33	-38.4
-60.72	-71.18	-63.91
-57.24	-65.46	-62.60
-49.47	-5.44	-49.90

Tabla 2: Tabla del campo eléctrico entre los puntos equipotenciales

% Error (E=-81.27)		
\vec{E}_+	\vec{E}_m	\vec{E}_-
40.93 %	38.07 %	52.75 %
25.28 %	12.41 %	21.36 %
29.56 %	19.45 %	22.97 %
39.12 %	29.32 %	38.60 %

Tabla 3: Tabla del porcentaje de error entre el campo eléctrico de los electrodos y los calculados con los puntos equipotenciales

VI. Análisis de datos

A partir de los datos tomados en laboratorio se calculó el campo eléctrico entre los puntos equipotenciales para su posterior análisis.

En principio lo primero que se observó fue que todas las cantidades eran negativas lo que, según la teoría, nos indica la dirección del campo eléctrico dirigiéndose siempre del electrodo con mayor potencial al de menor potencial. En este caso del electrodo positivo al negativo puesto que de los 15V utilizados para energizar el montaje, la mayor parte lo tuvo el electrodo positivo con +5.87V y, por consiguiente -8.77V en el electrodo negativo. Con los datos recopilados, se calculó el campo eléctrico entre los electrodos para así realizar una comparación entre campos. Se pudo notar que la diferencia de potencial no era exactamente 15V por lo que a pesar de ser un resultado muy similar se utilizó el obtenido que fue de 14.63V. Dándonos así un campo eléctrico teórico de -81.27V/m.

Ha simple vista se pudo notar que hubo una considerable diferencia entre la mayoría de valores, pero para asegurarnos se realizó el porcentaje de error experimental, confirmando tales discrepancias. Esto en

Electrodo	V (referencia)	Coordenadas (cm)							
		x	y	x	y	x	y	x	y
$C_- C_+$	$V_1 = -3.51$	-7	-9	-5	-4	-5	4.5	-6	7.5
	$V_2 = -1.59$	-3	-9	-2	-3	-2	3	-2.25	8.5
	$V_3 = 0.73$	1.5	-8	1.25	-2.75	1.4	4	1.5	7
	$V_4 = 3.61$	9	-8	5.75	-3	6	4	7.25	6.5

Tabla 1: Registro de los voltajes de referencia y coordenadas de cada línea equipotencial.

principio lo atribuimos a que el campo eléctrico no era uniforme porque la distancia entre electrodos a comparación de su tamaño era relativamente grande, a su vez la distancia entre los puntos equipotenciales; otra de las posibles razones pudo deberse a errores en la toma de datos, aunque estos siempre son esperados debido a todos los factores que pueden afectar la experimentación. A pesar de no haber obtenido los resultados esperados, se observaron características relevantes que se relacionan directamente con los valores obtenidos. Los puntos equipotenciales que mostraron menor porcentaje de error tenían coordenadas en el eje y más cercanas al eje x, lo que sugiere que, cuanto más cercanos estaban estos puntos a dicho eje, más precisa era la medición del campo. La hipótesis inicial era que, a medida que los puntos equipotenciales se alejaban de los electrodos en ambos ejes, las mediciones del campo se volvían menos precisas, y los resultados confirmaron esta hipótesis, destacando una mayor relevancia en las coordenadas del eje y.

VII. Conclusiones

Durante la práctica, se observó que, a pesar de tener diferentes coordenadas (en cm), el voltaje se mantenía constante. Esto ocurre debido a las superficies equipotenciales, ya que, aunque tengan distinta coordenada, el voltaje permanece estable a lo largo de ellas.

A partir de la figura 7, se observa el comportamiento de las cargas negativas y positivas con respecto al voltaje. Según la teoría, las líneas de campo eléctrico siempre se dirigen desde la carga positiva hacia la carga negativa, y el valor del voltaje disminuye conforme se alejan de la carga positiva, siguiendo la dirección del campo eléctrico.

Se logro comprobar la relación entre las superficies

equipotenciales y las líneas de campo eléctrico, estas dos permanecen perpendiculares, formando un ángulo de 90 grados independientemente de donde se ubica su intersección.

VIII. Anexos

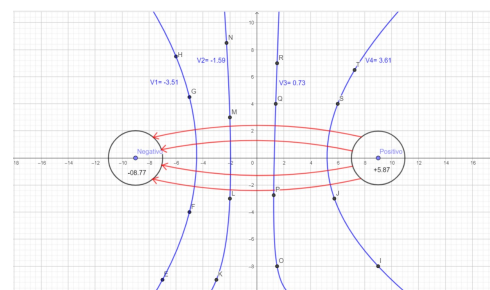


Figura 7: Líneas equipotenciales y líneas de campo eléctrico para dos cargas puntuales de signos diferentes obtenidas de manera experimental.

Figura 8: Tabla de datos obtenidos experimentalmente, voltajes y coordenadas de cada una de las líneas equipotenciales.

Referencias

- [1] INTERNET ARCHIVE. Física para ciencias e ingeniería serway 7 edición vol 2. <https://archive.org/details/FisicaParaCienciasEIngenieriaSerway7EdicionVol2/page/n43/mode/2up> [Accessed:20 Febrero 2024].

[1]
