

## CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE RECTILÍNEA

**ATENCIÓN** No toque los conductores. Pueden conducir corrientes elevadas o estar muy calientes.

### OBJETIVO

Estudio de la dependencia con la distancia y la intensidad de corriente del campo magnético creado por una corriente recta indefinida.

### MATERIAL

Generador de corriente alterna, teslámetro, sonda Hall de campo magnético axial (más larga), sonda Hall de campo magnético tangencial (más corta), cables de conexión, conductores de corriente, transformador de corriente, barra de soporte, regla, amperímetro de corriente alterna, medidor de corriente secundaria.

### FUNDAMENTO TEÓRICO

La ley de Biot y Savart, que relaciona el campo magnético creado por un elemento de corriente en un punto del espacio, establece que

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{\ell}}{r^2} (\vec{u}_\ell \times \vec{u}_r) \quad [1]$$

donde  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Vs/Am es la permeabilidad magnética del aire,  $Id\vec{\ell}$  es el elemento de corriente y  $\vec{u}_r$  es un vector unitario con la dirección y sentido del vector que une dicho elemento con el punto donde queremos obtener el campo magnético. Este campo es perpendicular al plano definido por el punto y la corriente (figura 1).

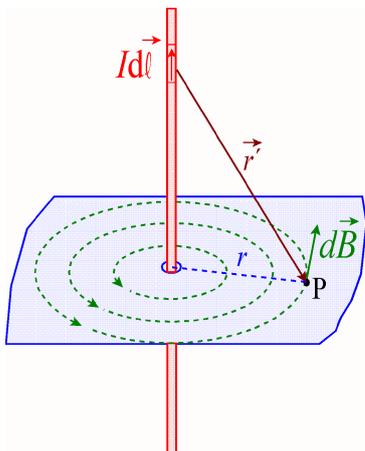


Figura 1

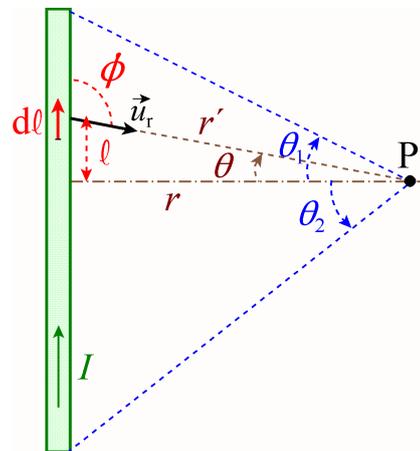


Figura 2

Para calcular el campo magnético generado por un conductor rectilíneo en un punto P, deberemos integrar la ecuación [1] a lo largo de todo el conductor (figura 2),

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_L \frac{d\vec{\ell} \times \vec{u}_r}{r^2} \Rightarrow |\vec{B}| = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sen \theta_1 + \sen \theta_2) \quad [2]$$

donde  $L$  es todo el conductor y  $\theta_1$  y  $\theta_2$  son los ángulos interiores definidos por las líneas que unen el punto  $P$  con los extremos del conductor (figura 2). En el caso de un conductor infinitamente alargado  $\theta_1 = \theta_2 \approx \pi/2$  y, por tanto,

$$|\vec{B}| = B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad [3]$$

La experiencia se realiza con corriente alterna, ya que nos permite alcanzar valores elevados de intensidad en el conductor, por medio del transformador, y se generan campos magnéticos suficientemente elevados para ser apreciados por el teslámetro. Las ecuaciones anteriores siguen siendo válidas, con la única diferencia de que las magnitudes involucradas son ahora dependientes del tiempo. En concreto, son correctas también para los valores eficaces de intensidad, voltaje y campo magnético, que se corresponden con los valores proporcionados por los aparatos de medida.

## MÉTODO EXPERIMENTAL

### Montaje

En la figura 3 se muestra un esquema del dispositivo experimental utilizado en esta práctica. El generador de corriente alterna (0 - 15) V ó (0 - 12) V deberá estar conectado a la entrada (corriente primaria) del transformador de corriente, de forma que la bobina primaria posea 140 espiras. A la salida del transformador (corriente secundaria) se sitúa el conductor, fijándose mediante dos tornillos. Dependiendo del medidor de corriente secundaria que vayamos a utilizar habrá que pasar el conductor a su través antes de apretar los tornillos o podrá situarse con posterioridad. Finalmente, situamos la sonda Hall de campo magnético cerca del conductor rectilíneo y la conectamos al teslámetro. Tenga en cuenta que **la sonda axial mide el campo magnético que existe en su extremo**. Por tanto, debe situar dicho extremo justo al lado del cable de la espira, como se muestra en la figura 3 y con más detalle en la figura 4. La figura 5 muestra el mismo montaje en el laboratorio.

**Nota:** Antes de poner en marcha el dispositivo, avise al profesor.

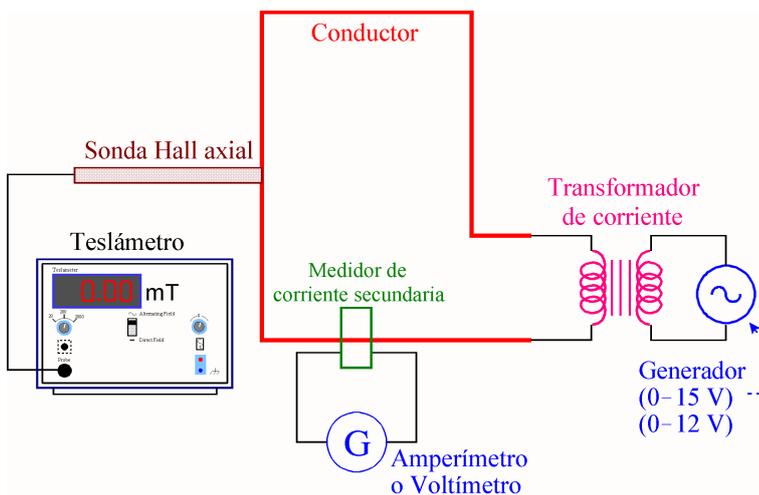


Figura 3: Esquema del montaje de la práctica

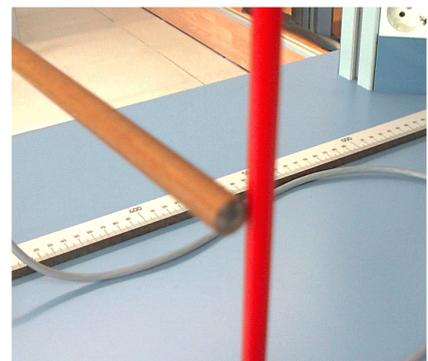


Figura 4: Detalle de la posición de la sonda Hall axial respecto de la espira.

### Experimento 1: Campo magnético en función de la intensidad de corriente

Sitúe la sonda de campo magnético axial en el centro del conductor rectilíneo a una distancia fija del mismo (aproximadamente 5 mm)<sup>1</sup>. Utilice la regla que hay en la base del soporte de la sonda para medir la distancia, en caso de que sea mayor. Anote esta distancia. Encienda el teslámetro en posición 'Alternating Field', teniendo en cuenta que la medida del teslámetro debe llevarse lo más próxima posible a cero cuando no pasa corriente por el conductor. En todo caso, tome nota del error de cero del teslámetro para corregir adecuadamente las medidas tomadas en los experimentos. . Ponga en marcha el generador, fije una intensidad de corriente inicial y efectúe la medida del campo magnético. Para medir la intensidad de corriente que circula por el conductor se dispone de un medidor de corriente secundaria. Dependiendo del puesto de trabajo puede encontrarse con uno de los dos tipos de medidores siguientes.

**Medidor de corriente secundaria 1** (Figura 6): Se conecta a un amperímetro analógico que marca una intensidad de corriente cien veces menor que la que circula por el conductor.

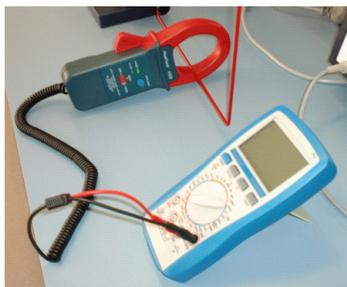


Figura 7

**Medidor de corriente secundaria 2** (Figura 7): Se conecta a un voltímetro. Para medir debemos situar el interruptor de la sonda en 200 mV y el voltímetro también en la escala de 200 mV de corriente alterna. De esta forma, la medida visualizada en el voltímetro en mV equivale directamente a la intensidad que circula por el conductor expresada en amperios.

Repita la experiencia con varias intensidades de corriente diferentes.<sup>2</sup>

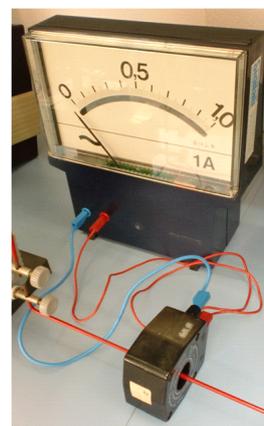


Figura 6

**Nota:** No sobrepase los 80 A de corriente en el conductor

### Experimento 2: Campo magnético en función de la distancia

Fije ahora una intensidad de corriente de 60 A circulando por el conductor. Efectúe la medida del campo magnético a varias distancias del conductor, sin sobrepasar los 30 ó 35 mm.<sup>3</sup>

### Experimento 3: Dirección del campo magnético (*realizar en caso de estar operativa la sonda tangencial*)

Conecte la sonda de campo magnético tangencial al teslámetro y fije la intensidad de corriente que circula por el conductor en 60 A. Acerque la sonda al conductor en todas las direcciones posibles y rotándola 90° sobre su eje longitudinal en ambos sentidos. Describa los resultados observados. ¿Qué ocurre con la medida del campo magnético? Con las observaciones realizadas, ¿podría deducir la forma de las líneas de campo magnético?

<sup>1</sup> Cuando la sonda está tocando a la espira la distancia es la suma de sus radios (aproximadamente 5 mm).

<sup>2</sup> Se recomienda medir el campo magnético para valores de intensidad de corriente de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 A.

<sup>3</sup> Se recomienda medir el campo magnético para distancias de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 mm.

Tratamiento de los datos① *Campo magnético en función de la intensidad de corriente*

Represente gráficamente el campo magnético, originado por el conductor, frente a la intensidad de corriente que circula por él (creando, previamente, la tabla de valores correspondiente) y realice el ajuste por mínimos cuadrados a una línea recta. Esta línea recta está basada en la ecuación [3], donde hemos asumido que el conductor se comporta como si fuera infinitamente alargado. A partir de los parámetros del ajuste, **determine el valor de la permeabilidad magnética del aire,  $\mu_0$** , así como su correspondiente error.<sup>4</sup>

② *Campo magnético en función de la distancia*

Represente gráficamente el campo magnético, originado por el conductor, frente a la inversa de la distancia (creando, previamente, la tabla de valores correspondiente) y realice el ajuste por mínimos cuadrados a una línea recta. Esta línea recta está basada también en la ecuación [3], asumiendo el comportamiento del conductor como infinitamente alargado. A partir de los parámetros del ajuste, **determine, nuevamente, el valor de la permeabilidad magnética del aire,  $\mu_0$** , así como su correspondiente error.<sup>4</sup>

**CUESTIONES**

1.- ¿Por qué es recomendable no superar los 30 ó 35 mm cuando se realizan las medidas del campo magnético frente a la distancia?

2.- ¿Por qué representamos el campo magnético en función de la inversa de la distancia, y no directamente en función de la distancia?

3.- Supongamos dos conductores rectilíneos paralelos infinitamente alargados separados una distancia  $d$  por los que circula una intensidad de corriente  $I$ . Obtenga la expresión del campo magnético que se crea en un punto situado en el plano definido por los dos conductores cuando a) el sentido de la corriente en ambos conductores es el mismo y b) la corriente circula en sentidos contrarios.

**NOTA:** Obtenga en cada caso la expresión para un punto situado: a) entre los dos conductores, b) a la izquierda de ambos y c) a la derecha de ambos.

<sup>4</sup> Debido al valor de este parámetro, se recomienda dar el resultado en el formato  $(n \pm \Delta n)\pi \cdot 10^{-7}$  (unidades del S.I.)