1. CAMPO MAGNETICO CREADO POR UNA ESPIRA CIRCULAR Y UN ALAMBRE RECTO

1.1. Objetivo

El propósito de esta práctica es determinar el valor del campo magnético $\overrightarrow{B}$ creado por a) una espira circular con corriente en puntos sobre un eje perpendicular al plano que contiene la espira y que pasa por su centro y b) un alambre rectilÃneo finito con corriente en puntos a diferentes distancias del alambre. Para ello, en cado uno de los casos mencionados, se mide el ángulo θ formado por las direcciones del campo resultante $\overrightarrow{B}_R = \overrightarrow{B} + \overrightarrow{B}_T$ y el campo magnético terrestre $\overrightarrow{B}_T$ para diferentes posiciones. A partir de estas mediciones, se determina la magnitud de $\overrightarrow{B}_T$. Conocido este valor, se conoce inmediatamente el valor de $\overrightarrow{B}$.

1.2. Materiales

- Una fuente de corriente DC con capacidad de suministrar hasta 5 Amperios.
- Una espira de alambre de radio 15 cm.
- Una alambre recto de longitud 70 cm.
- Un transportador.
- Una brújula.
- Una regla graduada en mm.

1.3. Resumen teórico

Toda carga eléctrica en movimiento genera una corriente eléctrica. La corriente eléctrica a su vez genera un campo magnético cuya magnitud y dirección están dados por la ley de Biot y Savart. Esta ley afirma que para un conductor de longitud $d\overrightarrow{l}$ y corriente I, (ver figura 1) el campo magnético $d\overrightarrow{B}$ en el punto P a una distancia r es dado por

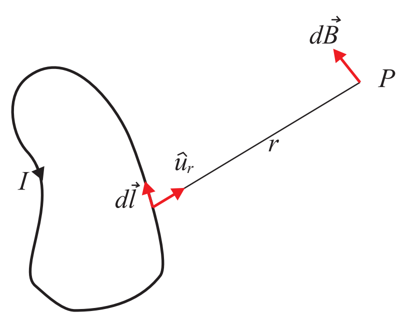

Figura 1: Espira de corriente. La dirección del campo magnético creado por el elemento de longitud dl y corriente I es determinada por la dirección de $dl \times \widehat{u}_r$

$$d\overrightarrow{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\overrightarrow{l} \times \widehat{u}_r}{r^2} \tag{1}$$

donde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$ es la permeabilidad del vacío. El campo de toda la espira con corriente, se obtiene a partir del principio de superposición. Es decir, debemos sumar vectorialmente los campos producidos por cada uno de los elementos de longitud infinitesimal que constituyen la espira.

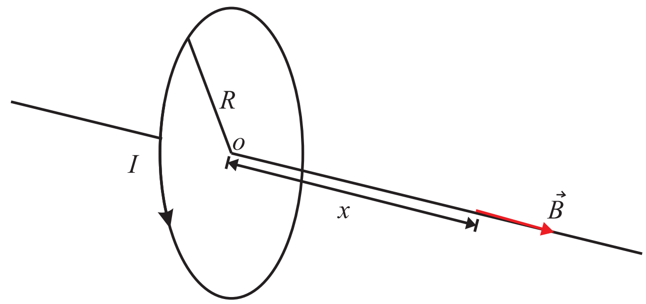

Figura 2: Espira de corriente circular. La dirección del campo magnético creado por el elemento de longitud dl y corriente I es determinada por la dirección de $dl \times \widehat{u}_r$

En particular, al usar la ecuación (1) se demuestra que para el caso de una espira circular de radio R (ver figura 2) y corriente eléctrica I, el valor del campo magnético en un un punto sobre su eje principal a una distancia x de su centro es dado por

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \tag{2}$$

Obsérvese que el campo creado por la espira de corriente esta dirigido a lo largo del eje para puntos que se encuentran sobre el eje.

Similarmente, a partir de (1) se puede probar que el campo magnético creado por un conductor rectilíneo (ver figura 3) con corriente I en un punto P a una distancia x perpendicular al conductor es

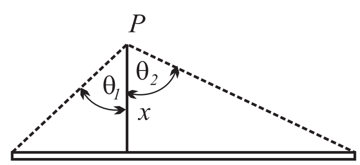

Figura 3: Conductor rectilíneo con corriente I.

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2) \tag{3}$$

Para el caso cuando la longitud del conductor es L y el punto P equidista de los extremos del conductor, la expresión (3) se reduce a

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi x}\frac{L}{\sqrt{L^2 + 4x^2}} \tag{4}$$

Veamos ahora como podemos determinar experimentalmente los valores de los campos dados por las expresiones (2) y (4). Para ello, consideremos la figura 4. En ella, se muestran los campos magnéticos terrestre $\overrightarrow{B}_E$, el campo a determinar $\overrightarrow{B}$ y el campo resultante $\overrightarrow{B}_R$. La dirección de $\overrightarrow{B}_E$ se determina con ayuda de una brújula manteniendo las corrientes en la espira o alambre recto apagadas. Una vez determinada la dirección de $\overrightarrow{B}_E$, la espira y el alambre recto se orientan de modo que sus corrientes produzcan campos perpendiculares a $\overrightarrow{B}_E$. Al aplicar corriente a nuestra espira o alambre recto, el campo generado se superpone al terrestre obteniÃ©ndose un campo resultante $\overrightarrow{B}_R$

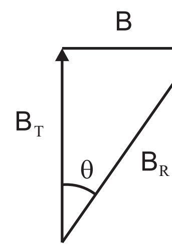

Figura 4: Superposición de campos magnéticos: B_T es campo magnético terrestre, B es campo magnético producido por la espira de corriente ó el segmento rectilíneo de corriente, y B_R es campo magnético resultante.

De la figura 4 es claro que

$$\tan\theta = \frac{B}{B_T} \tag{5}$$

ésta expresión se puede reescribir como

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{B_T}\cot\theta$$

Reemplazando los valores de los campos B dados por las expresiones (2) y (4) en la anterior expresión obtenemos para a espira circular y el alambre recto respectivamente

$$(R^2 + x^2) = \left(\frac{\mu_0 I R^2}{2B_T}\right)^{\frac{2}{3}} \cot^{\frac{2}{3}}\theta \tag{6}$$

$$x^2(L^2 + 4x^2) = \left(\frac{\mu_0 I L}{2\pi B_T}\right)^2 \cot^2\theta \tag{7}$$

Estas expresiones pueden ser linealizadas (ver figura 5), de modo que una gráfica de $(R^2 + x^2)$ versus $\cot^{\frac{2}{3}}\theta$ y $x^2(L^2 + 4x^2)$ versus $\cot^2\theta$ representan líneas rectas con pendientes $m_1 = \left(\frac{\mu_0 I R^2}{2B_T}\right)^{\frac{2}{3}}$ y $m_2 = \left(\frac{\mu_0 I L}{2\pi B_T}\right)^2$ respectivamente.

El valor de la intensidad del campo magnético terrestre en términos de m_1 y m_2 en cada caso es dado por

$$B_T = \frac{\mu_0 I R^2}{2m_1^{\frac{3}{2}}} \tag{8}$$

$$B_T = \frac{\mu_0 I L}{2\pi\sqrt{m_2}} \tag{9}$$

Determinados los valores de B_T, podemos ahora usar la expresión (5) y calcular el valor de B generado por la espira de corriente y el alambre recto como función de la posición.

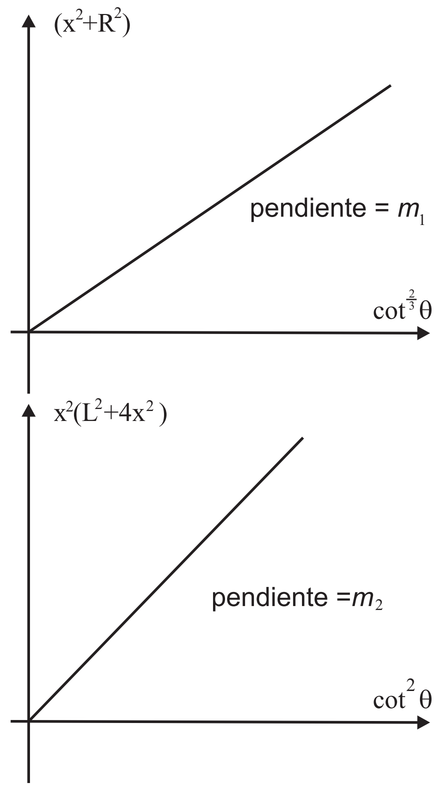

Figura 5: Linealización de las expresiones que permiten hallar el campo magnético terrestre usando a) la espira circular y b) el alambre recto.