

# Espiras y brújulas: medición del campo magnético de la Tierra

María Inés Aguilar<sup>1</sup>, Mariana Ceraolo<sup>2</sup>, Mónica Pose<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Educativo San Francisco Javier, Buenos Aires, [miaguilar@ciudad.com.ar](mailto:miaguilar@ciudad.com.ar)

<sup>2</sup> Colegio FASTA A. M. Boisdron, Tucumán, [mceraolo@hotmail.com](mailto:mceraolo@hotmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Privado Argentino Japonés en Bs. As. “Nichia Gakuin”, [monpose@yahoo.com.ar](mailto:monpose@yahoo.com.ar)

Determinamos la componente horizontal del campo magnético terrestre usando un par de bobinas de Helmholtz y una brújula colocada en el centro de las bobinas. El campo magnético producido por las bobinas desvía a la aguja imantada de la brújula. Mediante mediciones del ángulo de desviación para distintos valores del campo aplicado, determinamos el campo terrestre.

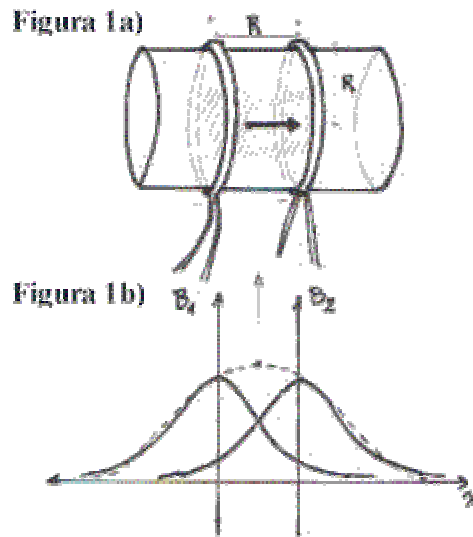
## Introducción

La existencia del campo magnético de la Tierra es conocida desde hace mucho tiempo atrás por sus aplicaciones a la navegación mediante el uso de la brújula. El campo magnético terrestre es de carácter vectorial y sabemos que su proyección horizontal señala, aunque no exactamente, al norte geográfico. Para estudiar las componentes de la intensidad del campo magnético terrestre se toma como sistema de referencia, en un punto de la superficie de la Tierra, un sistema cartesiano de coordenadas XYZ o sistema geográfico, en el que el norte es el norte geográfico, o proyección sobre el plano horizontal de la dirección del eje de rotación de la Tierra. La componente horizontal de la intensidad del campo magnético señala al norte magnético y tiene una desviación ( $D$ ) con respecto al norte geográfico. A esta desviación se le conoce como declinación magnética. El ángulo formado por la intensidad del campo magnético y la horizontal, es la inclinación magnética ( $I$ )<sup>(1)</sup>.

El objetivo del presente trabajo es determinar la componente horizontal del campo magnético de la Tierra. Para esto usamos el hecho de que la aguja imantada de una brújula interactúa con un campo magnético.

## Metodología

Para generar el campo magnético con una corriente eléctrica utilizamos dos bobinas de Helmholtz (esquema de la Fig. 1). Cada bobina tiene 300 espiras de 835 mm de radio medio, y están hechas con alambre de cobre de 0.55 mm de diámetro. Como fuente de corriente eléctrica, utilizamos una fuente variable Protek DC Power Supply 3003 B y medimos la corriente que pasa por las espiras con un amperímetro.

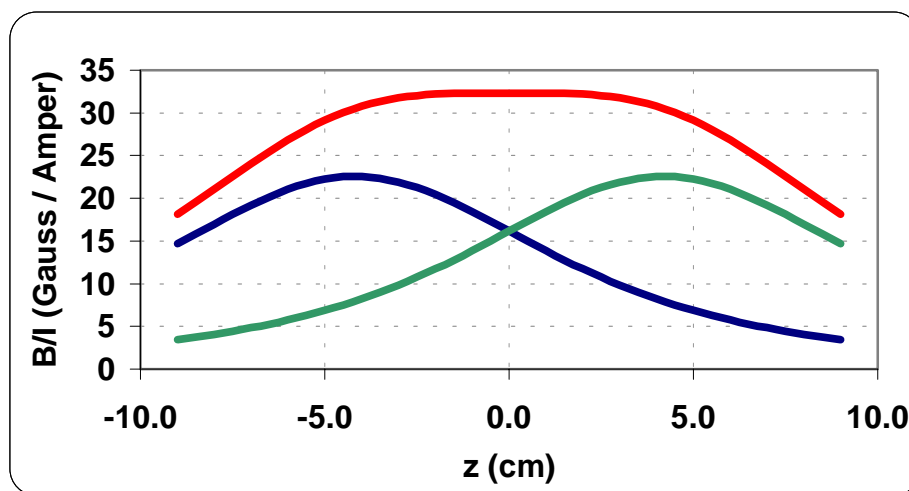


**Figura 1a)** Muestra un cilindro de acrílico que sostiene las dos espiras paralelas y a la distancia indicada. Entre las dos espiras, en el centro del cilindro está señalada la región del campo magnético más homogéneo. La flecha representa la dirección del flujo magnético, que va a depender de la dirección del flujo de corriente eléctrica. Es importante tener en cuenta que en ambas espiras el flujo magnético debe estar en la misma dirección.

**Figura 1 b)** Diagrama que muestra la intensidad de los campos magnéticos de ambas espiras, con respecto a la distancia del centro de la espira (línea continua). La línea punteada representa la suma de los campos magnéticos generados, la cual encuentra su punto máximo en la distancia media entre las dos espiras.

Al hacer pasar corriente por las espiras se genera un campo magnético. El campo que se produce entre las bobinas es paralelo al eje del conjunto. Ubicamos las espiras en posición vertical y paralelas. El “par de Helmholtz” es este par de bobinas separadas una de otra una distancia igual a sus radios, y con la corriente eléctrica circulando con la misma intensidad y en el mismo sentido. En estas condiciones se produce una zona de campo magnético homogéneo en el centro del conjunto<sup>(3)</sup>. En ese lugar colocamos una brújula para que

interactúe con el campo magnético de las bobinas. Para las bobinas que usamos, el valor del campo magnético generado, por unidad de intensidad de corriente aplicada, se muestra en la Fig. 2. La constante del par de bobinas es: 32,31 Gauss/Amper. En la figura se muestran los campos individuales de cada espira y su superposición (línea superior). Obsérvese la zona de homogeneidad del campo magnético producido en la zona central.

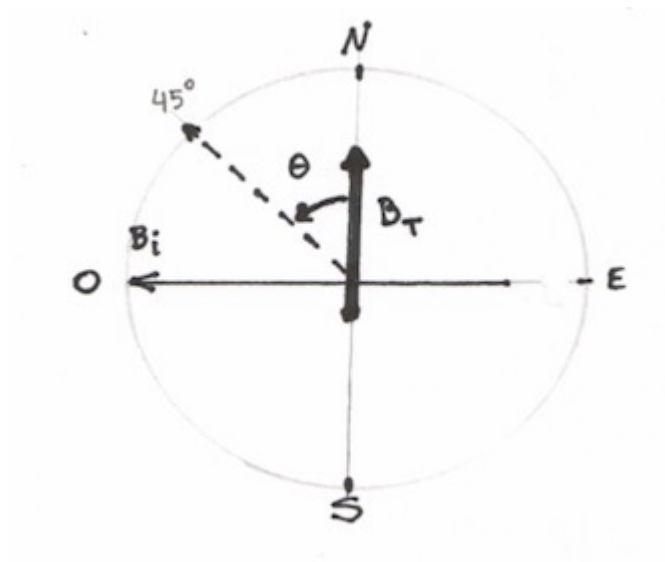


**Figura 2:** Campo magnético del par de bobinas por unidad de intensidad de corriente aplicada, para el dispositivo usado en el experimento.  $z$  es la distancia sobre el eje común al punto medio entre las dos espiras. En azul y en verde, los campos magnéticos de cada bobina. En rojo, la suma de estos campos.

Para el experimento, primero determinamos la dirección del campo magnético terrestre con la brújula, sin corriente en el dispositivo. Luego ubicamos las espiras de manera que el plano de las mismas quede alineado con la dirección del campo magnético terrestre. Luego colocamos la brújula en el centro del par de Helmholtz, de modo que está en la zona más homogénea del campo magnético generado. Para ubicarla en el lugar correcto, usamos un taquito de madera, que por ser éste de material no magnético, no altera localmente el campo magnético.

Al pasar corriente por las espiras, para cada valor de corriente la aguja de la brújula se orienta en la dirección correspondiente a la suma vectorial de los campos magnéticos que la afectan (el terrestre, en la dirección N-S, y el campo magnético generado, en la dirección E-

O). Cuando el campo magnético del dispositivo es igual al campo magnético terrestre, la aguja de la brújula habrá trazado un ángulo de  $45^\circ$ , como ilustra la figura 3.



**Figura 3:** La tangente del ángulo  $\theta$  que forma la aguja de la brújula es igual al cociente entre el campo magnético de la espira producido por una corriente eléctrica ( $B_i$ ) y el campo magnético de la Tierra ( $B_T$ ). Cuando la aguja se mueve hasta lograr un ángulo de  $45^\circ$  su tangente es igual a 1, por lo tanto ambos campos magnéticos son iguales.

Con el fin de estimar el campo magnético en el lugar del experimento, utilizamos el programa Geomagnetic Field Synthesis Program (Compute Values of Earth's Magnetic Field (Version 3.1) <sup>(2)</sup>.

## Resultados y discusión

Para determinar la componente horizontal del campo magnético que existe entre las dos espiras, en el interior, utilizamos (Fig. 2):

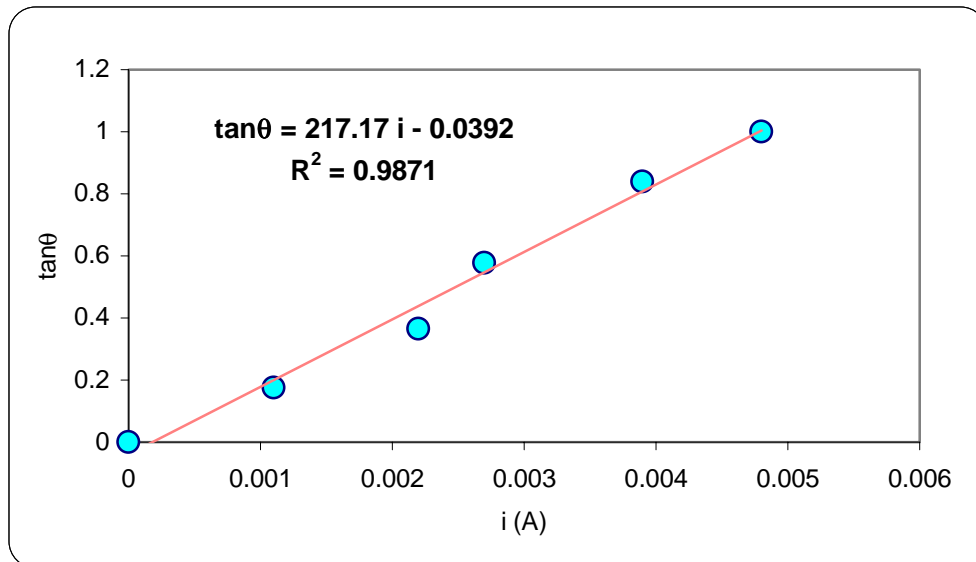
$$B_h(i) = 32,31 i \quad (1)$$

donde el campo magnético  $B_h$  se mide en Gauss y la intensidad de la corriente  $i$  en Amper.

A medida que íbamos cambiando la intensidad de la corriente, registrábamos la medida de los ángulos que determinaba la aguja de la brújula:

Ángulos (°)	i(A)
0	0
10	0,0011
20	0,0022
30	0,0027
40	0,0039
45	0,0048

Calculamos la tangente de esos ángulos y volcamos los datos en el siguiente gráfico, en donde la pendiente de la ecuación que determina la mejor recta para los datos registrados, corresponde al valor del campo magnético en este punto geográfico (figura 3):



**Figura 4:** tangente del ángulo de desviación de la aguja de la brújula (respecto de la dirección Norte-Sur), cuando se hace circular corriente por las bobinas.

De la Fig. 4 se deduce que la tangente del ángulo de desviación  $\theta$  es igual a:

$$\tan\theta = \frac{B_h(i)}{B_T} \quad (2)$$

Introduciendo la ecuación (1):

$$\tan\theta = \frac{32,31}{B_T} i \quad (3)$$

por tanto, la pendiente de la recta de la Fig. 3 es:

$$m = \frac{32,31}{B_T} \quad (4)$$

Usando el dato de la pendiente de la recta (ver Fig. 3) obtenemos:

$$B_T = 0,15 \text{ Gauss} \quad (5)$$

Notamos que el valor de referencia provisto por la Ref. (2) es de 0,5 Gauss (en Buenos Aires).

## Conclusiones

Con este experimento pudimos mostrar la interacción entre un material magnético (aguja de la brújula) con un campo magnético producido por una corriente eléctrica.

El valor del campo magnético terrestre obtenido en forma experimental es menor que el real, aunque está dentro del orden de magnitud, lo que consideramos un resultado satisfactorio. El valor obtenido corresponde al valor del campo terrestre en el laboratorio, el que puede estar afectado por la presencia de los materiales presentes, como vigas metálicas, patas de las mesas de hierro, etc.

## Referencias

1. [http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/~GeoD/geod2000/stud2000/sara\\_ivonne/Html/magnetismo.htm](http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx/~GeoD/geod2000/stud2000/sara_ivonne/Html/magnetismo.htm)
2. <http://www.ngdc.noaa.gov/cgi-bin/seg/gmag/flsnt1.pl>
3. Gil, S. y E. Rodríguez, *Física re-Creativa*, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.
4. <http://plata.uda.cl/minas/apuntes/Geologia/EXPLORAC/TEXT/05001magnet.html>
5. <http://redquimica.pquim.unam.mx/fqt/cyd/glinda/sistema4.htm>