

# Electromagnetismo I: aplicación de la Leyes de Ampère y Biot-Savart.

## Versión 1.0

Antonio Alfonso Rodríguez-Rosales<sup>1</sup> Héctor Cruz Ramírez<sup>2\*</sup> y  
<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Guerrero (CICTEG)  
<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM  
\*hector.cruz@correo.ciencias.unam.mx

abril 2018

## Índice

1. Introducción y objetivos	1
2. Ley de Biot-Savart	2
3. Ley de Ampère	2
4. Experimento	3
4.1. Campo magnético axial de una bobina . . . . .	3
4.2. Campo magnético de una bobina en un plano . . . . .	3
4.3. Determinación del campo magnético terrestre . . . . .	4
5. Pormenores de la práctica	5
6. Agradecimientos	5

## 1. Introducción y objetivos

En la práctica de *Campos Magnéticos*, se tuvo la oportunidad de visualizar y medir el flujo magnético, en esta práctica se dará una breve Introducción a las leyes que rigen la generación de campos magnéticos con corrientes eléctricas y su aplicación en varios experimentos. La **Ley de Ampère** junto con la **Ley de Biot-Savart** son de las ecuaciones básicas en teoría electromagnética [1, 2, 3], estas explican la generación de campos magnéticos al circular corrientes eléctricas. Se medirá el campo magnético en bobinas y se determinarán el campo magnético terrestre. Entonces, los objetivos serán



1. Campo magnético axial de una bobina.
2. Campo magnético de una bobina en un plano.
3. Determinación del campo magnético terrestre.

## 2. Ley de Biot-Savart

Relaciona la magnitud del campo magnético con las corrientes que lo producen[1, 2, 3]:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{i} \cdot \vec{r} dl}{r^3}, \quad (1)$$

donde  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m / A} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ G m/A}$ . El valor de campo magnético viene dado por la integración de la Ecuación (1) sobre los lugares donde se encuentran las corrientes.

## 3. Ley de Ampère

La Ley de Ampère explica, que la circulación de la intensidad del campo magnético en un contorno cerrado es igual a la corriente que lo recorre en ese contorno. El campo magnético es un campo vectorial con forma circular, cuyas líneas encierran la corriente. La dirección del campo en un punto es tangencial al círculo que encierra la corriente, esto es[1, 2, 3]

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left( i + \epsilon_0 \frac{d\Psi_E}{dt} \right), \quad (2)$$

donde la integral se realiza sobre una curva cerrada;  $i$  es la corriente que atraviesa el camino de integración. El segundo término de la Ecuación (2) es la corriente de desplazamiento cuando existen campos eléctricos variables.

El Campo Magnético de una Bobina que tiene  $N$  vueltas de cable, radio  $R$  y que circula una corriente  $i$ , a una distancia  $Z$  del centro sobre su eje viene dado por[1, 2]

$$B(z) = \frac{\mu_0 i}{2} \frac{R^2 N}{(R^2 + Z^2)^{3/2}}. \quad (3)$$

Las bobinas de Helmholtz son un sistema de dos bobinas de radio  $R$  y  $N$  espiras cada una separadas a una distancia igual a su radio. Si designamos con  $z$  la distancia sobre el eje común al punto medio entre las dos bobinas tenemos que:

$$B(z) = \frac{\mu_0 N i}{R} \frac{8}{5^{3/2}} \left( 1 - \frac{144}{125} \left( \frac{z - \frac{R}{2}}{R} \right)^4 \right). \quad (4)$$

## 4. Experimento

### 4.1. Campo magnético axial de una bobina

Para este experimento, arme el circuito de la Figura (1) pero no coloque nada en centro de la bobina, en el centro coloque alguna referencia para medir las distancia a lo largo del eje de la bobina, mida con gaussmetro el campo magnético en el mismo eje, variando la distancia de medida(a ambos lados).

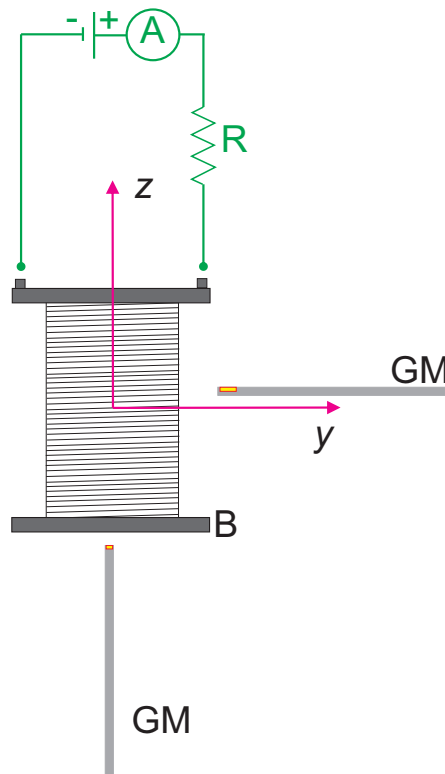


Figura 1: Arreglo experimental, donde GM es el gaussmetro,  $R_e$  una resistencia eléctrica, B es la bobina, y A es un amperímetro.

### 4.2. Campo magnético de una bobina en un plano

Para este caso fije un sistema de coordenadas en el plano de la bobina y mida el campo magnético en dicho plano, use la punta cilíndrica del Gaussmetro, grafique como varía el campo magnético como función de la posición  $\vec{B} = B(x, y)$ , ver Figura (1).

### 4.3. Determinación del campo magnético terrestre

En la Figura (2) se muestra el esquema del arreglo experimental para medir la componente horizontal del campo magnético terrestre. En el centro de las bobinas de Helmholtz (H) es colocada una brújula (B). Las bobinas son conectadas en serie y conectadas al circuito mostrado en la Figura (2), donde A es un amperímetro y  $R_e$  una resistencia eléctrica. Con las bobinas H se genera un campo magnético conocido al centro de la bobina (la posición de la brújula) y alineado en el eje N-S, ver Figura (2). De la Ecuación (4) tenemos que el campo magnético en centro de las bobinas de Helmholtz toma el valor

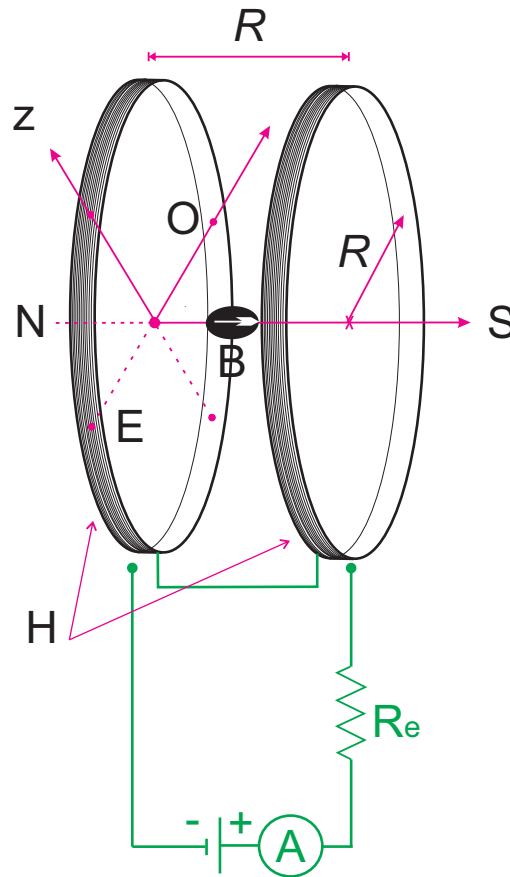


Figura 2: Medición del campo magnético de la Tierra.

$$B(0) = \frac{\mu_0 N i}{R} \frac{8}{5^{3/2}} \frac{53}{125}. \quad (5)$$

En el caso de tener una sola bobina tenemos, por Ecuación (3)



$$B(0) = \frac{\mu_0 i N}{2 R}. \quad (6)$$

Se debe medir el campo magnético en el centro de las bobinas de Helmholtz con el gaussmetro. Con la brújula se caracteriza la dirección del campo magnético terrestre, este último debe ser perpendicular al eje de la bobina (eje  $z$ ). La aguja de la brújula se orientará debido al campo magnético resultante entre el campo magnético terrestre  $B_T$  y el campo magnético de la bobina  $B_e$ . Tomamos la dirección norte-sur como nuestro origen  $\theta = 0$  (la aguja debe ser paralela a este eje).

Se puede demostrar que el ángulo de orientación de la aguja de la brújula está relacionado con el cociente de  $B_e(i)$  y  $B_T$  a través de usando la Ecuación (6)

$$\tan(\theta) = \frac{B_e(i)}{B_T} = \left( \frac{\mu_0 N i}{2 B_T R} \right) \quad (7)$$

Obtenga  $B_T$  de la regresión lineal.

## 5. Pormenores de la práctica

La práctica es de dos sesiones de laboratorio.

## 6. Agradecimientos

Estas notas fueron realizadas con el apoyo del proyecto PAPIME PE107618 (version 1). Agradecemos al estudiante Samuel Corona Aquino por su contribución a la elaboración de estas notas.

## Referencias

- [1] R. A. Serway, "Física, incluye Física Moderna (Tomo II)," McGraw-Hill, Segunda Edición (1993).
- [2] Halliday-Resnick-Walker, "Fundamentals of Physics," John Wiley & Sons Inc., 2007.
- [3] J. D. Jackson, "Classical Electrodynamics," John Wiley & Sons, Inc; 3rd ed. (1998).