

MAGNETOMETRO DE RESORTE

AGUSTIN J. FRASCINO y
EDUARDO M. GONZALEZ

Grupo de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología
Universidad Nacional de Córdoba

El magnetómetro de resorte, con el cual pueden medirse campos magnéticos en función de la deformación de un elemento elástico, permite trabajar con valores de intensidad mucho mayores, reduciendo algunos errores que aparecen cuando se experimenta con el magnetómetro de tangentes. Este dispositivo —adecuado al plan de desarrollo de equipos de bajo costo de construcción artesanal que efectúa este Grupo de Enseñanza— ha sido utilizado con resultados satisfactorios en diversos Seminarios-Taller organizados por los autores de este trabajo.

Cuando se trata de determinar la ley de variación del campo magnético de una bobina en función de su radio, del número de espiras o de la corriente, se recurre al magnetómetro de tangentes. Para ello se dispone el conductor en un plano vertical, orientado según el meridiano magnético del lugar, y en su centro una brújula con limbo graduado asentada en un plano horizontal (figura 1).

Al hacer circular una corriente I aparece un campo \bar{H} , normal al plano de la bobina y a la componente horizontal \bar{H}_t del campo terrestre, orientándose la aguja según la resultante de \bar{H} y \bar{H}_t (figura 2). En este caso, el valor de \bar{H} viene dado por la expresión:

$$\bar{H} = \bar{H}_t \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (1)$$

Para una serie de mediciones, la ley surge de la comparación de los valores obtenidos para $\operatorname{tg} \gamma$ que \bar{H}_t es constante.

Admitiendo que la lectura del ángulo γ acarree una indeterminación de $\pm 1^\circ$, el error relativo para un campo \bar{H} del orden de $1 \bar{H}_t$ sería del 0,03%; para $\bar{H} \sim 3 \bar{H}_t$, del 2,04%; para $\bar{H} \sim 5 \bar{H}_t$, del 4,08%; para $\bar{H} \sim 7 \bar{H}_t$, del 6,13% y para $\bar{H} \sim 10 \bar{H}_t$, del 9,16%.

Este rápido crecimiento del error relativo hace muy poco confiables las determinaciones obtenidas para valores de \bar{H} superiores a 4 ó 5 veces \bar{H}_t .

Simultáneamente aparece otro error, que crece también con γ . En efecto, si lo que se pretende medir es el campo en el plano de la bobina, ocurre que el dipolo de la brújula queda sobre puntos de las líneas del campo más o menos alejados de dicho plano donde, evidentemente, las fuerzas aplicadas difieren (en intensidad y dirección) de las que se quería medir (figura 3).

El método que se propone consiste en medir el campo generado por la corriente en función directa de la deformación de un elemento elástico (resorte en espiral).

Para ello se procede de la siguiente manera:

Se dispone la bobina según el meridiano magnético terrestre. Esta dirección se obtiene usando una brújula común como elemento auxiliar (figura 4).

Se instala un disco graduado, haciendo coincidir el diámetro $0^\circ - 180^\circ$ con el plano de la bobina.

Se coloca el magnetómetro de resorte con su eje en el centro del disco, y su vértice en el centro de la escala.

Al circular una corriente I por el conductor, la aguja del magnetómetro se desvía un ángulo α (en sentido horario en la figura 5). En ese momento actúan sobre ella tres cuplas: en sentido horario \bar{M}_c , originada por el campo \bar{H} , en sentido antihorario \bar{M}_r , producida por la tensión del resorte y \bar{M}_t , provocada por el campo terrestre.

Si ahora (sin interrumpir la corriente) hacemos girar el magnetómetro en sentido anti-

horario aumentará la tensión del resorte, forzando a la aguja en el mismo sentido. Cuando ésta haya retornado a su posición inicial, ubicándose en el plano de la bobina, el vértice del aparato indicará sobre el disco un ángulo de retroceso β . En esta posición \bar{M}_t ya no actúa (su brazo se hace cero). En esta nueva situación de equilibrio tendremos una cupla \bar{M}_{c1} en sentido horario, equilibrada por \bar{M}_{r1} en sentido antihorario (figura 6).

Siendo λ la constante del resorte,

Por otra parte:

$\bar{M}_{c1} = \mu \cdot \bar{H}$ en donde μ es el momento dipolar magnético de la aguja. El valor de $\mu = P \cdot d$ es constante para cada imán, y proviene de suponer que éste está constituido por dos masas magnéticas P de igual valor absoluto y distinta polaridad, separados por la distancia d .

De la igualdad (prescindiendo del signo) entre \bar{M}_{r1} y \bar{M}_{c1} resulta:

$$\lambda \cdot \beta = \mu \cdot \bar{H}$$

de donde

$$\bar{H} = \frac{\lambda}{\mu} \beta$$

haciendo $\frac{\lambda}{\mu} = K$

$$\bar{H} = K \cdot \beta \quad (2)$$

Como β puede tomar cualquier valor dentro del límite elástico del resorte, podemos tomar un \bar{H} tan grande como se desee, adoptando el resorte adecuado.

Si se quiere expresar \bar{H} en valor absoluto, será necesario conocer K . Si en cambio sólo se pretende establecer la ley de variación del campo bastará dar a K un valor arbitrario.

El otro recurso es expresar H en relación con la componente horizontal \bar{H}_t del campo terrestre. Hagamos para ello circular por la bobina una corriente I tal que produzca una desviación $\gamma = 45^\circ$ en una brújula común, según el método utilizado con el magnetómetro de tangentes. Por la expresión (1):

$$\bar{H}_I = \bar{H}_t \cdot \text{tg } 45^\circ = \bar{H}_t$$

Utilizando ahora el magnetómetro de resorte y sin cambiar la intensidad de la corriente (para producir igual campo) obten-

dremos por el procedimiento indicado para este aparato un ángulo de retroceso β_I .

Según (2)

$$\bar{H}_I = K \cdot \beta_I$$

Luego

$$K \cdot \beta_I = \bar{H}_t$$

de donde

$$K = \frac{1}{\beta_I} \bar{H}_t$$

Llevando este valor de K a (2):

$$\bar{H} = \frac{\beta}{\beta_I} \cdot \bar{H}_t$$

Para el prototipo utilizado en esta experiencia, se obtuvo un $\beta_I = 4^\circ$, resultando en consecuencia

$$\bar{H} = \frac{\beta}{4^\circ} \bar{H}_t$$

Así, para dar un ejemplo, se determinó un ángulo de retroceso β de 126° (con una corriente de 3,3 A aplicada a una bobina de 25 espiras y 8 cm. de radio) resultando

$$\bar{H} = \frac{126^\circ}{4^\circ} \bar{H}_t = 31,5 \bar{H}_t$$

En una serie de mediciones efectuadas para establecer la variación del campo en función del número de espiras (manteniendo constantes el radio y la intensidad de la corriente) se obtuvieron los siguientes valores:

| | | | | | | | |
|------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Nro. de espiras de la bobina | 1 | 3 | 6 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| Angulo de retroceso | 8° | 23° | 50° | 81° | 125° | 168° | 195° |

CONSTRUCCION DEL MAGNETOMETRO

Provéase de una aguja de acero de unos 60 mm. Frote sobre ella repetidamente y siempre en el mismo sentido, comenzando por el extremo del ojo, con el polo S de un imán (figura 7). Resultará así que la aguja tendrá su polo N en la punta aguzada. Verifique si

la magnetización ha sido eficiente aproximando la aguja a una brújula, o bien levantando con ella algún pequeño trozo de hierro.

Adhiera la aguja a un eje de relojería mediante soldadura plástica ("Poxipol" o similar) e instale el resorte en espiral ("pelo" de reloj) (figura 8).

Confeccione el soporte del aparato con chapa de aluminio de 0,8 mm. ó 1 mm. de espesor, como se ilustra en la figura 9. Con una lámina delgada (0,2 mm. ó 0,3 mm. de espesor) de cobre o de bronce, construya el regulador (figura 10).

Pase un "cono" (asiento cónico para ejes de relojería) por el orificio correspondiente del regulador (figura 11) y enrósquelo en el orificio superior del soporte hasta que oprima suavemente al regulador. El orificio del soporte debe ser ligeramente inferior al diámetro de la rosca del cono, para que entre con cierta presión, marcándose en el aluminio.

Coloque el eje en posición y enrosque el segundo cono en el orificio inferior del soporte. Regule el roscado de modo que el eje quede asegurado sin impedirle girar libremente, como ocurre con el volante de un reloj.

Pase el extremo libre del resorte por el orificio del regulador, y hágalo correr hasta que el extremo aguzado de la aguja coincida con el vértice del soporte.

Fije el resorte en esa posición con una gota de adhesivo (soldadura plástica o cemento) que lo asegure al regulador. Una vez endurecido el adhesivo, corrija la posición de la aguja con el aparato orientado según el meridiano magnético del lugar (para que no haya momento del campo terrestre aplicado a la aguja) moviendo el regulador. El aparato terminado queda como se ve en la figura 12.

Los materiales de relojería indicados pueden adquirirse en los comercios de forniture, o bien obtenerse de un reloj despertador descartado.

El disco graduado deberá confeccionarse sobre papel blanco de buena calidad, que se pegará sobre cartón o madera terciada. La escala se trazará sobre una circunferencia de 40 mm. de radio, con divisiones en grados. En su centro se hará una perforación circular, del diámetro de la cabeza del cono, la que servirá de pivote al hacer girar el aparato durante las experiencias.

Junio 1986

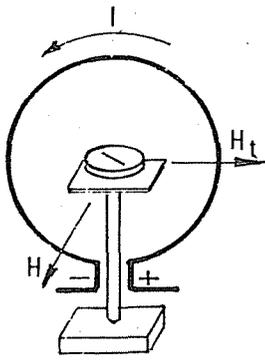


Figura 1

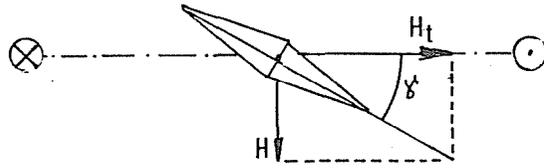


Figura 2

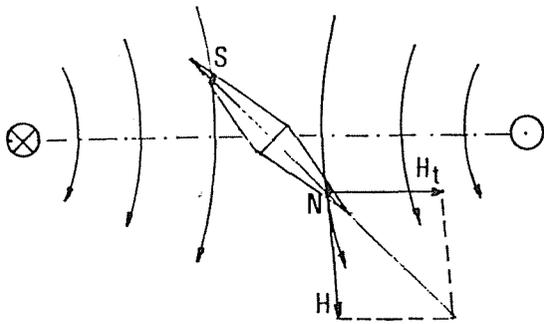


Figura 3

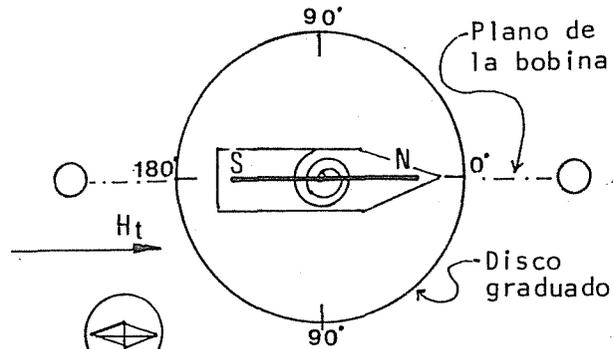


Figura 4

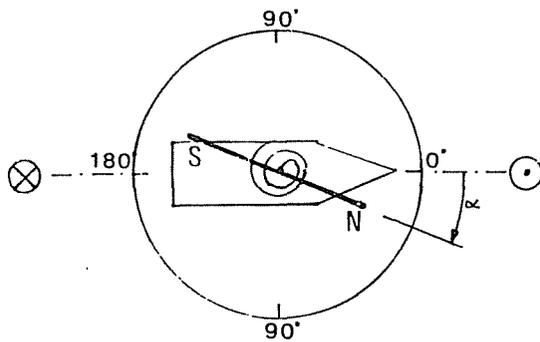


Figura 5

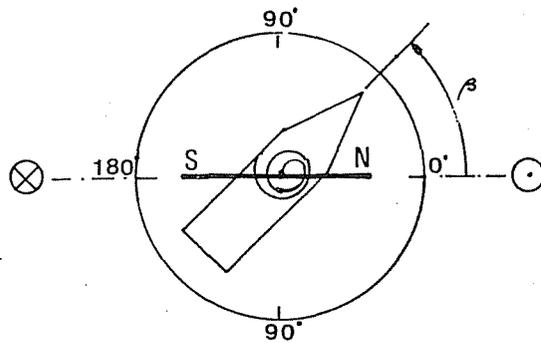


Figura 6

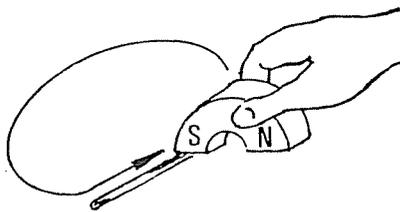


Figura 7

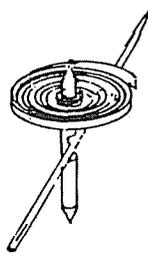


Figura 8

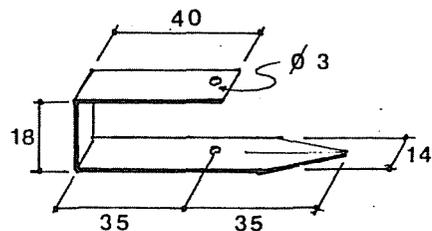


Figura 9

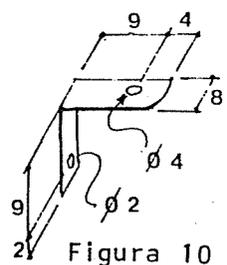


Figura 10

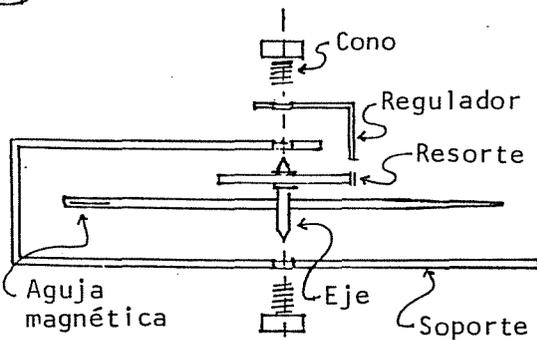


Figura 11

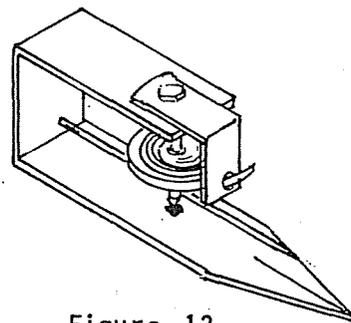


Figura 12