

Elaboración de un dispositivo para la medición del campo magnético para su uso en clases de laboratorio.

Carlos P. Ortiz Lara¹, Arturo F. Méndez Sánchez², Leonor Pérez Trejo², Edith Cortez Martínez¹

¹Departamento de Ciencias Básicas, ESIT, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.

²Departamento de Física, ESFM, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México

E-mail: ecortezm@ipn.mx, afmendezs@ipn.mx

Resumen — El laboratorio de electricidad y magnetismo, no se concibe como un espacio de tipo demostrativo de experimentos. Particularmente, la obtención de medidas de la intensidad del campo magnético se realiza usando equipos comerciales cuyo costo es de algunos miles de dólares, lo que lo hace inaccesible para los laboratorios escolares. En el presente trabajo, se presenta la elaboración, el desarrollo, construcción de un medidor de campo magnético a partir de un sensor Hall. Este medidor es de bajo costo comparado con los equipos comerciales y puede ser construido por el propio estudiante lo que permite desarrollar sus destrezas experimentales. El medidor construido muestra una correlación de los valores obtenidos con los cálculos obtenidos teóricamente del campo magnético con una diferencia porcentual máxima del 3.5%.

Palabras Clave – medidor de campo magnético, sensor Hall.

Abstract — The electricity and magnetism laboratory is not conceived as a demonstrative type space. Obtaining measurements of the intensity of the magnetic field is carried out using commercial equipment whose cost is a few thousand dollars, which makes it inaccessible for school laboratories. The elaboration, development, construction of a magnetic field meter from a Hall sensor is presented in this work. This meter is inexpensive compared to commercial equipment and can be built by the student himself. The constructed meter shows a correlation of the values measured with the calculations obtained theoretically from the magnetic field with a maximum percentage difference of 3.5%, which is evidence of the proper functioning of the meter.

Keywords — Hall sensor, magnetic field meter

I. INTRODUCCIÓN

En los cursos experimentales de electricidad y magnetismo (por ejemplo, en referencia [1]), es muy común el empleo de equipo costoso para la medición de la intensidad de campo magnético en diversos experimentos como lo son el campo en un solenoide o un electroimán, o en fenómenos de inducción, solo por mencionar algunos. En este tipo de experimentos se utiliza típicamente lo que es una sonda para determinar el campo magnético, que puede ser usada dependiendo de la dirección y magnitud del campo electromagnético.

Este equipo considera un medidor de campo magnético o un conjunto de sensores acoplados a una interfase que se conecta a una pc, algunas veces llega a costar cantidades del orden de 3 mil dólares o incluso más, dependiendo de la variedad de mediciones y tipo de sondas usadas, lo cual lo hace inaccesible para los laboratorios escolares de bajo presupuesto, por ello es que este tipo de experimentos son dejados de lado y tan solo se vuelven experimentos de tipo demostrativos, sin que el estudiante logre medir cuantitativamente alguna cantidad física.

Sin embargo, en la actualidad existen sensores que cuyo costo es bajo y están en nuestro alcance. Este tipo de sensores, son semejantes a los que utilizan los equipos comerciales para determinar la intensidad de campo magnético. Por lo que es posible construir algún medidor de campo magnético económico para un laboratorio escolar.

El uso y desarrollo y elaboración de un medidor de la intensidad de campo electromagnético permite que el mismo estudiante se involucre en el armado y construcción de su propio medidor, lo que le permite desarrollar competencias como el resolver problemas físicos experimentales y desarrollar sus destrezas experimentales. Lo que es de gran importancia en el laboratorio de física.

En el presente trabajo muestra el desarrollo y construcción de un medidor de la intensidad de campo magnético a partir de un sensor de tipo Hall. Se presenta el armado del circuito y la determinación de un campo magnético conocido, así como la determinación del campo axial en un solenoide.

II. METODOLOGÍA

El sensor en este caso utilizado es el AH49E [2]. El sensor consta de 3 pines una de alimentación una de salida y la conexión a tierra. El sensor en este caso es un sensor de tipo Hall, entonces basta con que a uno le acerque el campo magnético a la superficie de este y lo que él entrega es un voltaje dependiendo de su curva característica. El campo magnético mediante este sensor puede medirse de manera longitudinal o axial y transversal dependiendo de la orientación del sensor.

En la figura 1 se muestra el sensor y cómo puede ser afectado vía el campo magnético sobre su superficie de

interacción y de contacto. Asimismo, en esta figura se puede mostrar que puede leer ya sea por la parte superior o por la parte inferior y dependiendo del signo del campo magnético se obtendrá la magnitud del voltaje que entrega. Cabe destacar que dada la sensibilidad del sensor no permite determinar el campo magnético terrestre pues éste es del orden de $30\mu\text{T}$.

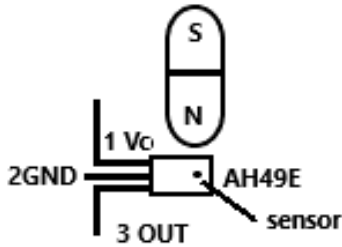


Fig. 1. Sensor Hall, en la parte superior e inferior puede medir el campo, el voltaje entregado define el signo del campo magnético.

En la figura 2 se ilustra la curva característica del fabricante [2] y se puede ver la relación entre el campo magnético aplicado y el voltaje que éste genera. Como puede verse es una curva lineal que va en cierto intervalo en la parte de las ordenadas puede ir en el intervalo de -0.1 a los 0.1 Teslas generando un voltaje en el eje de las ordenadas entre 1 y 4v. La importancia de esta curva ilustra la operación del sensor Hall que es la parte crucial del dispositivo.

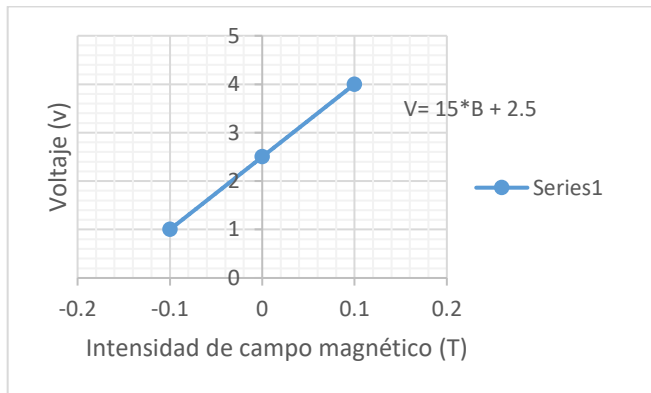


Fig. 2. Curva de referencia del sensor Hall de intensidad de campo y voltaje generado por el sensor.

Este sensor Hall requiere de un voltaje de alimentación controlado por lo cual se utiliza un regulador. El cual entrega un voltaje estable de 5 V. Para ello también. Se usa el integrado L7805 [3]. En la figura 3 se ilustra el diagrama del circuito regulador que va a alimentar al sensor Hall.

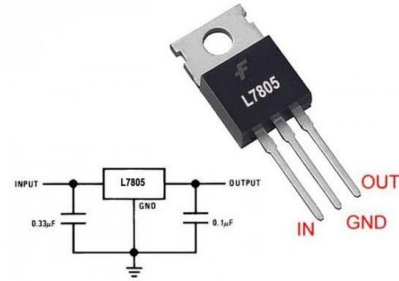


Fig. 3. Circuito regulador que sirve de alimentación para el sensor Hall. En la entrada se considera una batería de alimentación de 9v.

En la figura 4 se muestra el dispositivo ya con el sensor y su regulador integrado. En este caso, este circuito da como salida un voltaje del cual fue adaptado un multímetro y es un valor que se genera a partir de la presencia de un campo magnético externo. Sin embargo, éste no es el valor de interés. Para medir el campo magnético a partir de la obtención de una medida de voltaje que genera el sensor electromagnético es necesario invertir el gráfico que corresponde a la curva característica proporcionada por el fabricante.

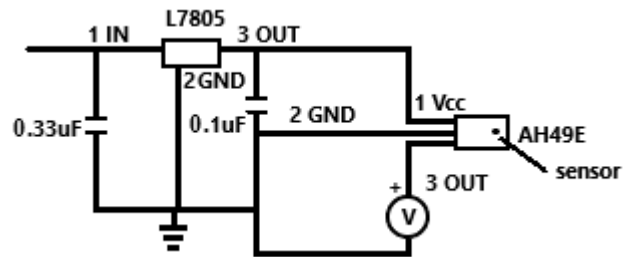


Fig. 4. Sensor Hall adaptado al circuito regulador para determinar la intensidad de campo magnético.

En este caso se genera una gráfica equivalente a la que proporciona el fabricante del sensor Hall de tal manera que se obtiene una gráfica de voltaje entregado por el sensor en el eje coordenado y el campo magnético inducido en el eje ordenado. En la figura 5 se ilustra este gráfico a partir del cual se identifica la intensidad del campo magnético por el voltaje que entrega el dispositivo con el sensor Hall.

En la ecuación 1 se muestra cómo es que queda la expresión para determinar el campo magnético B en Teslas a partir del voltaje V que entrega el sensor y la relación lineal que proporciona.

$$B = 0.667 * V - 0.1667 \quad (1)$$

Para la verificación del buen funcionamiento del dispositivo construido se utilizó una bobina de 250 vueltas con $r=0.022\text{m}$ y empleando la ecuación 2 [4], se determinó el campo teórico y esos valores se compararon con aquellos valores obtenidos usando el dispositivo.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r} \quad (2)$$

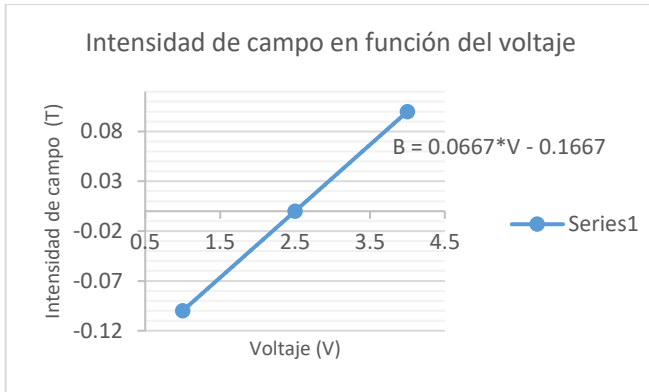


Fig. 5. Intensidad de campo magnético en función del voltaje de salida del dispositivo.

Además, se usó una fuente que va de 0-10 amperes y de 0-30 volts. Por las condiciones físicas de la bobina se sabe que tiene un límite de corriente de hasta 5 amperes por lo que se toma este valor como máximo durante la obtención de las medidas mediante el sensor Hall.

Posteriormente, se fue realizando un perfil axial de campo magnético con el circuito armado, el cual fue puesto sobre un riel graduado, y en éste un bastón de madera para que no hubiera interferencia con las partes metálicas tal como se ilustra en la figura 6. Como el sensor debe ser perpendicular al campo electromagnético, éste se mueve sobre el eje de la bobina y a partir de ahí es que se determinan los campos magnéticos a lo largo del eje de la bobina de prueba.

Asimismo, se realizaron perfiles axiales empleando un solenoide de 0.93m de longitud y 0.022 de diámetro, a este solenoide se le desconoce el número de vueltas N , pero sirve para caracterizar el perfil axial que se genera y que es plenamente conocido [4], del mismo modo se determinó el valor del máximo campo en el centro del solenoide con el cual puede determinarse el número de vueltas del solenoide, aunque no es el objetivo del presente trabajo.

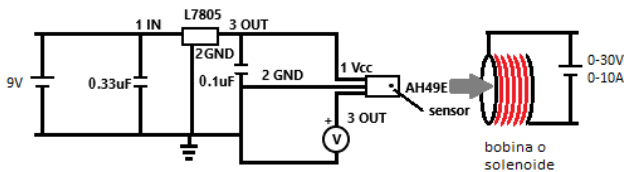


Fig. 6. Arreglo experimental del dispositivo construido para medir el campo electromagnético en la bobina o solenoide.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los valores de corriente eléctrica aplicados a la bobina y se muestran los campos inducidos en el centro de la bobina teóricamente y los medidos por el dispositivo. Los campos magnéticos del dispositivo y los calculados son semejantes en dicha tabla, lo que muestra el funcionamiento adecuado del dispositivo. La

diferencia porcentual máxima entre estos valores de campo magnético no excede el 3.5%, este valor fue calculado a partir de la diferencia máxima entre el campo electromagnético teórico y el valor obtenido con el dispositivo que están en la tabla 1.

En la fig. 7 se muestra un perfil axial de campo magnético obtenido de la bobina. En este perfil puede verse como el campo magnético es mayor en el centro de la bobina y disminuye su valor conforme se acerca a los extremos de esta. Del mismo modo, en la figura 8 se muestra un conjunto de perfiles axiales de campo magnético para el solenoide de longitud diferente. Como se observa, el perfil tiene una forma característica de este tipo de solenoides [4, 5], al tener una longitud mayor que el radio ($r \ll L$).

TABLA I.
CORRIENTE APLICADA EN LA BOBINA Y CAMPOS MAGNÉTICOS INDUCIDO EN EL SENSOR HALL Y EL CALCULADO

I (A)	Campo electromagnético		
	Voltaje inducido en el sensor Hall	Dispositivo construido (mT)	Cálculo teórico en Bobina (mT)
1.0	2.61	7.337	7.139
2.0	2.71	14.007	14.279
3.0	2.81	20.667	21.419
4.0	2.92	28.014	28.559
4.5	2.97	31.349	32.129

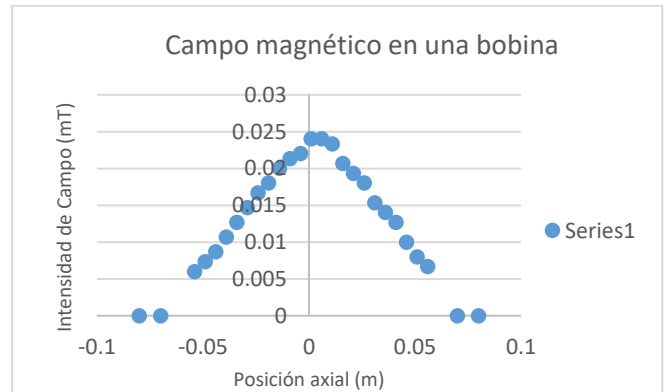


Fig. 7. Perfil de campo magnético axial para la bobina de prueba medido con el dispositivo construido. Se observa el máximo campo magnético al centro de la bobina.

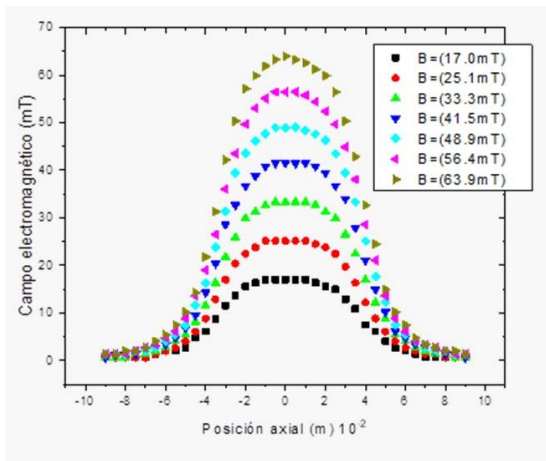


Fig. 8. Perfiles de campo magnético axial para un solenoide para diferentes magnitudes de campo magnético en el centro del solenoide, obtenido de mediciones con el dispositivo construido. En este gráfico se observa el perfil característico de campo magnético.

IV. CONCLUSIONES

Se elaboró un dispositivo para la medición del campo magnético a partir de un sensor Hall y un regulador. El costo del dispositivo es del orden de 10 dólares y por ello accesible para un laboratorio escolar, si se compara con el costo de los equipos comerciales.

Se mostró una correspondencia entre los valores calculados en teoría para determinar el campo magnético en una bobina y los valores arrojados por el dispositivo armado mostrando una diferencia porcentual no mayor al 3.5%. Asimismo, se evaluaron los perfiles axiales en un solenoide mostrando una correspondencia con los perfiles característicos que aparecen en la literatura.

La construcción y elaboración de este dispositivo por el alumno se considera una oportunidad para el desarrollo de sus destrezas y habilidades experimentales en el laboratorio de electricidad y magnetismo.

REFERENCIAS

- [1] E. Salgado, "Manual de prácticas de laboratorio de física III," Editado por ESFM IPN, 2007
- [2] BCD manufacturing conductor, "AH49E data sheet" referencia electronica <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AH49E.pdf>, recuperado octubre 2021.
- [3] SMTmicroelectronics, "L7805 data sheet," referencia electronica <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l78.pdf>, recuperado octubre 2021.
- [4] F. W. Sears, M. W. Zemansky, H. D. Young, R. A. Freedman, "Física universitaria," 11a ed, Person education, 2016.
- [5] R. A. Serway, J. W. Jewett, "Física: Para ciencias e ingeniería con Física Moderna," 7a Ed. 2007.