

## Uso de prototipo de generación de energía eólica; como método de aprendizaje alternativo de las Leyes de Lenz y Faraday

Use of a prototype for the generation of eolic energy, as an alternative learning method of Lenz and Faraday laws

Javier Fernández Pájaro  
Universidad de Panamá, Panamá  
[Javier.fernandez@up.ac.pa](mailto:Javier.fernandez@up.ac.pa)      <https://orcid.org/0009-0009-4659-0476>

Denis E. Rubin Edwards  
Universidad de Panamá, Panamá  
[denis.rubin@up.ac.pa](mailto:denis.rubin@up.ac.pa)      <https://orcid.org/0009-0003-0092-5046>

Recibido: 21-2-2023,    Aceptado: 21-3-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/3072-9696.6363>

### RESUMEN

En la actualidad son varias las técnicas utilizadas para generar energía eléctrica, fundamentadas principalmente en las leyes de Lenz y Faraday vinculadas a la generación de energía eléctrica, por lo antes expuesto este ensayo genera una metodología de aprendizaje alternativa, la cual permite al estudiante comprender desde sus experiencias los fundamentos teóricos relacionados con todo el proceso de generación, almacenamiento y distribución de energía eléctrica, para ello se construye un prototipo de generador eólico experimental utilizando imanes, una bobina y un diodo LED, que demuestra la generación de energía eléctrica a través de la rotación de los imanes y la inducción electromagnética.

### PALABRAS CLAVES:

Educación, Teoría electromagnética, Generadores eléctricos, Generador eléctrico experimental, Almacenamiento de energía.

### ABSTRACT

Nowadays there are several techniques used to generate electrical energy, based mainly on Lenz and Faraday laws related to the generation of electrical energy, for the reasons stated above this essay generates an alternative learning methodology, which allows the student to understand from their experiences the theoretical foundations related to the entire process of generation, storage and distribution of electrical energy, to achieve this purpose a prototype is built using the air force to generate electricity using magnets, a coil and an LED, which demonstrates the generation of electrical energy through the rotation of magnets and electromagnetic induction.

### KEY WORDS:

Education, Electromagnetic theory, Power generators, Experimental electric generator, Energy storage.

### INTRODUCCIÓN

Esta propuesta tiene entre sus objetivos, aportar al sistema educativo un método alternativo para la demostración de las leyes de Lenz y Faraday, en términos generales es demostrar de manera práctica los fundamentos teóricos que a diario se ofrece a los estudiantes (Guisasola, 1996).

Los molinos de viento siguen siendo empleados para bombear agua desde el subsuelo, y desde hace más de 5 décadas se utilizan como motores para accionar generadores eléctricos (Domínguez, A. B, 2010).

Las leyes aplicadas al desarrollo de los generadores de potencia ofrecen diversas alternativas que permiten diseñar distintos equipos generadores de energía (Arraña, 2021). Estos equipos son esenciales para demostrar los fundamentos teóricos. Este ensayo pretende despertar el interés del lector por el debate de las teorías electromagnéticas y sus aplicaciones.

### MARCO TEÓRICO

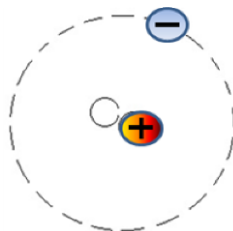
La teoría electromagnética desde el punto de vista de la física es una ciencia compleja, requiere para su comprensión de un profundo análisis matemático para demostrar la generación de energía. Con las leyes básicas de la física se puede explicar la teoría del campo magnético (Michael Faraday en la primera mitad del siglo XIX).

Este ensayo tiene la finalidad de demostrar de manera sencilla pero contundente el principio de la generación eléctrica. Este principio puede ser utilizado en la construcción de un Generador Eléctrico experimental impulsado por la fuerza del viento; Ahora bien, este principio lo aplicó (Faraday), dando como resultado que un campo magnético cambiante puede inducir una corriente eléctrica en un conductor cercano. Este ensayo es una propuesta académica, para facilitar la comprensión de los fundamentos electromagnéticos e iniciar el desarrollo de tecnologías propias, además el proceso de impartir conocimiento debe ir acompañado de demostraciones prácticas.

Este ensayo inicia con la descripción de la partícula del átomo que se encuentra en todos los materiales que nos rodean (John Dalton, siglo XIX). Es esta composición el fundamento del presente ensayo.

*Figura 1*

*Estructura Atómica (Ernest Rutherford, 1911)*



La estructura atómica, está formado por tres partículas electrón, protón y neutrón. Estas se caracterizan por estar eléctricamente cargadas, el electrón con cargas negativas (-) circula alrededor del núcleo, el protón con cargas positivas (+) se encuentra en el núcleo al igual que el neutrón con cargas neutras (J.J. Thomson en 1897).

Según John Dalton, siglo XIX, los átomos están presentes en todos los materiales que nos rodean. Los átomos están cargados eléctricamente con las mismas polaridades y que al distinguir las cargas que estos mayoritariamente poseen, tienen comportamientos distintos, por lo que de su interacción según la *Ley de Coulomb de 1785*, son atraídos o repelen entre sí con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Esto se representa la siguiente expresión matemática:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}, \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde,

**F** - es la fuerza de atracción o repulsión, expresada en newtons.

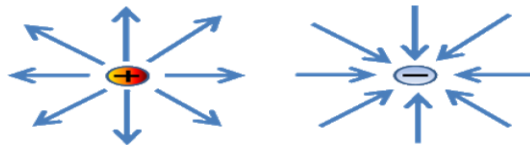
**q<sub>1</sub>, q<sub>2</sub>** - son las cargas de los cuerpos, expresados en culombios.

**d** - es la distancia entre ellos, expresados en metros.

**K** - es una constante de proporcionalidad que depende del medio en el que estén inmerso los cuerpos.

*Figura 2*

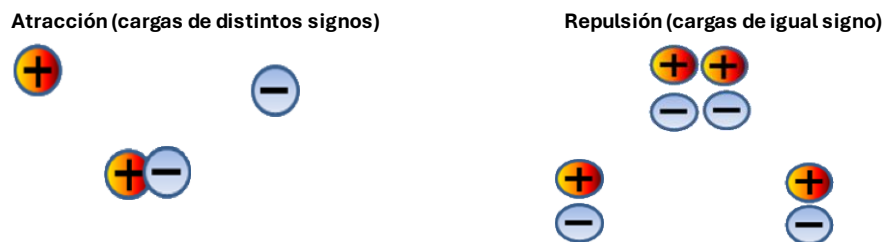
*Proceso de Atracción y Repulsión de la Cargas. (Coulomb de 1785)*



Este fenómeno es posible debido a que alrededor de las cargas existe un denominado campo eléctrico y al introducir otra carga según Coulomb la primera se afectara porque de esta salen o entran en forma de líneas, campos eléctricos, dependiendo de la polaridad de las cargas.

Figura 3

*Disposición de las Líneas de Fuerza del Campo Eléctrico*



El campo eléctrico (James Clerk Maxwell, el siglo XIX), que se muestra en la figura 3, se describe según la siguiente ecuación. (Charles-Augustin de Coulomb, siglo XVIII):

$$E = \frac{F}{q} \quad (\text{ecuación 2})$$

expresión de la ley de la fuerza eléctrica en presencia de un campo eléctrico, donde la fuerza eléctrica es igual a la carga multiplicada por la intensidad del campo eléctrico. y refleja el punto en que la fuerza actúa sobre la unidad de carga.

Cuando se encuentran dos cargas eléctricas las líneas inician en las cargas positivas y terminan en las negativas, eléctricamente hablando unas entran y otras salen de la carga, además de que el número de líneas de fuerza debe ser proporcional a la carga y estas nunca se cortan.

Veamos el dispositivo construido para comprender con claridad el cálculo de las fuerzas del campo eléctrico, para lo cual inicialmente hablemos un poco de la corriente eléctrica, no es más que el desplazamiento de los electrones a través de un material conductor que se mueven siempre del polo (-) al polo (+) de la fuente.

Aunque convencionalmente se ha tomado que la circulación de la corriente eléctrica ocurre del polo (+) al polo (-), criterio que se toma debido a que en la época en que se determinó el sentido del recorrido de la corriente eléctrica por los conductores no se sabía que existían los electrones, aunque en la práctica, ese error no influye para nada en lo que al estudio de la corriente eléctrica se refiere.

### Concepto de bobinas

Una bobina es un elemento constituido por un arrollamiento alrededor de un núcleo. Esta se representa esquemáticamente como se muestra en la figura. 4. Y su unidad de medida es el Henry, la cual se representa con la letra H (Vega, 2015).

Figura 4.

Simbología de una bobina



### Características

La bobina se caracteriza por su capacidad de almacenar energía en forma de campo magnético.

Un conductor simple por el que circula una corriente tiene a su alrededor un campo magnético generado por la corriente que lo atraviesa, siendo el sentido de flujo del campo magnético el que establece la ley de la mano derecha.

En el contexto de un conductor con corriente eléctrica y un campo magnético externo, la ley de la mano derecha establece que si colocas el pulgar de tu mano derecha en la dirección de la corriente eléctrica y los dedos en la dirección del campo magnético, entonces el dedo extendido restante apuntará en la dirección de la fuerza magnética que actúa sobre el conductor. (Boylestad, R. L. & Nashelsky, L., 2018).

Al estar la bobina hecha de espiras, el campo magnético circula por el centro de la bobina y cierra su camino por su parte exterior, formando así lo que conocemos como la característica fundamental de un circuito eléctrico (Cabanillas, 2019).

Otras características de las bobinas es que se oponen a los cambios bruscos de la corriente que circula por ellas. Esto significa que a la hora de modificar la corriente que circula por ellas, esta tratará de mantener su condición anterior, fundamento que utilizaremos para la construcción de una fuente de energía limpia.

Las bobinas se miden en Henrios (**H**) y por comodidad cuando estas poseen valores muy pequeños hacemos usos de los prefijos numéricos mili, micro, etc.

El valor una bobina depende de:

1. El número de espiras que tenga la bobina (a más vueltas mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).
2. El diámetro de las espiras (a mayor diámetro, mayor inductancia, o sea mayor valor en Henrios).
3. La longitud del cable de que está hecha la bobina.
4. El tipo de material de que esta hecho el núcleo si es que lo tiene.

### Aplicaciones

Entre las aplicaciones que tienen las bobinas:

- a. La más común es que de un par de bobinas podemos construir los
- b. transformadores cuya función es la reducir o elevar el Voltaje.
- c. En los sistemas de iluminación con tubos fluorescentes existe un elemento adicional que acompaña al tubo y que comúnmente se llama reactor.
- d. En las fuentes de potencia eléctrica de corriente directa también se usan
- e. bobinas para filtrar las componentes de corriente alterna y separar la componente de corriente directa que se refleja a la salida.
- f. También son utilizadas con la finalidad de utilizar su campo magnético para la generación de energía, activación de interruptores mecánicos y otros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

- 2 imanes cóncavos
- Material aislante
- Sunchos o correa plástica
- 30mts de conductor calibre 28
- 1 clavo de 15 cm
- Pegamento silicon
- 1 diodo LED verde o rojo

### Métodos

Se conecta los dos imanes al encuentro, pero separados entre sí por un dieléctrico, de tal forma que las líneas del campo eléctrico deberán moverse como se ha descrito arriba, para que quede claro veamos la figura 5.

En el prototipo la conexión de los imanes se observa en la figura 5.a y una vez aislados se fijan para evitar el desacomodo, cuando el prototipo se encuentre en movimiento.

Figura 4

- a. Disposición de los imanes en nuestro prototipo. b. Símil de la disposición de las fuerzas del campo eléctrico.

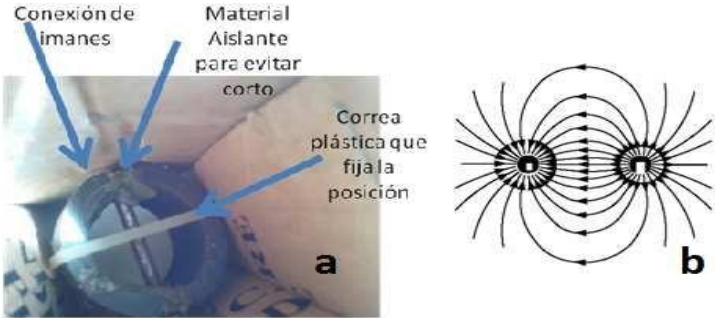


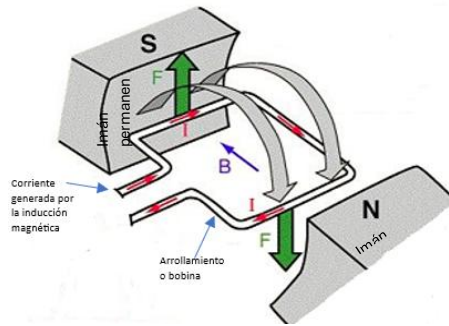
Figura 5

Disposición de la Bobina del Prototipo



Figura 6

Diagrama pictórico, funcionamiento del prototipo



Luego se procede con la construcción de la bobina, dándole vueltas circulares sobre el material que aísla los imanes de esta, el prototipo se muestra en la figura 6 y está compuesta de un conductor aislado calibre 28 de aproximadamente 30 m de longitud, lo cual hace alrededor de la carcasa 250 vueltas aproximadamente con un diámetro de alrededor de 10cm.

Luego se realiza la conexión de los extremos de la bobina un dispositivo luminoso (LED), que detecta la generación de energía del prototipo o la inducción de las líneas de fuerza de los imanes en la bobina, o desplazamiento de los electrones a través de esta. Por último, tal como se observa en la *figura 8*. se coloca el clavo de hierro atravesando el material aislante, en forma de eje, que permite girar los imanes de manera tal que las líneas de fuerza del campo al inducirse en las bobinas puedan aumentar la intensidad de la corriente, al incrementar la velocidad de rotación de esta.

Figura 7  
Eje metálico



Armado el dispositivo procedimos a realizar las pruebas respectivas.

**DISCUSIÓN**

La velocidad de rotación es aproximadamente de 10 vueltas por segundo.



Un diodo emisor de luz (LED), por sus siglas en inglés “*Light Emitting Diode*”, es un dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica una vez superado el voltaje de umbral que 0,7 V siendo silicio el material de construcción, de la hoja de datos se conoce que los niveles de voltaje mínimos para encender el diodo LED de color verde inicia desde los 2,5 V. Con esta información podemos determinar el valor mínimo de voltaje generado por la bobina, esto si se logra el encendido del LED una vez en funcionamiento el montaje, entonces se puede deducir que por cada vuelta del aparato construido sobre su eje, la bobina produce alrededor de 10mV con los imanes utilizados, de los cuales no se tiene las características del campo magnético que generan, pero el campo generado es suficiente para encender un LED, por lo tanto la teoría arriba indicada queda demostrada (Gonçal, 2006).

Además, se realizó otra prueba a diferentes velocidades, pero sin poder medirlas, utilizando un drill de velocidad variable, aumentamos la velocidad de rotación y el brillo de la luz emitida por el diodo era más intenso, comprobando variación en el flujo magnético que atraviesa la bobina. (Heinrich Lenz en 1834).

La ley de Lenz establece que la corriente inducida en un circuito cerrado siempre será tal que su campo magnético se opondrá al cambio de campo magnético que la induce.

Esta ley se basa en la conservación de la energía, ya que el trabajo realizado para inducir la corriente se convierte en energía eléctrica en el circuito.

La ley de Lenz es una consecuencia de la ley de Faraday, ya que la bobina inducida produce una fuerza electromotriz, denominada FEM, misma que se determina a través de la ley de Faraday.

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde:

$\varepsilon$  - *f.e.m. inducida*

N - *número de espiras de la bobina*

$d\Phi_B$  - *Variación del flujo*

$dt$  - *Tiempo en que se produce la variación de flujo.*

## CONCLUSIÓN

El prototipo desarrollado para generar electricidad a partir del viento y la inducción de magnetismo mediante el giro de los imanes ha demostrado ser una solución prometedora. A lo largo del ensayo, se ha evidenciado que la energía eólica, una

fuelle renovable y abundante, puede ser aprovechada de manera eficaz mediante el diseño y la implementación de sistemas de generación de energía (Ovejero, 2007).

Más allá de su impacto tecnológico, este proyecto ha resaltado su valor como un método de aprendizaje alternativo. La construcción y experimentación con el prototipo permite a los participantes de una manera integrada aplicar los conocimientos teóricos, esto a su vez, permite tener una visión mucho más amplia de los principios de las leyes de Lenz y Faraday en el campo del electromagnetismo, ya que también se desarrollan habilidades críticas en resolución de problemas, pensamiento crítico y trabajo en equipo.

En definitiva, la experimentación y el desarrollo de este prototipo no solo han proporcionado valiosos conocimientos técnicos y científicos, sino que también han demostrado el potencial del aprendizaje alternativo basado en proyectos. La combinación de teoría y práctica en un contexto realista es fundamental para la formación de futuros profesionales capaces de enfrentar los desafíos del mundo actual, especialmente en la transición hacia un futuro energético más sostenible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arraña, I., Marino, E., Bertinat, P., Salerno, J., Chemes, J., Barone, M., & Saenz, J. (2021). *Estado del arte en el desarrollo de pequeños generadores eólicos*. Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente - AVERMA, 16, 41–48. Recuperado a partir de <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/2161>
- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (Eds.). (2018). *Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. Ed. Pearson Printece Hall
- Cabanillas, C., Valdez, L., Merino, C.; Cabrera, C.; Bentz, E., Pisarello, M., Provasi, P. (2019). *Campo magnético de una espira circular en un punto fuera del eje: análisis y enseñanza de las leyes de Faraday & Lenz y Biot & Savart*. Libro de resúmenes de la 104ª Reunión de la Asociación Física Argentina-CONICET DIGITAL,63. Recuperado a partir de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/130998#anchorAbstract>
- Domínguez, A. B. (2010). *Generadores eólicos de baja potencia:* ( ed.). ANI - Academia Nacional de Ingeniería. Recuperado a partir de <https://041020f6t-y-https-elibro-net.umip.metaproxy.org/es/ereader/umip/27291?page=7>

Gonçal Fernández Mills, J., & Julián Fernández Ferrer. (2006). *Teoría de Circuitos y Magnetismo*. Bogotá, Colombia: Edición UPC.

Guisasola, J. (1996): *Análisis crítico de la enseñanza de la electrostática en el Bachillerato y propuesta alternativa de orientación constructivista*. Tesis doctoral. Departamento de Física Aplicada. Universidad del País Vasco

Ovejero, M., Condorí, M. (2007). *Laboratorios sencillos para la enseñanza de las energías renovables en el nivel universitario básico*. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 11, 2007., 39-46. Recuperado a partir de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/93345>.

Vega Pérez, J. & Vega Pérez, S. (2015). *Electromagnetismo*: ( ed.). Grupo Editorial Patria. Ciudad México, México