

Universidad Modelo
Electricidad y Magnetismo
Doctor Alberto Vega Poot

Electroimán



Integrantes: Stephanie Davish, Néstor De La Torre, Juan Lara, Emilio Vega, Jorge Contreras

Objetivo general:

Demostración de los conceptos de Campo magnético, Corriente eléctrica, materiales ferromagnéticos por medio de un electroimán

Objetivo específico:

- Construir un electroimán de alambre de cobre aislado con apagador.
- Diseñar un experimento para demostrar la presencia del campo magnético y la corriente eléctrica
- Discutir los resultados y establecer conclusiones de su calidad.

Introducción

Aunque pueda pasar desapercibido, el electroimán es un componente eléctrico de uso frecuente en nuestra cotidianidad. Su presencia se extiende desde simples timbres domésticos hasta aplicaciones industriales como motores y maquinarias como las grúas. Pero, ¿realmente conocemos en detalle qué es un electroimán y cómo opera?

Incipientemente, empecemos sumergiéndonos en el mundo de nuestros antepasados. ¿Cómo trabajaron nuestros antepasados para llegar a la creación de lo que hoy en día se conoce como el electroimán?

En 1820, el científico danés Hans Christian Ørsted hizo un descubrimiento crucial: demostró que las corrientes eléctricas tenían la asombrosa capacidad de crear campos magnéticos. Este hallazgo marcó un antes y un después en la comprensión de la relación entre electricidad y magnetismo. Justo en ese mismo año, el físico francés André-Marie Ampère dio un paso significativo al mostrar la posibilidad de magnetizar un núcleo de hierro introduciéndose en un solenoide, una bobina de alambre enrollada. Esta revelación, este vínculo entre electricidad y magnetismo, abrió las puertas hacia un mundo nuevo para la ciencia. En 1824, el científico británico William Sturgeon se inspiró en estos descubrimientos para llevar a cabo un avance revolucionario: el desarrollo del primer electroimán. Su creación inaugural adoptó la forma de una pieza de hierro en la configuración de una herradura, envuelta meticulosamente con 18 vueltas de alambre de cobre desnudo, en una era en la que el cable aislado aún no era parte del panorama tecnológico. Para evitar interferencias entre las vueltas conductoras, se aplicó barniz al hierro. Este hito marcó el nacimiento del electroimán, un dispositivo que cambiaría el rumbo de la tecnología y la industria, al permitir el control del magnetismo mediante corriente eléctrica, y sentaría las bases para numerosas innovaciones en campos tan diversos como la ingeniería, la medicina y la física aplicada.

Principios de un electroimán: funcionamiento y trasfondo físico.

Como es indicado por su nombre, el electroimán, es un tipo de imán que genera un campo magnético a través de una corriente eléctrica. Por lo tanto, un electroimán se puede categorizar como un tipo de imán artificial, que tiene las mismas características que uno convencional agregando la capacidad de la activación y desactivación del magnetismo a

través de un suministro de corriente eléctrica controlado. Una razón por la cual los electroimanes son generalmente utilizados, es por que la fuerza del magnetismo puede ser controlada con la cantidad de corriente, ya que la corriente es proporcional a la fuerza del campo magnético.

La decisión de un electroimán como nuestro proyecto representativo de la materia de electricidad y magnetismo se debe a nuestro asombro colectivo respecto al poder transformar la corriente eléctrica en un campo magnético. De la misma manera, consideramos que un electroimán es el experimento ideal, de acuerdo a nuestro nivel de conocimientos, para unificar las bases teóricas eléctricas y magnéticas que fuimos adquiriendo durante el transcurso del semestre en la respectiva materia.

Marco teórico

Magnetismo

El magnetismo es un fenómeno natural que involucra la atracción o repulsión entre objetos con propiedades magnéticas. Está fundamentado en la propiedad intrínseca de ciertos materiales para generar un campo magnético. A nivel atómico, la existencia de dipolos magnéticos contribuye a la formación de estos campos.

La teoría del electromagnetismo, desarrollada por James Clerk Maxwell, unificó el magnetismo y la electricidad en un conjunto de ecuaciones conocido como las ecuaciones de Maxwell. Estas ecuaciones describen cómo los campos eléctricos y magnéticos interactúan y se propagan.

La teoría cuántica también aporta entendimiento al magnetismo, al explicar cómo los electrones, alrededor de los núcleos atómicos, generan momentos magnéticos individuales. El espín de los electrones es crucial en la formación de estos momentos, y la alineación de los espines contribuye a la magnetización global de un material.

Existen distintos tipos de imanes, como los permanentes y los temporales, cada uno con propiedades específicas. Los imanes permanentes, como los imanes de ferrita o de neodimio, mantienen su magnetismo sin necesidad de una fuente externa. Por otro lado, los imanes temporales, como los electromagnéticos, generan campos magnéticos cuando se aplica corriente eléctrica.

Tipos de electroimanes:



Existen varios tipos de electroimanes, cada uno diseñado para satisfacer necesidades específicas en diversas aplicaciones. Los ***electroimanes temporales*** son comunes y generan un campo magnético sólo cuando hay corriente eléctrica, desapareciendo cuando se interrumpe la corriente. Por otro lado, los ***electroimanes permanentes*** retienen su campo magnético incluso sin corriente, gracias a materiales ferromagnéticos.

Los ***electroimanes de núcleo suave***, con un núcleo de material magnético blando, son eficientes para variaciones rápidas del campo magnético. En contraste, los ***electroimanes de núcleo duro***, con un núcleo más duro como acero al silicio, proporcionan retención magnética más duradera. Los ***electroimanes superconductores***, fabricados con materiales que conducen corriente sin resistencia, son ideales para generar campos magnéticos potentes, siendo utilizados en resonancia magnética (IRM) en medicina.



Los ***electroimanes en forma de solenoide***, bobinas largas de alambre alrededor de un núcleo, son comunes en cerraduras eléctricas, válvulas magnéticas y motores eléctricos. La elección del tipo de electroimán depende de factores como la duración del campo magnético, la intensidad, la eficiencia energética y la aplicación específica. Estos dispositivos desempeñan un papel clave en diversas tecnologías, desde sistemas de cierre hasta equipos médicos avanzados.



Hans Christian Ørsted

Hans Christian Ørsted (1777-1851) fue un físico y químico danés que jugó un papel crucial en el establecimiento de la relación entre la electricidad y el magnetismo.



Nacido en Rudkøbing, Dinamarca, Ørsted desarrolló un interés en la ciencia desde temprana edad mientras trabajaba para su padre, que era farmacéutico. Recibió la mayor parte de su educación temprana a través del autoestudio en casa, antes de ir a Copenhague en 1793 para tomar los exámenes de ingreso a la Universidad de Copenhague. Allí, tanto él como su hermano sobresalieron académicamente.

En 1801, Ørsted recibió una beca de viaje y pública que le permitió pasar tres años viajando por Europa. Durante este tiempo, visitó las sedes científicas de todo el continente, incluyendo Berlín y París. En Alemania, Ørsted conoció a Johann Wilhelm Ritter, un físico que creía que había una conexión entre la electricidad y el magnetismo. Esta idea resonó con Ørsted, ya que él suscribió el pensamiento kantiano sobre la unidad de la naturaleza.

Ørsted se convirtió en profesor en la Universidad de Copenhague en 1806 y continuó su investigación sobre las corrientes eléctricas y la acústica. Bajo su dirección, la universidad desarrolló un completo programa de física y química y estableció nuevos laboratorios.

En 1820, Ørsted realizó un experimento que cambiaría el curso de la física para siempre. Descubrió que una corriente eléctrica que fluye a través de un cable podía mover una aguja de brújula magnetizada cercana. Este fue el primer descubrimiento de la conexión entre la electricidad y el magnetismo, y sentó las bases para el desarrollo de la teoría electromagnética.

Este descubrimiento fue crucial para el desarrollo del electroimán. Un electroimán es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica. El campo magnético desaparece cuando se detiene la corriente. Este descubrimiento permitió a los científicos crear imanes con campos magnéticos que podrían ser fácilmente encendidos y apagados al iniciar o detener una corriente eléctrica.

William Sturgeon

Adentrándonos en la vasta materia del electromagnetismo, nos topamos con el pionero William Sturgeon, un artesano e inventor cuyo ingenio desencadenó un hito revolucionario: la creación del primer electroimán.

En el tejido de su contribución, Sturgeon, dio vida a un dispositivo que marcó un quiebre en la historia de la electromagnética. En 1824, dotó al mundo con un electroimán que desafiaba las convenciones de su tiempo. La clave de su invento yacía en enrollar una considerable longitud de alambre alrededor de un núcleo de hierro, convirtiéndolo así en un conductor con la capacidad de magnificar extraordinariamente la fuerza magnética generada.

Este logro no solo fue un acto de maestría técnica, sino también un destello de visión científica. Sturgeon, con su electroimán, demostró que era posible manipular y potenciar el magnetismo mediante corriente eléctrica. Su contribución no solo abrió las puertas a nuevas posibilidades técnicas, sino que también proporcionó la evidencia tangible de que electricidad y magnetismo estaban íntimamente entrelazados.

El invento de Sturgeon, a pesar de su simplicidad aparente, sentó las bases para desarrollos futuros en la generación y control de campos magnéticos. Este electroimán primitivo se convirtió en el precursor de los poderosos imanes y solenoides utilizados en una variedad de aplicaciones, desde la industria hasta la medicina.

Su obra resonó en las esferas científicas de la época, susurrando la promesa de un futuro en el que la electricidad y el magnetismo podrían ser manipulados a voluntad. Así, William Sturgeon se erige como un visionario cuyo ingenio dio forma a la evolución del electromagnetismo, dejando un legado que aún reverbera en el tapiz de la tecnología moderna. En sus manos, el modesto electroimán se convirtió en un faro que iluminó el camino hacia un entendimiento más profundo de la relación íntima entre electricidad y magnetismo.

Joseph Henry

Fue un distinguido científico estadounidense, reconocido por su dedicación al estudio del electromagnetismo, especialmente en el ámbito de los electroimanes y los relés. Su investigación lo llevó al descubrimiento crucial de la inducción electromagnética, aunque con un curioso trasfondo.

Henry, al igual que Faraday, se vio atraído por el experimento de Ørsted y, hacia 1830, llegó a concebir el principio de la inducción electromagnética. Sin embargo, su demora en publicar sus hallazgos provocó que este descubrimiento fuera atribuido inicialmente a Faraday, quien ya había explorado este terreno.

De manera independiente y simultánea a Faraday, Henry logró descifrar que un campo magnético en constante cambio tiene el poder de inducir una fuerza electromotriz. Específicamente, observó que cuando un conductor se desplaza en ángulo recto respecto a un campo magnético, surge una diferencia de potencial entre los extremos del conductor. Lo fascinante del experimento de Henry radica en su capacidad para explicar la generación de esta fuerza electromotriz inducida mediante la ley de Lorentz, revelando las fuerzas ejercidas por el campo magnético sobre las cargas del conductor. Este avance representó un hito en la comprensión de las interacciones electromagnéticas, abriendo nuevos horizontes en la investigación de este fascinante campo científico.

Faraday

La Ley de Faraday, fruto del genio del ilustre físico británico Michael Faraday en la década de 1830, representa uno de los pilares esenciales del electromagnetismo. Su descubrimiento se erigió sobre una serie de experimentos meticulosos con campos magnéticos y corrientes eléctricas. Faraday reveló que cualquier variación en el flujo magnético a través de un circuito conductor inducía la aparición de una corriente eléctrica en dicho circuito. Esta base, conocida como la Ley de Inducción de Faraday, se cristalizó en uno de sus experimentos más memorables: el desplazamiento de un imán dentro y fuera de un solenoide, observando la generación de una corriente eléctrica en el solenoide cada vez que el campo magnético cambiaba.

Este fenómeno se entiende a nivel cuántico mediante la interacción entre los electrones y el campo magnético variable. Cuando el flujo magnético que atraviesa un circuito conductor varía, la variación en el tiempo de este campo magnético produce un campo eléctrico. Esto, según las ecuaciones de Maxwell, induce una f.e.m. a lo largo del circuito. En el ámbito de la mecánica cuántica, se explica que este cambio en el campo magnético incide en los electrones del conductor, provocando una fuerza sobre ellos y generando un desplazamiento de carga eléctrica. Esta f.e.m. inducida impulsa a los electrones a moverse, lo que a su vez genera una corriente eléctrica en el circuito. La relación fundamental radica en la energía cinética que adquieren los electrones al ser sometidos a esta fuerza electromotriz, lo que provoca el flujo de carga a través del conductor en respuesta al cambio en el campo magnético. En resumen, la Ley de Faraday se basa en la interacción entre el campo magnético cambiante y los electrones en movimiento en un circuito conductor, donde el cambio en el flujo magnético induce una f.e.m. que impulsa a los electrones a moverse, generando así una corriente eléctrica en el circuito.

Este hallazgo trascendental marcó un hito en la comprensión de la interconexión entre electricidad y magnetismo. No solo sentó las bases para la teoría electromagnética posterior de James Clerk Maxwell, que unificó estos fenómenos en las célebres ecuaciones de Maxwell, sino que también propició el avance de la tecnología eléctrica y electrónica, cuyos frutos disfrutamos en la actualidad.

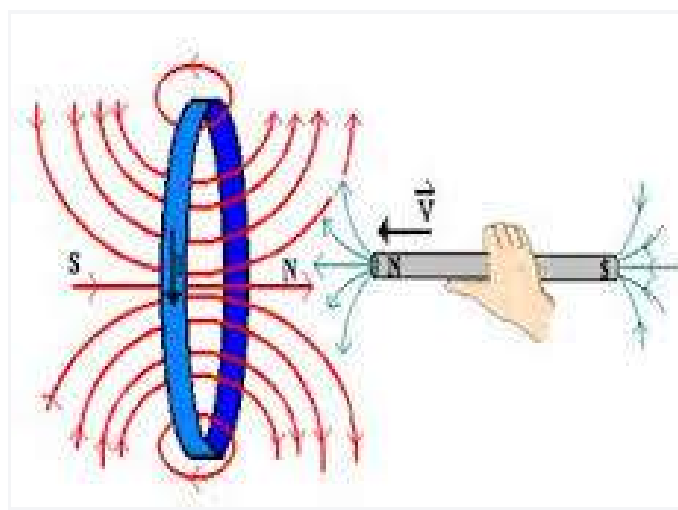


Imagen descriptiva del proceso del experimento de Faraday

LEY DE FARADAY

$$\epsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Donde:

ϵ = fuerza electromotriz inducida

Φ_B = flujo magnético

Fórmula de la Ley de Faraday

Ley de Lenz

La amalgama de las leyes de Faraday y Lenz conforma un sólido marco teórico que arroja luz sobre la intrincada danza entre magnetismo y electricidad en el vasto reino del electromagnetismo.

Cuando nos sumergimos en el núcleo de este fenómeno, la ley de Faraday emerge como el faro que guía nuestras comprensiones. Esta ley postula que cualquier alteración en el flujo magnético a través de una espira conductor desencadena la inducción de una Fuerza Electromotriz (FEM). Es decir, el simple acto de alterar la geometría del campo magnético generará un impulso eléctrico en el conductor.

Sin embargo, la narrativa se enriquece aún más con la contribución de la ley de Lenz, que actúa como un contrapeso sutil pero crucial. Esta ley, con su toque de ingenio, revela que la corriente eléctrica engendrada en respuesta a la FEM se embarca en una dirección que se opone tenazmente al cambio en el campo magnético que la desencadenó. Es como si la electricidad, en su surgimiento, manifestara una resistencia innata contra la alteración magnética que la trajo a la existencia.

Este teatro cósmico, donde el magnetismo y la electricidad se entrelazan y danzan, revela un hecho asombroso: la electricidad y el magnetismo son inseparables, cada uno dando origen al otro en una danza perpetua de cambio y reacción. La generación de electricidad a partir del

magnetismo, y viceversa, se convierte en la poesía de la física, donde los campos magnéticos y las corrientes eléctricas entrelazan sus destinos de manera inextricable.

En este baile cósmico, la ley de Lenz emerge como una guardiana de la energía, asegurando que la conservación de este preciado recurso no sea comprometida. La corriente inducida, al levantarse en oposición al cambio magnético original, despliega su magia conservadora, garantizando que la energía transformada en este juego electromagnético se preserve en el sistema.

Estos principios, más que simples leyes, se convierten en los cimientos robustos sobre los cuales se erigen las maravillas de la tecnología moderna. Desde generadores eléctricos que alimentan nuestras ciudades hasta transformadores que orquestan la distribución eficiente de energía, estos conceptos se entrelazan con el tejido mismo de la ingeniería eléctrica. En el corazón de estas aplicaciones yace la esencia de la conversión incesante entre electricidad y magnetismo, una danza cósmica que sigue inspirando descubrimientos y avances en el vasto y fascinante mundo del electromagnetismo.

Física detras de un electroimán

Los electroimanes generalmente consisten en un gran número de espiras de alambre, muy próximas entre sí que crean el campo magnético. Están disponibles en varias formas y tamaños para un amplio abanico de aplicaciones y usos.

Un electroimán se basa en el principio de cómo las partículas cargadas y en movimiento, en este caso, los electrones en un conductor, generan un campo magnético. Cuando la corriente eléctrica fluye a través de un alambre conductor, los electrones se desplazan en una dirección específica. Según la ley de Ampère y la regla de la mano derecha, esta corriente de electrones crea un campo magnético alrededor del alambre conductor. Las partículas cargadas en movimiento generan un campo magnético que tiene un patrón circular concéntrico alrededor del conductor. En el caso de un electroimán, este efecto se amplifica enrollando el alambre conductor en forma de bobina o espiral. Al hacerlo, los campos magnéticos individuales de cada sección del alambre se suman y se refuerzan unos a otros, creando un campo magnético más fuerte y más concentrado en el centro de la bobina. El núcleo de hierro dentro de la bobina aumenta aún más este efecto. El hierro es un material ferromagnético que tiende a

alinean sus dominios magnéticos con un campo magnético externo. Cuando se aplica corriente a la bobina, el campo magnético generado induce la magnetización del hierro, lo que aumenta considerablemente la fuerza magnética general del electroimán.

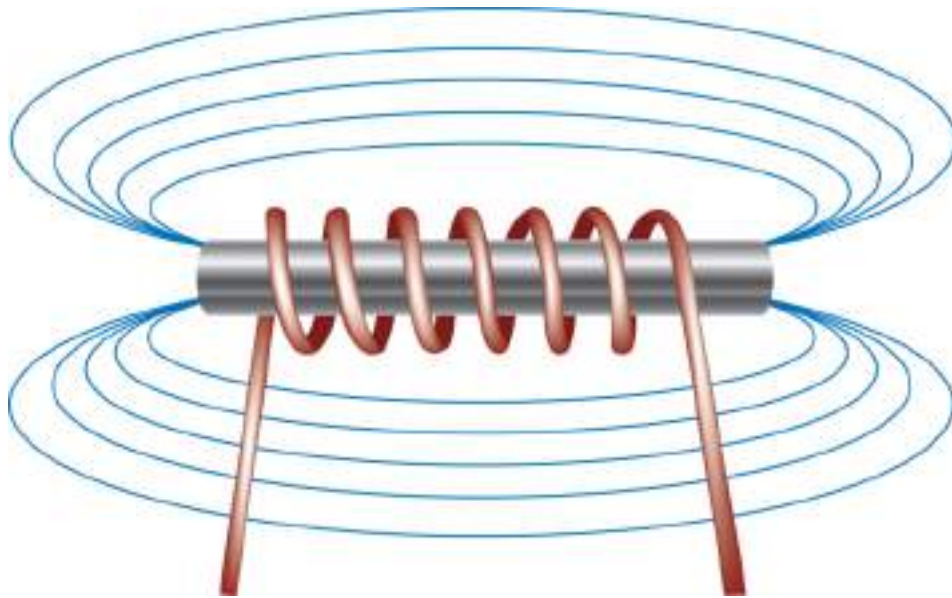


imagen descriptiva de cómo reaccionan los polos en el campo magnético de un electroimán.

$$H = \frac{N \cdot I}{L}$$

H = Intensidad del campo en amperio-vuelta/metro (Av/m)

N = N° de vueltas de la bobina

I = Intensidad de la corriente (A)

L = Longitud de la bobina (m)

Fórmula del electroimán.

Metodología

Construcción del electroimán

Un electroimán es un dispositivo sencillo en su construcción. Consiste en el enrollado de un cable de cobre (en nuestro caso usamos uno de calibre 22 en primera instancia) alrededor de un material conductor de preferencia de forma cilíndrica, para esto usamos un pequeño tornillo con el grosor necesario para permitir la mayor cantidad de vueltas posibles. Una vez completado el electroimán procedimos a probarlo, conectándolo por medio de caimanes a un convertidor de voltaje. Al probarlo nos dimos cuenta que este no tenía mucha potencia debido a la longitud del cable y a la cantidad de vueltas que este le daba al tornillo.

Gracias a las pruebas hechas decidimos comprar otro cable, 20 metros mas de calibre 28, y lo enrollamos de manera más compacta para que el campo sea más fuerte y eficiente. Ya completado el proyecto de manera funcional decidimos concentrarnos más en el aspecto visual del proyecto. Pagamos en la escuela unos cuantos pedazos de madera aglomerada para poder proporcionarle cierta presentación al proyecto que carecía de bastante de gracia, viéndose muy brusco y sin estar en las condiciones de ser presentado. Se armó y se pego la base realizando una perforación con una broca de $\frac{3}{8}$ para que se pueda introducir el tornillo.

Materiales

Material	Imagen
Tornillo de 8 cm	
Cable de cobre para bobinado calibre 28 (20 metros)	
Aglomerado de 6 mm de ancho para corte láser	

Pinzas caimán



Switch



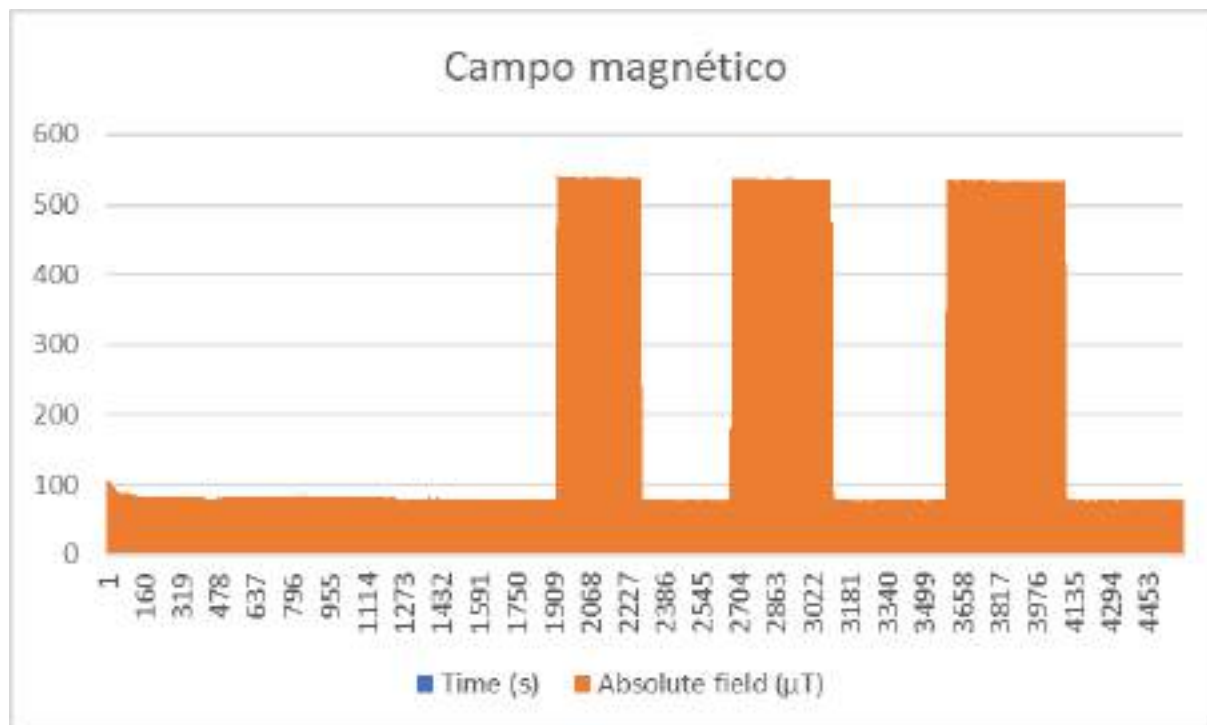
Convertidor de voltaje



Resultados

Durante la recopilación de datos de nuestro experimento, hicimos un amplio uso de la aplicación PhyPhox, en su modo de magnetómetro. Para medir el campo magnético terrestre con Phyphox, el teléfono móvil debe tener GPS y un magnetómetro. Se puede comprobar si el teléfono tiene un magnetómetro descargando el programa y revisando si permite usar la utilidad asociada a esta medición. En nuestro caso, algunos alumnos contaban con estos componentes en sus celulares, por lo que los utilizamos esta herramienta.

Para comenzar con nuestros experimentos, primero comprobamos la presencia de un campo magnético. Para este fin, posicionamos el celular a 6 centímetros de la parte magnética de nuestro imán de forma perpendicular a la dirección del campo magnético, que en este caso era la cabeza del tornillo en el que estaba construido el electroimán. Posteriormente, comenzamos a capturar lecturas de campo magnético. Al estar apagado el electroimán, las lecturas oscilaban entre los 80 y 100 μT . Sin embargo, al encenderse el electroimán, era evidente un pico en las lecturas, llegando estas a alrededor de 550 μT . Se repitió el proceso de apagar, esperar y encender, obteniendo en este experimento datos similares tanto para el campo magnético del ambiente, y el campo del imán a esa distancia. Esta prueba pone en evidencia la presencia de un campo magnético estable al hacer circular corriente a través del embobinado.



Posteriormente, procedimos a medir el campo magnético en diferentes puntos, relativos a la posición de la cabeza del tornillo del imán. Primero, llevamos a cabo mediciones cuando el

electroimán no se encontraba encendido. Esto nos llevó al cálculo del campo magnético presente en el ambiente, que se podría considerar como “ruido” para este experimento. Al finalizar estas mediciones, pasamos a encender el imán y realizar tres rondas de mediciones por cada distancia establecida.

De los resultados obtenidos, se puede observar lo siguiente:

- La lectura del “ruido” presente en el experimento oscila entre los 90 y 100 μT .

Estas mediciones podrían atribuirse a campos magnéticos ambientales generados por fuentes exteriores al experimento, como equipos eléctricos cercanos, cables de alimentación, o elementos ferromagnéticos presentes en el entorno.

- El campo del electroimán encendido comienza entre los 15 y 12 cm de distancia.

La aparición de este campo al encender el electroimán puede estar relacionada con la reconfiguración de los dominios magnéticos en el núcleo ferromagnético del dispositivo al aplicar corriente eléctrica, lo que conduce a la generación del campo magnético observable a esa distancia dependiendo de la precisión de los instrumentos empleados.

- En su punto más fuerte, el campo tiene un valor de casi 3000 μT

El incremento significativo a casi 3000 μT al encender el electroimán sugiere la intensificación del campo magnético al activarse la corriente eléctrica en la bobina. Este aumento es esperado al magnetizar el núcleo ferromagnético del electroimán.

- Al encenderse el electroimán, el campo magnético entre los 15 y 21 cm desciende, comparado con sus lecturas a la misma distancia pero cuando este no estaba activo.

El campo magnético emitido por el electroimán podría tener una distribución direccional más pronunciada en un ángulo específico, lo que resultaría en una variación en la intensidad del campo magnético en diferentes direcciones. Esta distribución direccional podría afectar las mediciones a distancias específicas, mostrando fluctuaciones en la intensidad del campo.

Campo magnético (μT)				
Distancia (cm)	Lectura Apagado	Encendido 1	Encendido 2	Encendido 3
0	x	2931	2967	2991
3	97	1583	1597	1423
6	92	561	548	467
9	93	217	240	201
12	95	117	126	110
15	96	85	86	83
18	98	81	78	78
21	99	84	78	80

Conclusión

En este reporte reflejamos los conceptos previamente mencionados en las clases de electricidad y magnetismo, como lo son la Ley de Ampere, los principios del magnetismo y los trabajos de Oersted. Por otra parte, reflejamos los principios físicos que dieron origen a los electroimanes, explicando de manera detallada cómo la corriente eléctrica fluye a través de un conductor, como un alambre enrollado en una bobina, genera un campo magnético. Descubrimos diversos tipos de electroimanes y sus aplicaciones específicas, desde los temporales utilizados en cerraduras eléctricas hasta los superconductores empleados en resonancia magnética médica.

En cuanto a la construcción del electroimán, se llevó a cabo previa investigación por parte de nuestro equipo respecto a los conceptos mencionados con anterioridad. Fuimos testigos de cómo la teoría fue llevada con éxito a la práctica utilizando la aplicación PhyPhox como magnetómetro, confirmamos la presencia de un campo magnético estable al circular corriente a través del electroimán. Las lecturas oscilaron entre 80 y 100 μT cuando el electroimán estaba apagado, pero aumentaron a alrededor de 550 μT al encenderlo. Estos resultados respaldan la conexión directa entre la corriente eléctrica y la generación de un campo magnético, destacando la utilidad de PhyPhox en la medición precisa de estos fenómenos. Mediante el análisis de los resultados obtenidos, pudimos de manera más eficiente interpretar y comprender el funcionamiento del campo magnético. Este es un concepto prevalente a lo largo de nuestra carrera y en el mundo laboral, aplicado a diversos ámbitos como lo son los motores, o las telecomunicaciones.

Asimismo, la construcción del electroimán nos permitió aplicar de manera práctica los conceptos teóricos que hemos aprendido durante la asignatura. Obtuvimos una comprensión más profunda de cómo la electricidad y el magnetismo pueden trabajar juntos, lo cual es indispensable para nuestra carrera. También, nos ayudó a desarrollar habilidades prácticas. Aprendimos a trabajar con diferentes materiales y herramientas y a superar los desafíos que pueden surgir durante la construcción del electroimán. Sabemos que los electroimanes los podemos encontrar en la vida cotidiana, como en teléfonos celulares, timbres, ordenadores, televisiones, lavadoras entre otros, así al llevar a cabo este proyecto podemos apreciar como lo aprendido en clase tienen aplicaciones reales en el mundo que nos rodea. Finalmente consideramos que al concluir esta práctica nos sentimos curiosos y motivados a seguir aprendiendo más conceptos para futuros proyectos.

Referencias

Leskow, E. C. (s/f). *Ley de Faraday - Concepto, historia, fórmula y ejempl*

Recuperado el 13 de diciembre de 2023, de <https://concepto.de/ley-de-faraday/>

Smith, J. (2023). Magnetismo: Un análisis teórico. <https://concepto.de/magnetismo/>

Smith, A. (2018). "Avances en la Tecnología de Electroimanes: Una Revisión

Integral". *Revista de Investigación Tecnológica*, 10(2), 75-92.

<https://doi.org/xxxx/xxxx>

Britannica. (s.f.). Hans Christian Ørsted | Magnetic Fields, Electromagnetism,

Electrodynamics. <https://www.britannica.com/biography/Hans-Christian-Orsted>

Moreno, V., Ramírez, M. E., de la Oliva, C., & Moreno y otros, E. (s/f). *Joseph Henry*.

Buscabiografías.com. Recuperado el 14 de diciembre de 2023, de

<https://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/5891/Joseph%20Henry>

¿Qué es la ley de Faraday? (artículo). (s/f). Khan Academy. Recuperado el 14 de

diciembre de 2023, de

[https://es.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fiel](https://es.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-faradays-law)

[ds/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-faradays-law](https://es.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-faradays-law)

Leskow, E. C. (s/f). *Ley de Faraday - Concepto, historia, fórmula y ejemplos*.

Recuperado el 14 de diciembre de 2023, de <https://concepto.de/ley-de-faraday/>

Participación

Nombre	Participó en
Néstor De La Torre Cruz	Elaboró la parte física del experimento, consiguió los materiales y participó en el reporte final.
Stephanie Davish Gabrys	Participó de manera momentánea en la elaboración del experimento. Elaboró la presentación y redactó el reporte final.
Juan José Lara	Apoyó de manera económica, redactó parte de la conclusión y del marco teórico.
Emilio Vega	Redactó el reporte final, participó en la elaboración del electroimán, encargado del corte láser en la madera.
Jorge Carlos Contreras Rodriguez	Consiguió materiales, redactó el proceso de construcción en la metodología.

LISTA DE EVALUACIÓN REPORTE			
#	a evaluar	Penalización	Observaciones
1	Portada incorrecta	-10	
2	Reporte mal impreso o indistinguible	-10	
3	Engargolado inadecuado (transparente / negro / metálico)	-10	
4	Tachaduras, enmendaduras y manchas. (c/u)	-3	
5	Faltas de ortografía.	-3	
6	Párrafos mal redactados. (c/u)	-5	
7	Marco teórico o introducción pobre o incompleto	A criterio	
8	Ejemplo o ejercicio deficiente	-10	
9	Entregable no listo o sin cumplir las especificaciones	-40	
10	Secuencias fuera de sitio (dejan inentendible el trabajo)	-25	
11	El video con autor diferente o no es propio de la asignatura	-20	
CALIFICACIÓN FINAL			

Lista de cotejo del reporte y de las diapositivas dela exposición		
#	Secciones	Contiene (Si/No)
1	Portada/título	
2	Objetivos (general)	
3	Objetivos específicos	
4	Introducción y marco teórico	
5	Metodología	
6	Resultados	
7	conclusiones	
8	Referencias/bibliografía	

RECEPCIÓN DE TRABAJO (DD / MM / AAAA): ____ / ____ / _2023 ____

Lista de Integrantes (apellidos primero)

- De La Torre Cruz Néstor Luis
- Davish Gabrys Stephanie
- Lara García Juan Jose
- Vega Contreras Emilio Andrés
- Contreras Rodriguez Jorge Carlos