

**ACTIVIDADES EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DEL FENÓMENO
DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN GRADO UNDÉCIMO DEL
COLEGIO CASTILLA IED**



Felipe Pesca Sanabria

**LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN 3: LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA LA
ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÁ, 2024

**ACTIVIDADES EXPERIMENTALES PARA LA ENSEÑANZA DEL FENÓMENO
DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN GRADO UNDÉCIMO DEL
COLEGIO CASTILLA IED**

Felipe Pesca Sanabria

**TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FÍSICA**

**ASESORA
PROFESORA MARIA CRISTINA CIFUENTES ARCILA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3
LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, 2024**

Agradezco:

A Dios todo poderoso, por las bendiciones que ha puesto sobre mí a lo largo de mi trayectoria académica, porque gracias a los conocimientos que adquirí en física pude conocer y admirar, al menos en parte, el lenguaje de su creación. Asimismo, agradezco a él por haberme acompañado siempre en cada paso que di, por llenarme de fortaleza y de esperanza en los momentos en los que quise no continuar más.

A mi pequeño hijo Angelito, porque desde que llegó a mi vida se convirtió en mi mayor motivación para salir adelante. Con su amor y dulzura, me llenó de inspiración durante mi formación como docente, impulsándome a contribuir a la construcción de un mundo mejor para él.

A mi mamá Andrea, a mi papá Sócrates y a mi abuela María, por haberme educado con valores y principios, por darme los consejos que me llevaron a viejo y por el apoyo que he recibido de ellas día a día.

A la profesora María Cristina Cifuentes, por haber compartido sus valiosos conocimientos durante la dirección de este trabajo de grado y, sobre todo, por ser un referente pedagógico para mí en la enseñanza de las ciencias experimentales. Sus enseñanzas en didáctica de la física serán, quizá, el aporte más significativo en mi formación como docente.

Al Departamento de Física, y a todos los maestros que me educaron como educador, que me guiaron en mi camino como investigador en el aula y, sobre todo, que me enseñaron que Colombia requiere excelentes docentes. En especial, a la profesora Isabel Garzón, quien dejó en mí la valiosa lección de que "los profesores no pueden responder en el aula a preguntas que nunca han planteado".

A mi línea de profundización, por haber fortalecido mi convicción respecto a mi vocación profesional. Las enseñanzas de mis maestros y los valiosos aportes de cada uno de mis compañeros han dejado una huella imborrable en mí, que, estoy seguro, me guiará en el camino para cualificarme como el docente de física experimental que aspiro ser.

CONTENIDO

1. Descripción general de la experiencia didáctica.....	1
2. Problema de la enseñanza de la física.....	2
3. Población beneficiada.....	4
4. Justificación del desarrollo de la investigación.....	5
5. Elementos teóricos abordados.....	6
5.1. Reconstrucción didáctica.....	6
5.2. El concepto de campo magnético como modelo de explicación de los fenómenos...13	
5.3. El experimento de Oersted y la enseñanza del electromagnetismo.....	15
5.4. Teoría y experimentación de Ampere.....	17
5.5. El problema de Faraday sobre el fenómeno inductivo.....	19
5.6. Experimentos que llevaron a Faraday a encontrar la inducción electromagnética...20	
5.7. Faraday y su concepción de un medio comunicante de la acción.....	22
5.8. Líneas de fuerza magnética en la explicación del fenómeno de inducción.....	24
6. Secuencia de enseñanza.....	26
6.1. Descripción de la secuencia de enseñanza.....	26
6.2. Sesión 1: Carga eléctrica y electrificación.....	28
6.3. Sesión 2: Circuito resistivo de corriente directa.....	32
6.4. Sesión 3. Campo eléctrico y campo magnético.....	35
6.5. Sesión 4: Flujo de campo magnético y ley de Faraday.....	40
6.6. Sesión 5: Construcción de un transformador.....	45
7. Sistematización de la implementación.....	49
7.1. Evaluación diagnóstica de electromagnetismo.....	49
7.2. Carga eléctrica y electrificación.....	55
7.3. Circuito resistivo de corriente directa.....	57
7.4. Campo eléctrico y campo magnético.....	61
7.5. Flujo de campo magnético y ley de Faraday.....	64
7.6. Construcción de un transformador.....	71
8. Reflexiones sobre los alcances pedagógicos y didácticos.....	74
9. Referencias bibliográficas.....	76
10. Anexos.....	78

1. Descripción general de la experiencia

Esta experiencia corresponde al diseño e implementación de una secuencia de actividades experimentales para la enseñanza del fenómeno de inducción electromagnética en el grado 11-01 del colegio Castilla IED, donde el investigador llevó a cabo su práctica pedagógica. Es importante destacar que las actividades desarrolladas se diseñaron considerando las necesidades de aprendizaje de la población beneficiada, así como los recursos disponibles en la institución. En este sentido, la secuencia de enseñanza creada en el marco de esta experiencia didáctica tiene como propósito mejorar el proceso de enseñanza al proponer una alternativa para abordar en el aula el fenómeno de la inducción electromagnética mediante actividades experimentales. Asimismo, busca mejorar el proceso de aprendizaje, ya que se tuvo en cuenta las necesidades cognitivas y los problemas de aprendizaje presentes en la población beneficiada.

Para diseñar las actividades, se llevó a cabo una reconstrucción didáctica del contenido, en este caso, del fenómeno de inducción electromagnética. El término "reconstrucción didáctica" destaca dos aspectos clave: primero, que está destinada a fines educativos, y segundo, que implica un proceso de reconstrucción (Mäntylä & Nousiainen, 2014). Un término similar es transposición didáctica, ampliamente utilizado, cuyo objetivo esencial es adaptar el conocimiento científico para hacerlo accesible a un público específico (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2005, 2009). Aunque ambos conceptos comparten similitudes, la "reconstrucción didáctica" se adopta aquí porque enfatiza cómo el conocimiento científico se reestructura para su enseñanza. Además, la reconstrucción didáctica está relacionada con la justificación del conocimiento generativo, diferenciándose de la transposición didáctica.

En la creación de esta reconstrucción didáctica, se utilizó el enfoque cognitivo-histórico propuesto por Nersessian (1992, 1995), que combina análisis históricos de prácticas científicas con teorías de las ciencias cognitivas contemporáneas. Este enfoque busca entender cómo las estructuras conceptuales en la ciencia se construyen y transforman (Nersessian, 1992).

El fenómeno de inducción electromagnética fue seleccionado para este estudio por diversas razones. Está presente en el funcionamiento de numerosos artefactos de la vida cotidiana, como motores, generadores, y transformadores. Sin embargo, este fenómeno plantea dificultades de aprendizaje, especialmente en estudiantes de secundaria, como en el colegio Castilla IED, donde se ha evidenciado que los estudiantes no establecen conexiones entre los fenómenos eléctricos y magnéticos, que, si bien reconocen las interacciones eléctricas y magnéticas, las atribuyen únicamente a los objetos que presentan naturaleza eléctrica o magnética, sin considerar la idea del campo como un medio a través del cual se propaga la acción, y en ese sentido, no sería posible comprender como es produce el fenómeno de inducción electromagnética, que entre otras cosas es desconocido por parte de los estudiantes.

Otro aspecto la enseñanza libresco con la cual se les ha enseñado, la cual está centrada en la memorización de información (en contravía con la construcción de conocimiento y alejada de la actividad experimental), y en la repetición algorítmica de procedimientos para solucionar ejercicios (alejada de la solución de problemas y de vida cotidiana de los estudiantes). Esto se evidenció en la práctica desarrollada en la institución, en el marco del análisis de la metodología de enseñanza empleada por los docentes que acompañaron el espacio académico de física.

La propuesta de enseñanza se estructuro a partir de 5 actividades en las cuales se incluyen experimentos de electrostática, corriente eléctrica, visualización de líneas de campo eléctrico y magnético para diferentes fuentes y configuraciones, flujo de campo magnético, inducción electromagnética y concluyen con la construcción de un transformador simple. Esta propuesta está diseñada para la enseñanza del fenómeno de inducción a partir de actividades experimentales secuenciadas, en las cuales los experimentos y modelos permiten conectar los conceptos, leyes y cantidades que se vinculan al fenómeno de inducción electromagnética.

2. Problema de la enseñanza de la física

Durante el desarrollo de mi Práctica III y IV en grado 11 del Colegio Castilla IED, identifiqué varios problemas asociados a la enseñanza del electromagnetismo. El primero de ellos está relacionado con los significativos desafíos que plantea la alta abstracción de los conceptos empleados para explicar los fenómenos eléctricos y magnéticos. En este sentido, otros investigadores, como Naizaque (2013), han identificado este mismo desafío en diversos contextos educativos.

El electromagnetismo abarca nociones abstractas como los campos eléctricos y magnéticos, las corrientes eléctricas y las fuerzas, que pueden resultar difíciles de comprender para los estudiantes. Por un lado, estos conceptos no se derivan directamente de la experiencia sensorial, sino que requieren un proceso de construcción cognitiva, en el que el pensamiento se vincula con la experiencia directa a través de objetos, procesos y efectos físicos (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Duit, 2004). Por otro lado, la alta abstracción de estos conceptos puede sobrecargar la capacidad cognitiva de los estudiantes, dificultando su retención a largo plazo (Sweller, 1988; Moreno, 2010).

A menudo, estos conceptos no concuerdan con las concepciones preexistentes de los estudiantes, las cuales se basan en sus intuiciones y experiencias cotidianas, y que pueden no ser coherentes con las teorías científicas establecidas. En el diagnóstico inicial realiza al grupo de estudiantes a través de preguntas abiertas estructuradas (ver anexo II) fenómenos eléctricos y magnéticos. Se identificó que los estudiantes poseen algunas nociones relacionadas con los fenómenos eléctricos y magnéticos bastante pragmáticas, por ejemplo, reconocen que al asociar una cantidad de electrificación a dos cuerpos que interactúan en el mismo espacio, estos experimentarán una acción mecánica de atracción o repulsión, similar a lo que ocurre entre dos cuerpos con propiedades magnéticas (imanes). Esto sienta las bases para la explicación basada en la acción a distancia y, al mismo tiempo, ilustra cómo los estudiantes, en este nivel escolar, tienden a describir o construir explicaciones de manera

general. Aquí, las causas de lo observado se atribuyen directamente a la interacción mecánica de los cuerpos y no a la organización espacial del entorno en el que se encuentran. En otras palabras, se explican los fenómenos electromagnéticos desde la perspectiva de la acción a distancia, sin considerar la perspectiva de campo (Arias, 2022). Este enfoque puede ser resultado de enseñanzas que emplean analogías entre las interacciones entre imanes y las interacciones entre cuerpos electrificados con cargas de diferente naturaleza. Estos resultados son coherentes con los reportado por (Inorreta, Braumüller y Bravo, 2019).

El segundo problema los conceptos científicos utilizado para dar cuenta de los fenómenos eléctricos y magnéticos muchas veces no concuerdan con las concepciones preexistentes de los estudiantes, las cuales se basan en sus intuiciones y experiencias cotidianas. En el diagnóstico inicial realizado al grupo de estudiantes, a través de preguntas abiertas estructuradas (ver Anexo I), sobre fenómenos eléctricos y magnéticos, se identificó que los estudiantes poseen algunas nociones pragmáticas relacionadas con estos fenómenos.

Algunas concepciones alternativas que los estudiantes tienen para explicar los fenómenos eléctricos y magnéticos incluyen considerar la carga como una forma de energía, percibir el campo como energía concentrada en un lugar específico y creer que los imanes son fuentes de energía.

Sumado a lo anterior, el diagnóstico permitió identificar que frecuentemente los estudiantes no establecen relaciones entre la electricidad y el magnetismo. En su lugar, cada uno de estos fenómenos tiende a ser asociado con situaciones específicas donde se han presenciado comportamientos eléctricos y magnéticos por separado, como si siempre fueran independientes entre sí. En este contexto, se encuentran dificultades para reconocer la equivalencia entre la corriente eléctrica y los imanes como fuentes del campo magnético, así como para explicar los fenómenos de interacción magnética utilizando el concepto de campo magnético aceptado por las comunidades científicas. Esto coincide con los reportados por Vargas (2019).

Sumado a lo anterior, el diagnóstico permitió identificar que, con frecuencia, los estudiantes no establecen relaciones entre la electricidad y el magnetismo. En su lugar, tienden a asociar cada uno de estos fenómenos con situaciones específicas, en las que han observado comportamientos eléctricos y magnéticos por separado, como si siempre fueran independientes entre sí. En este contexto, se presentan dificultades para reconocer la equivalencia entre la corriente eléctrica y los imanes como fuentes del campo magnético, así como para explicar los fenómenos de interacción magnética utilizando el concepto de campo magnético aceptado por las comunidades científicas. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Vargas (2019), así como por otros estudios que destacan las dificultades de los estudiantes para comprender la relación entre electricidad y magnetismo (Galili, 1995; Maloney et al., 2001).

Adicionalmente, al abordar los fenómenos electromagnéticos desde la perspectiva del campo, algunos estudiantes consideran que las interacciones son producidas por el campo magnético, entendido como una entidad "real" que es equivalente a las líneas de fuerza magnética (explicación basada en la concepción del campo como una entidad física, y no como una idea

explicativa). Otros continúan pensando que son causadas por fuerzas entre el imán y el cuerpo cargado, de acuerdo con la ley de Coulomb (explicación netamente eléctrica del fenómeno electromagnético), mientras que otros llegan a explicarlo mezclando las ideas de campo y fuerza magnética, al punto de asignar el mismo vector a ambos (explicación en la que no se distingue entre campo y fuerza, asumiéndolos como iguales).

Se hace referencia a otra dificultad relacionada con las metodologías didácticas empleadas en el aula para la enseñanza de la física en general, y los fenómenos electromagnéticos en particular. Aunque cada docente desarrolla un estilo particular de enseñanza, se señala que algunas metodologías continúan siendo objeto de reevaluación según la investigación didáctica y la experiencia del profesor-investigador. Entre las metodologías que han sido objeto de cuestionamiento se destacan: clases magistrales, resolución de problemas de forma algorítmica, experimentos demostrativos y enseñanza centrada en el libro de texto. (Campos, 2014)

Todas estas metodologías han sido objeto de críticas debido a que no se facilita a los estudiantes la participación activa y constructiva, la exploración, experimentación y construcción de explicaciones, el establecimiento de un ambiente cooperativo y colaborativo en el aula, la comprensión de la razón por la cual realizan las actividades propuestas, ni la determinación de su propósito y utilidad, la planificación y supervisión de su aprendizaje, la fijación de sus propias metas de aprendizaje y la corrección de sus “errores”, ni la aplicación de lo aprendido en la escuela para resolver problemas del mundo real, entre otros aspectos.

3. Población beneficiada

El diseño de las actividades experimentales para la comprensión de la inducción electromagnética se enmarca en el contexto de la práctica pedagógica llevada a cabo por el profesor-investigador en el Colegio Castilla IED. La institución es de carácter público, de educación formal en los niveles de preescolar, básica y media, y busca que las capacidades y habilidades de los estudiantes se puedan potenciar en el ámbito de las artes, físico-motriz, científico, humanístico, tecnológico y emprendedor (PEI, 2001). Desde el colegio se espera que las competencias necesarias para solucionar problemas "cotidianos" sean desarrolladas por los estudiantes, concientizándolos sobre la necesidad de una sociedad caracterizada por el respeto, la dignidad y la sostenibilidad ambiental. Finalmente, el colegio tiene como visión institucional el ser formadora académica de ciudadanos integrales, promoviendo en los estudiantes el “*ser gestores de su proyecto de vida personal, profesional y productivo, de tal forma que puedan responder a las exigencias de su entorno y de contextos globalizados*” (PEI, 2001, pp 1).

El modelo con el cual se evalúan a los estudiantes, que propone el Sistema Institucional de Evaluación (SIE) se fundamenta en considerar las dimensiones del ser humano: Ser, Saber y Hacer. Dentro de este sistema se encuentran las habilidades para actuar positivamente, así como el conocimiento y su aplicación en diversas situaciones cotidianas y contextos. La evaluación de estas dimensiones implica la cuantificación de los logros individuales de cada estudiante.

La población específica a la cual se dirigirán las actividades experimentales está compuesta por estudiantes del grado undécimo, especialmente del curso 1101. Estos estudiantes, cuyas edades oscilan entre los 16 y 18 años, provienen mayoritariamente de los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3, según los registros de matrícula de la institución. La actividad económica predominante en sus familias corresponde principalmente a empleados, tanto del sector productivo público y privado, como a comerciantes y microempresarios. La mayoría de los estudiantes ha cursado la totalidad de sus estudios previos en instituciones públicas del Distrito Capital.

En la práctica del profesor investigador y las conversaciones con la docente tutora, se ha podido identificar que estos estudiantes se caracterizan por su alta participación en las actividades de aprendizaje propuestas y por la adopción de una actitud positiva hacia las indicaciones impartidas por los docentes. En términos del clima de la clase, los acuerdos de convivencia son asumidos y respetados por la mayoría de los estudiantes, lo cual permite mantener un ambiente propicio para el aprendizaje, donde el respeto hacia los docentes, compañeros y la clase en general constituye el marco en el cual se desarrollan las actividades.

Respecto a las clases de física, especialmente en relación con la realización de las actividades experimentales, se ha observado un interés de los estudiantes hacia lo práctico, específicamente hacia lo manipulativo. Sin embargo, no es evidente dentro del grupo de estudiantes que tengan interés por investigar y analizar el mundo físico. En ese orden de ideas, parece ser que su principal objetivo es seguir la guía de laboratorio paso a paso y escribir su progreso en el informe que será entregado a la docente para ser calificado, haciendo a un lado la discusión de los resultados, el cuestionar sus ideas previas y la reflexión sobre lo que han comprendido.

4. Justificación del desarrollo de la investigación

Como se ha indicado en la descripción del problema de enseñanza de la física, hay varios estudios que han indicado que los estudiantes en diferentes niveles educativos tienen dificultades al interpretar el conocimiento relacionado con el fenómeno de inducción electromagnética. Entre estas dificultades se destaca la poca coherencia en la organización del conocimiento, malinterpretaciones de las ideas centrales y la ausencia de una descripción cualitativa del conocimiento (Mantyla y Kopponen, 2011).

En esta investigación, se propone como hipótesis que al diseñar e implementar una secuencia de actividades experimentales se puede facilitar la construcción del conocimiento sobre el fenómeno de inducción electromagnética en el aula y contribuir, en parte, a superar los problemas ya mencionados. Esta hipótesis encuentra respaldo en la naturaleza misma de la ciencia, ya que la experimentación es sumamente importante en la construcción del conocimiento científico (Mantyla y Kopponen, 2011). Además, se basa en la mirada epistemológica y constructivista del aprendizaje, en donde se reconoce el valor de la experiencia directa y la participación activa del estudiante en su propio proceso de aprendizaje (Vosniadou, 2000).

Desde una perspectiva epistemológica, se puede reconocer que uno de los roles principales de la actividad experimental es contribuir a la generación de conocimiento y a la comprensión de los conceptos teóricos, en lugar de simplemente verificar o refutar ideas científicas (Mantyla y Kopponen, 2011). Se puede decir que, a través de los experimentos, los estudiantes tienen la oportunidad de observar, explorar e investigar tanto procesos conocidos como nuevos. Además, pueden identificar y establecer regularidades en sus observaciones, representar esas regularidades y generalizarlas para construir un nuevo conocimiento en el ámbito físico. Finalmente, los experimentos permiten a los estudiantes reconocer algunos de los procesos que están a la base de la producción del conocimiento científico (Mantyla y Kopponen, 2011).

En ese sentido, se puede afirmar que la actividad experimental es importante en la enseñanza del fenómeno de inducción electromagnética, pues proporciona a los estudiantes experiencias directas y sensibles de primera mano, a diferencia de simplemente recibir información sobre este fenómeno. Los experimentos les ayudan a comprender que los efectos que se presentan en un experimento son construcciones humanas, y no simplemente aspectos dados por la naturaleza (Hacking, 1983), lo que los invita a reflexionar sobre la naturaleza y la forma en la cual se produce el conocimiento científico.

Por otra parte, desde una mirada constructivista del aprendizaje, se reconoce que los estudiantes construyen su propio conocimiento a través de la interacción con su entorno y la reflexión sobre sus experiencias. Es el estudiante quien conceptualiza y otorga significado a través de un proceso metacognitivo (Vosniadou, 2000).

Además, dependiendo de las características de las actividades experimentales planteadas a los estudiantes, estas pueden ser importantes y significativas para ellos, ya que pueden percibir las como útiles en su vida cotidiana, relevantes para su comunidad, o útiles para comprender y abordar algunos de los problemas que afectan a la humanidad, como la sostenibilidad energética, el desarrollo tecnológico o las problemáticas sociales (Vosniadou, 2000).

Finalmente, se resalta que las actividades experimentales tienen el potencial de contribuir a la construcción de conocimiento en las aulas al permitir que los estudiantes puedan relacionar la nueva información con los conocimientos que ya tienen (ideas previas), incluso si estos son incompletos, contienen falsas creencias o incorporan conceptos "erróneos" (Vosniadou, 2000).

5. Elementos teóricos abordados

5.1. Reconstrucción didáctica

Koponen y Mäntylä definen la *reconstrucción didáctica del contenido* como un proceso mediante el cual se adapta y transforma el conocimiento científico para que este sea enseñado y aprendido. Esta reconstrucción requiere desglosar, organizar y representar los conceptos, cantidades y leyes para su enseñanza, ofreciendo una perspectiva históricamente más precisa y auténtica que la que suelen presentar la mayoría de los libros utilizados por los profesores

en la enseñanza de la física. Además, implica adaptar y transformar estos conocimientos y procesos según las necesidades cognitivas de los estudiantes. Por otra parte, se requiere contextualizar los contenidos de manera que consideren las realidades y situaciones reconocibles para los estudiantes. Además, es necesario situar el aprendizaje a través de actividades que reflejen las prácticas "reales" de las ciencias, en este caso, de la física, y que se adapten a las características específicas de los estudiantes. En este proceso, se selecciona y organiza el contenido disciplinar de modo que responda a estas demandas, mejorando la comprensión del fenómeno estudiado. La reconstrucción didáctica permite desglosar el contenido disciplinar en elementos más accesibles y comprensibles para los estudiantes, reorganizándolo y representándolo en formas que promuevan la participación y el desarrollo progresivo de habilidades de pensamiento científico. Esta reestructuración favorece un mejor aprendizaje, ya que el contenido se presenta de manera secuenciada, permitiendo a los estudiantes construir un conocimiento que es tanto aplicable como relevante para su formación académica.

Las reconstrucciones didácticas son valiosas para los docentes porque les ofrecen marcos desde los cuales pensar la enseñanza de conceptos que están "fuera" de la experiencia sensorial, como lo son el concepto de carga y campo. Además, la enseñanza proyectada desde estas reconstrucciones puede fomentar un aprendizaje activo en los estudiantes, ya que permiten organizar el conocimiento de manera que los conceptos, leyes y cantidades se vinculan mediante experimentos y modelos explicativos (Koponen y Mäntylä (2006). Esto puede permitir a los estudiantes asimilar ideas que, de otro modo, serían difíciles de entender.

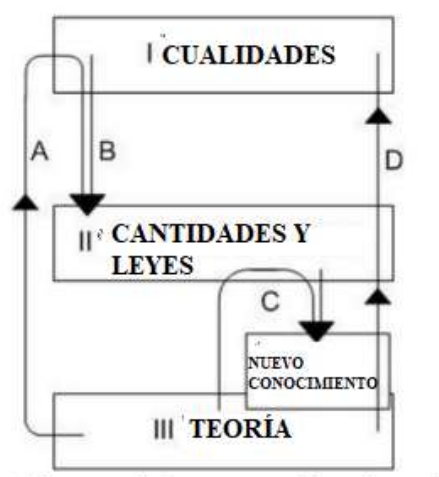
En este trabajo de grado, se lleva a cabo la reconstrucción didáctica del fenómeno de inducción electromagnética. Para ello, en primer lugar, se reinterpreta este fenómeno a partir de los experimentos y reflexiones teóricas propuestas por Oersted, Ampere y Faraday. Posteriormente, se analiza las interconexiones entre los diferentes aspectos teóricos que incluyen conceptos y experimentos, con el objetivo de establecer los modelos explicativos del fenómeno de la inducción electromagnética. Este análisis se realiza desde una perspectiva epistemológica, que permite entender cómo se construye el conocimiento científico a través de la observación, la experimentación y la interacción con teorías preexistentes. De esta manera, se propone un ejercicio que busca organizar y hacer más comprensibles las ideas abstractas para los estudiantes.

Esta reconstrucción se pensó como una herramienta destinada al profesor investigador, que facilita el diseño y la planificación de las actividades experimentales que se llevarán al aula. Un objetivo clave al desarrollar esta reconstrucción didáctica es que, a partir de su estructura, los estudiantes logren comprender los conceptos complejos que las comunidades científicas han desarrollado para explicar la inducción electromagnética. Además, busca facilitar la comprensión de las relaciones entre estos conceptos, evitando que el conocimiento se presente de manera fragmentada y desorganizada (Mäntylä & Nousiainen, 2014). De este modo, se espera que la reconstrucción didáctica promueva una comprensión más profunda por parte de los estudiantes, contribuyendo a una mayor cohesión en el aprendizaje, y complementando los enfoques previamente mencionados sobre la enseñanza.

Desde una perspectiva epistemológica, Koponen y Nousiainen (2014) proponen que el proceso de integración de nuevo conocimiento en el marco de conocimientos preexistentes comienza desde la identificación de cualidades, y a partir de ellas se derivan las cantidades. Este proceso se basa en una jerarquía de tres niveles de conceptualización y abstracción: cualidades, cantidades y leyes, y finalmente, teoría. En este contexto, los experimentos otorgan un significado empírico a las cantidades y leyes, lo que permite justificar y validar el nuevo conocimiento adquirido.

Este proceso se ilustra en la figura 1, donde se presenta un diagrama de flujo que describe las etapas del descubrimiento científico. En los pasos A a C, se muestran los experimentos y modelos en una fase inicial de exploración, mientras que en el paso D se destaca la justificación del conocimiento nuevo, completando así el ciclo de aprendizaje.

Imagen 1: Las secuencias de producción de conocimiento según la reconstrucción epistemológica de la justificación del conocimiento (Koponen & Mäntylä, 2006, p.45).



Nota: En este proceso, las cantidades o leyes se toman como representaciones generalizadas o idealizadas y se anexan a la teoría como una nueva pieza de conocimiento. El paso D es para verificar los experimentos para probar la nueva teoría aumentada (es decir, justificación consecuente) (Mäntylä & Nousiainen, 2014, p. 6).

Dentro del marco del diseño de la reconstrucción didáctica como herramienta para planificar la enseñanza del fenómeno de inducción electromagnética a través de actividades experimentales secuenciadas, es importante realizar dos tipos de reconstrucciones didácticas sobre las cuales se adquiere y se justifica el conocimiento, según Koponen y Nousiainen (2014), estos dos tipos de reconstrucciones didácticas son: la reconstrucción didáctica de procesos y la reconstrucción didáctica de estructuras.

La reconstrucción didáctica de procesos se centra en los aspectos dinámicos de los fenómenos, abarcando cualidades, cantidades, leyes y sus correlaciones con la teoría. Las

cualidades se refieren a los aspectos intrínsecos del fenómeno, observables de manera empírica; mientras que las cantidades y leyes establecen conexiones entre el conocimiento teórico y las observaciones empíricas. La teoría, por su parte, propone generalizaciones que se integran al nuevo conocimiento a medida que los experimentos validan las afirmaciones a través de predicciones y modelos. La idea detrás de estas reconstrucciones es que el conocimiento "nuevo" en física siempre se construye sobre la base del conocimiento previo (cantidades, leyes, teoría) (Mäntylä & Nousiainen, 2014). Esto se logra a través de actividades prácticas que permiten a los estudiantes visualizar los procesos y comprenderlos de manera más intuitiva (Koponen & Mäntylä, 2009).

En particular, la reconstrucción didáctica de procesos se centra en la representación temporal y dinámica del fenómeno de la inducción electromagnética, considerando que este ocurre dentro de un proceso físico. Este enfoque permite a los estudiantes observar cómo un cambio en el flujo magnético a lo largo del tiempo genera un voltaje en un circuito cerrado. Para facilitar esta comprensión, se diseñan actividades experimentales en las que se relaciona el voltaje inducido en una bobina de 620 vueltas con la variación en el flujo de campos magnéticos producidos por imanes y electroimanes cercanos a la bobina.

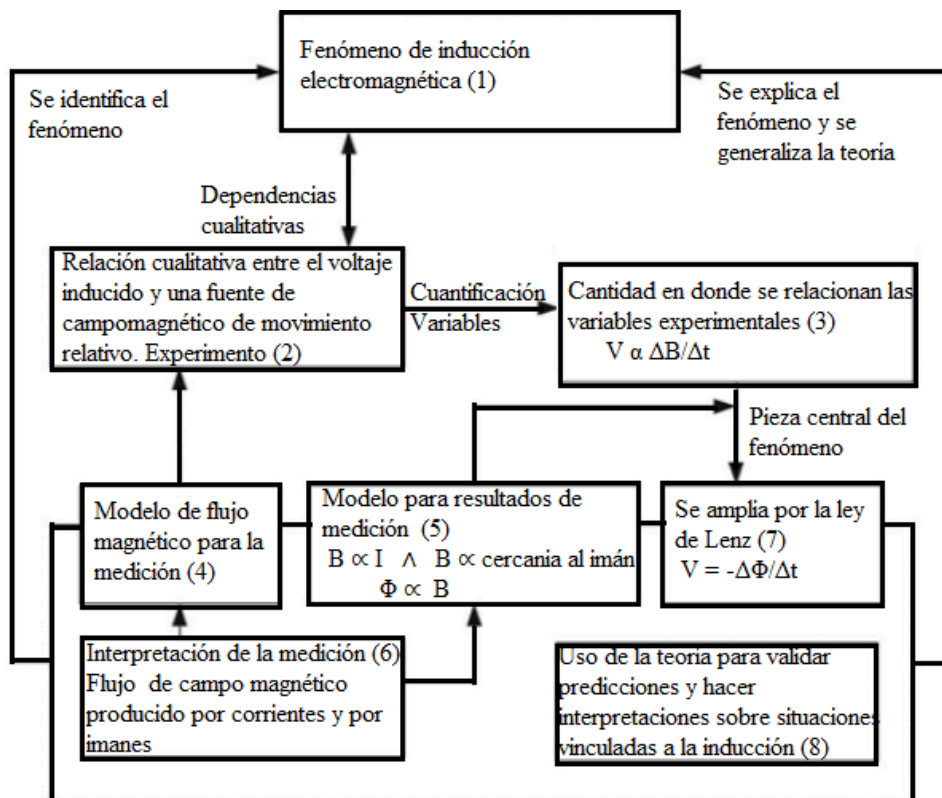
En estas actividades experimentales, fundamentadas en la reconstrucción didáctica de procesos, no se realizan mediciones mediante el control de variables. En su lugar, se evidencia la deflexión de la aguja de un medidor de voltaje cuando se induce corriente en un circuito cerrado, fijando ciertos hechos experimentales de manera cualitativa debido a la ausencia de una escala que cuantifique la relación entre el voltaje inducido y la intensidad del campo magnético variable en el tiempo. Estas actividades permiten mostrar, de forma cualitativa, la relación entre el movimiento relativo de las fuentes de campo magnético y el voltaje inducido en un conductor atravesado por dicho campo.

Además, estas experiencias ayudan a los estudiantes a visualizar el proceso de inducción electromagnética como un evento dinámico, en lugar de un conjunto de hechos aislados. Se espera que, a través de estas actividades, los estudiantes desarrollen un aprendizaje activo que les permita una comprensión más intuitiva del fenómeno, fijando algunos conceptos clave, como el cambio en el flujo magnético como el motor principal del proceso de inducción (Koponen & Mäntylä, 2009).

En la imagen 2 se presenta la reconstrucción didáctica de los procesos sobre los cuales se planificarán las actividades experimentales para el fenómeno de inducción electromagnética. En esta, se estructura un diagrama de flujo con ocho pasos que consideran la relación jerárquica entre cualidades, cantidades, leyes y teoría. El diagrama conecta los pasos de manera dinámica y temporal, permitiendo que los estudiantes identifiquen el fenómeno de inducción y lo expliquen a partir de la teoría y el nuevo conocimiento adquirido (1). Este nuevo conocimiento se organiza a partir de las cualidades observadas en las actividades experimentales y las dependencias entre algunas de las variables implícitas en el fenómeno de inducción (2). De este modo, se cuantifican las variables que surgen de los hechos experimentales, relacionando el voltaje inducido en un conductor cerrado con la variación de un campo magnético a lo largo del tiempo (3). Así, las cualidades intrínsecas del fenómeno

de inducción conducen a la formulación de cantidades y leyes experimentales. La organización teórica del fenómeno se basa en el uso de modelos explicativos. En este caso particular, se emplea el modelo del campo magnético representado como líneas de fuerza imaginarias que atraviesan el conductor, es decir, como flujo magnético (4). En este sentido, el campo magnético que fluye por el conductor debe tener una fuente, como imanes o electroimanes (el campo es producido por la corriente eléctrica que pasa por un conductor). Este flujo magnético se ve afectado por la fuente que se utilice para inducir un voltaje (5). De esta forma, se pueden interpretar los resultados experimentales a partir del flujo magnético generado por corrientes eléctricas o por imanes cercanos a la bobina, los cuales tienen un movimiento relativo (6). Dependiendo de la dirección del movimiento, la aguja del voltímetro se desplazará hacia la izquierda o hacia la derecha, lo que implica que la corriente inducida en la bobina no siempre tiene la misma dirección (7). Una vez se han considerado los elementos centrales del fenómeno y se ha ampliado la teoría, este conocimiento permitirá validar las predicciones iniciales que los estudiantes hicieron sobre el fenómeno. Además, posibilitará la interpretación de otras situaciones relacionadas con la inducción electromagnética (8).

Imagen 2: Reconstrucción didáctica de procesos para la enseñanza del fenómeno de inducción electromagnética.



Nota: En la reconstrucción didáctica de procesos, el fenómeno se representa como un proceso dinámico y temporal, en el que las dependencias cualitativas se identifican a partir del experimento y conducen a la cuantificación de dichas dependencias (relación entre variables).

Las cantidades se interpretan con base en la teoría existente, la cual se emplea para identificar el fenómeno en distintas situaciones y explicarlo de manera general y ampliada.

La reconstrucción didáctica de estructuras se centra en la organización conceptual del contenido, estructurada como una red de cantidades y teorías que explican el fenómeno de inducción electromagnética, siendo una herramienta valiosa en los procesos de enseñanza y aprendizaje. El objetivo principal es descomponer el fenómeno en sus componentes fundamentales (magnitudes y leyes) para evidenciar las interconexiones entre ellos (Mäntylä & Nousiainen, 2014). Este tipo de reconstrucción didáctica es clave para los profesores, ya que ofrece una red conceptual donde los experimentos y modelos construyen las conexiones necesarias para comprender los conceptos.

Mientras que la reconstrucción didáctica de procesos se enfoca en cómo se genera nuevo conocimiento a través de experimentos, mediciones y correlaciones teóricas previas, la reconstrucción didáctica de estructuras busca integrar experimentos y modelos con el fin de representar y organizar conceptos complejos en redes de conocimiento (Mäntylä & Koponen, 2007).

En este contexto, la reconstrucción didáctica de estructuras utiliza experimentos y modelos para conectar el conocimiento teórico con el práctico, ya que las magnitudes experimentales son interpretadas y organizadas a la luz de los modelos teóricos. Esto permite simplificar y representar conceptos abstractos de manera clara. Este enfoque se convierte en un aspecto fundamental para la enseñanza, ya que es el punto de partida que permite al profesor guiar la interacción y mediación entre experimentos y modelos en la representación de las leyes físicas.

La reconstrucción didáctica de estructuras permite presentar la estructura del conocimiento de forma gráfica, como una red de conceptos en la que magnitudes y leyes están interconectadas y sus significados se relacionan. En esta red, las magnitudes y leyes funcionan como nodos, creando una representación ordenada de nodos y enlaces que abarcan los elementos principales del fenómeno. El orden se establece porque cada nueva magnitud o ley se construye sobre otras previamente establecidas. Los vínculos entre los nodos son direccionales y están definidos por la reconstrucción didáctica de procesos, que determina qué conceptos se conectan, y cómo, con los experimentos de cuantificación juegan un papel clave (Mäntylä & Nousiainen, 2014).

Es crucial tener en cuenta que cada enlace está determinado por una reconstrucción didáctica de procesos, representada en el esquema por los experimentos o los modelos. Koponen & Mäntylä (2009), definen los nodos como magnitudes, leyes (leyes experimentales, predicciones similares a leyes, leyes generales) y, en ocasiones, otros conceptos (entidades, fenómenos, principios); mientras que los enlaces se definen como procedimientos experimentales (experimentos de cuantificación, definiciones operacionales y, a veces, experimentos cualitativos) y procedimientos de modelado (modelos deductivos, definiciones mediante modelado, analogías formales).

En la Figura 3 se presenta una reconstrucción del fenómeno de inducción electromagnética, ilustrando la organización de conceptos y leyes conectadas mediante modelos explicativos y experimentos. Esta estructura sirvió de base para diseñar las actividades experimentales realizadas en el aula.

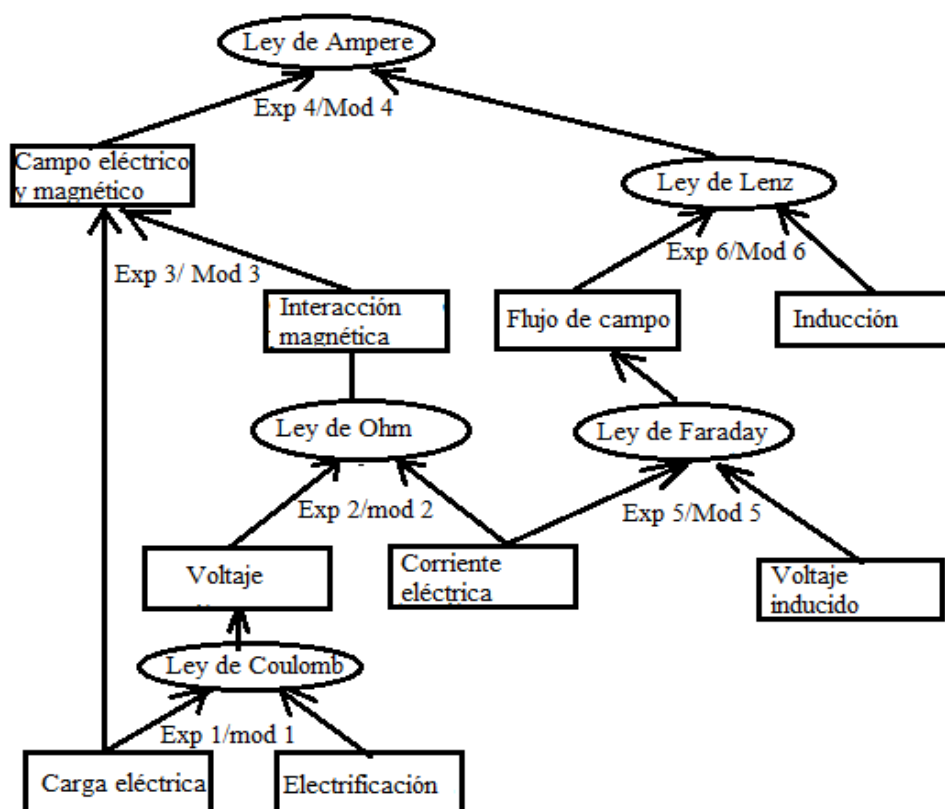
El diagrama se organiza en forma de red de conceptos y leyes que actúan como nodos, conectados por seis modelos y experimentos abordados en las actividades. La red comienza con el concepto de electrificación y carga eléctrica, vinculándolos con la ley de Coulomb a través del experimento del electroscoPIO. Los efectos observados en este experimento se explican mediante el modelo de desbalance de cargas en los materiales.

La red continúa con los conceptos de voltaje y corriente eléctrica, considerando el reconocimiento de materiales conductores. Aquí se estudia el flujo de electricidad en un conductor conectado a una fuente de voltaje. El experimento se realiza en un circuito de corriente continua con baterías y resistencias, y las explicaciones se basan en la conservación de la energía. Se asignan propiedades a la resistencia y se establecen relaciones entre voltaje, resistencia y corriente, lo cual lleva a la formulación de la ley de Ohm.

Luego, pasa a la parte de magnetismo, destacando la interacción entre imanes y el campo magnético generado por imanes y corrientes eléctricas. Estos conceptos se conectan mediante un experimento de visualización de líneas de campo, utilizando el modelo de líneas de campo para explicar cómo el espacio es mediador de las interacciones observadas. De esta manera, se reconocen patrones generados por configuraciones de corriente, lo cual culmina en la formulación de la ley de Ampere.

Las dos últimas secciones de la red exploran la inducción electromagnética. En esta etapa, se observa un voltaje inducido en un experimento donde un dispositivo mide voltaje en una bobina sin conexión a una fuente, lo cual permite formular la ley de Faraday. Esta explicación se complementa con el concepto de flujo magnético: en un experimento, un LED conectado a un alambre cerrado se enciende sin estar conectado a una fuente de voltaje, lo que se explica mediante el modelo de flujo de campo magnético cambiante y las líneas de campo que atraviesan el área del conductor. Finalmente, se llega a la ley de Lenz, ilustrada con un experimento en el que la corriente inducida tiene un sentido específico, explicado mediante el modelo de flujo magnético y dándole sentido al experimento en el cual la aguja de un voltímetro se defleca en diferentes direcciones dependiendo del movimiento relativo entre la fuente de campo magnético y la bobina.

Imagen 3: Reconstrucción didáctica de estructuras para el fenómeno de inducción electromagnética.



Las reconstrucciones didácticas, tanto de procesos como de estructuras, funcionan como una herramienta para el profesor investigador. Estas permiten organizar y presentar el conocimiento que se va a enseñar y, en el caso de esta investigación, se espera que faciliten una organización clara y coherente en el diseño de actividades experimentales destinadas a enseñar el fenómeno de la inducción electromagnética a los estudiantes de grado once del Colegio Castilla IED.

Desde una perspectiva epistemológica, el uso de las reconstrucciones didácticas elaboradas reconoce la importancia de los modelos y los experimentos en la construcción del conocimiento científico. Los modelos simplifican y representan fenómenos complejos, mientras que los experimentos proporcionan evidencia empírica para establecer hechos observacionales (Hacking, 1983). Por lo tanto, enseñar sobre la inducción electromagnética mediante una combinación de experimentos y modelos contribuye a consolidar los conceptos de manera organizada y coherente.

En conclusión, se propone que una enseñanza del fenómeno de la inducción electromagnética integre tanto la reconstrucción didáctica de procesos como la de estructuras. Esto proporciona un marco coherente que ayuda a los profesores a enseñar el fenómeno desde una perspectiva tanto dinámica como estructural. La combinación de experimentos y modelos, fundamentada en las ideas de Koponen y Mäntylä, cultiva habilidades críticas esenciales en el estudio de la ciencia y se alinea con el modelo pedagógico adoptado por el Colegio Castilla IED.

5.2. El concepto de campo magnético como modelo de explicación de los fenómenos

De acuerdo con Giere (2004), sobre el uso de modelos para explicar la realidad, el campo magnético puede entenderse como un modelo explicativo, ya que permite una representación simplificada y estructurada muy útil para explicar fenómenos complejos. En la enseñanza de la física, los modelos de explicación facilitan la interpretación y el análisis de los fenómenos físicos en general y, específicamente en esta investigación, permiten comprender el fenómeno de la inducción electromagnética. Según Giere, los modelos científicos no son descripciones exactas de la realidad, sino herramientas cognitivas que ayudan a los científicos a interpretar y predecir fenómenos específicos (Giere, 2004). De este modo, la interpretación de los fenómenos electromagnéticos se logra a través del modelo de campo magnético representado mediante líneas de fuerza, lo cual facilita la comprensión de fenómenos electromagnéticos que no se perciben directamente en la experiencia sensible, como la inducción electromagnética.

Cuando se explican los fenómenos de interacción eléctrica y magnética a partir del modelo de campo, se produce un cambio de paradigma en la forma de interpretar estos fenómenos, tal como lo plantea Arons (1997). Pensar en las interacciones eléctricas entre dos cuerpos electrificados o en la interacción magnética entre imanes sin contacto directo implica asumir que las interacciones ocurren a distancia e instantáneamente. Arons señala que la idea de acción a distancia genera confusión en los estudiantes, ya que contradice la intuición cotidiana que asocia la interacción con el contacto directo. A partir de esta crítica, se destaca la importancia de introducir conceptos como el de campo para explicar estas interacciones de manera más intuitiva y concreta, haciendo que el medio en el cual ocurren sea más comprensible y tangible.

En este sentido, el campo magnético, tanto en la ciencia como en su enseñanza, funciona como un modelo explicativo, ya que permite representar las interacciones entre imanes y corrientes eléctricas mediante líneas de fuerza. De esta forma, se pueden explicar los fenómenos más allá de la relación directa entre los objetos. Representar el campo magnético a través de líneas de fuerza permite visualizar tanto la dirección como la magnitud de las acciones mecánicas, como lo son la atracción y la repulsión.

Podríamos considerar que la acción entre objetos no es instantánea. Aunque los cuerpos con propiedades eléctricas o magnéticas interactúan a distancia, al interpretar el modelo de campo mediante líneas de fuerza, se podría decir que la acción se propaga a través de estas líneas, actuando como un medio que transmite la acción entre un cuerpo y otro. Por lo tanto, la acción tomaría un tiempo en viajar de un cuerpo al otro.

Arons (1997) argumenta que enseñar los fenómenos a partir del modelo de campo, como los campos gravitacionales y magnéticos, es muy útil para comprender cómo se ejercen las fuerzas a través del espacio. Este enfoque en la enseñanza permite representar cómo un objeto genera un "campo" que actúa en su entorno y afecta a otros objetos dentro de esa región, eliminando la idea de que los cuerpos se "afectan" instantáneamente a distancia. Además, considera que el espacio adquiere propiedades al ser perturbado por cuerpos de alguna naturaleza.

Para Giere (2004), un modelo funciona cuando se organiza el conocimiento de manera que guíe la investigación científica y permita entender fenómenos complejos. El campo magnético, como modelo, cumple esta función porque facilita la enseñanza de fenómenos electromagnéticos, haciendo que los estudiantes formulen predicciones y dejen abierta la puerta a la exploración de nuevos fenómenos, contribuyendo a que el avance científico se realice de una forma estructurada y coherente (Giere, 2004).

“En los trabajos de Michael Faraday, las líneas de fuerza, tal como él las nombró, significan algo más que un mero dispositivo heurístico” (Arons, 1997, p. 231). Faraday creía firmemente en esta representación del espacio, donde las líneas llenaban todo el entorno y afectaban las propiedades físicas de los objetos. Describía estas líneas como bandas elásticas que se tensaban longitudinalmente y se repelían lateralmente (Arons, 1997). Esta concepción de las líneas de fuerza permitió establecer analogías entre el comportamiento del flujo de fluidos, el flujo de calor y las leyes de la elasticidad con la electrostática y el magnetismo. Como resultado, se pudieron desarrollar modelos matemáticos muy precisos que describían el espacio circundante a los objetos, basados en las representaciones del espacio propuestas por Faraday.

Las ideas intuitivas de Michael Faraday, junto con las analogías de científicos destacados como Lord Kelvin, llevaron a James Clerk Maxwell a convencerse de la naturaleza de las líneas de fuerza y a esquematizarlas mediante un modelo matemático que sintetizara y unificara los fenómenos eléctricos y magnéticos (Arons, 1997).

Las ideas de Michael Faraday sobre las líneas de fuerza permiten identificar que no solo las concibió como una forma de materializar el medio a través del cual se propagan las acciones eléctricas y magnéticas, representadas por un modelo cualitativo que facilita su visualización. Además, las consideró como una herramienta conceptual para entender y generalizar el comportamiento de los campos electromagnéticos. En palabras del propio Faraday:

Las líneas de fuerza magnética, como he decidido llamarlas, parecen representar no solo la disposición sino también la acción del magnetismo, siendo en sí mismas una expresión de las fuerzas magnéticas que actúan sobre cada partícula en las cercanías (Faraday, 1855, p. 161).

Por último, el modelo de explicación propuesto por Faraday no se limita a describir las acciones eléctricas y magnéticas a partir de la mediación del espacio que las conecta. También establece la relación entre la electricidad y el magnetismo para explicar fenómenos en los cuales la acción eléctrica es inducida por la acción magnética. En palabras de Faraday: "Las líneas de fuerza son el medio por el cual se comunica la acción magnética y, asimismo, por el cual se inducen las corrientes eléctricas" (Faraday, 1855, p. 184).

5.3. El experimento de Oersted y la enseñanza del electromagnetismo

El experimento realizado por Hans Christian Oersted en 1820 es considerado un punto crucial en la historia de la física, particularmente en el campo del electromagnetismo. A través de este experimento, Oersted descubrió que una corriente eléctrica produce efectos magnéticos

en el espacio alrededor de un conductor por el cual circula dicha corriente. Este descubrimiento fue crucial porque sentó las bases para unificar dos áreas de la física, la electricidad y el magnetismo, que hasta entonces se pensaba que no estaban relacionados. Así, Oersted introdujo un nuevo paradigma en la comprensión de la naturaleza y sus fenómenos. Como señala Berkson (1974), el hallazgo de Oersted sobre la relación entre electricidad y magnetismo dio pie a una nueva era en la física, conectando dos fenómenos aparentemente independientes. Según Berkson: "Oersted creía fielmente en la unidad de las fuerzas, pensaba que todas las fuerzas son simplemente manifestaciones de las fuerzas atractivas y repulsivas fundamentales" (Berkson, 1974, p 56)

Benjamin Franklin había demostrado experimentalmente que los rayos se comportaban como una corriente eléctrica. Antes de que se llevara a cabo el experimento crucial de Oersted, en 1813, este había propuesto la necesidad de comprobar la relación entre la electricidad y el magnetismo, ya que se sabía que, durante una tormenta, la dirección de las agujas magnéticas se veía afectada, y que esto podía ser debido a los rayos.

El montaje experimental de Oersted fue una configuración sencilla pero fundamental que reveló la conexión entre electricidad y magnetismo (Berkson, 1974). Según la descripción de Berkson, Oersted tomó un alambre conductor recto por el cual fluía una corriente eléctrica y lo ubicó paralelamente a una aguja magnetizada, como las de las brújulas, que apunta hacia el norte. Oersted observó que la aguja se desviaba, indicando que esta desviación era un efecto producido por la corriente eléctrica, la cual generaba la "fuerza" que provocaba el movimiento de la aguja.

La desviación de la aguja era tal que, debido al efecto de la corriente, esta quedaba ubicada perpendicularmente respecto al cable conductor, estando la aguja por debajo del mismo. Cuando la corriente pasaba de sur a norte, la aguja de la brújula se inclinaba hacia el oeste, mientras que apuntaba al este cuando se invertía el sentido de la corriente, es decir, cuando la corriente fluía de norte a sur. Oersted indicó que el cable adquiría una coloración incandescente al pasar la corriente. Para mejorar el experimento, cambió a un cable de mayor diámetro que mejorara el paso de la corriente. Demostró que, al utilizar un cable de menor resistencia, el efecto magnético sobre la aguja mejoraba, por lo tanto, al aumentar la corriente eléctrica también se incrementaba la desviación de la aguja. También indicó que al alejar el cable por encima de la aguja el efecto de desviación era menor.

Este hallazgo experimental mostró por primera vez que un campo magnético podía ser inducido por una corriente eléctrica, lo cual representó un descubrimiento revolucionario para la época. Aunque el concepto de "campo" aún no se había desarrollado como un modelo que pudiera explicar el fenómeno, el trabajo de Oersted inspiró a científicos como Michael Faraday y André-Marie Ampère a investigar y formalizar esta conexión. De esta manera, Oersted sentó las bases para el desarrollo del electromagnetismo como una disciplina unificada, lo que resultó fundamental para el progreso científico en los años siguientes (Berkson, 1974).

Como se mencionó en el apartado sobre el problema en la enseñanza de la física, los estudiantes a menudo no logran establecer una conexión entre los efectos eléctricos y magnéticos. En cambio, reconocen intuitivamente que las interacciones ocurren entre cuerpos de naturaleza eléctrica o magnética. En el desarrollo de esta investigación, la realización del experimento de Oersted en el aula se convierte en un elemento fundamental para la enseñanza del electromagnetismo. Este experimento permite a los estudiantes observar directamente los efectos de la electricidad sobre el magnetismo, facilitando la conexión entre ambos fenómenos.

Al manipular objetos como brújulas, cables y fuentes de voltaje, los estudiantes pueden experimentar de manera práctica la relación entre electricidad y magnetismo, haciendo que esta conexión sea más "tangible". Como señala Arons : "la enseñanza del electromagnetismo debe basarse en experiencias concretas que los estudiantes puedan relacionar con los conceptos abstractos" (Arons, 1997, p 158). Al involucrar a los estudiantes en la recreación del experimento de Oersted, se fomenta una comprensión significativa de los principios que rigen los fenómenos electromagnéticos (Arons, 1997).

Arons (1990) señala que, al reflexionar sobre el experimento de Oersted, es esencial que los estudiantes evidencien la naturaleza direccional del campo magnético generado alrededor de un conductor, lo cual se observa a través de las desviaciones en la aguja de una brújula. A través de este experimento, Arons sugiere que los docentes pueden guiar a los estudiantes en la conceptualización de los campos magnéticos, enfatizando su naturaleza direccional y las variables que influyen en su intensidad en diferentes puntos del espacio.

En este sentido, el experimento de Oersted en la enseñanza permite introducir el concepto de campo magnético generado por una fuente eléctrica, al mismo tiempo que invita a los estudiantes a considerar la propagación de la acción magnética en un campo, más allá de la simple interacción entre objetos, de tal forma que las explicaciones que dan los estudiantes a los fenómenos se alinean mejor con la teoría electromagnética propuesta por la comunidad científica.

5.4. Teoría y experimentación de Ampère

El descubrimiento de Hans Christian Oersted sobre la relación entre electricidad y magnetismo marcó un punto crucial en la historia de la física. Su importancia fue tal que, cuando sus hallazgos llegaron a la Academia Francesa en París, impactaron profundamente a una de las figuras más prominentes del electromagnetismo clásico: André Marie Ampère. Apenas una semana después de conocer el trabajo de Oersted, Ampère se embarcó en la demostración experimental de las interacciones entre cables conductores que transportan corriente, sentando las bases para la formulación teórica en la electrodinámica.

Para Ampère, el descubrimiento de Oersted fue sorprendente, ya que él, siguiendo la línea de pensamiento de Charles Agustín de Coulomb, consideraba que las interacciones se producían únicamente entre objetos de la misma naturaleza. En este sentido, Ampère asumía que la electricidad interactuaba con la electricidad y el magnetismo con el magnetismo, sin entremezclarse.

El trabajo de Ampère se centró entonces en desarrollar una teoría que explicara el experimento de Oersted desde una perspectiva newtoniana de acción a distancia, donde las interacciones se dan directamente entre cuerpos, sin necesidad de un medio en el cual se comunicara la acción. En palabras de Berkson: "Ampère fue pionero en la búsqueda de una teoría matemática precisa y simétrica para las interacciones electromagnéticas, aunque estaba firmemente anclado en la visión de acción a distancia" (Berkson, 1974, p 83). Esta interpretación lo alejó de la posterior teoría de campo desarrollada por Faraday y Maxwell, quienes propusieron una explicación basada en un medio a través del cual se propagaba la acción eléctrica y magnética; el campo.

Berkson (1974) describe cómo Ampère desarrolló una teoría sobre la interacción entre corrientes eléctricas, proponiendo que las corrientes generan fuerzas magnéticas cuya magnitud y dirección dependen de las características de dichas corrientes. Es interesante observar cómo Ampère llegó a concebir que el magnetismo no era una entidad separada de la electricidad, sino un aspecto intrínseco de ella. En este sentido, si el magnetismo de un imán se produce por corrientes circulares en su interior, estas corrientes pueden interactuar tanto con las corrientes de otros imanes como con aquellas generadas por una pila voltaica en un conductor.

Esta idea de Ampère sentó las bases para el desarrollo de la teoría electromagnética, en la que la electricidad y el magnetismo se consideran manifestaciones de un mismo fenómeno físico. Al concebir la interrelación entre estas dos fuerzas, Ampère logró establecer un marco teórico que permitió avances significativos en el entendimiento de las interacciones electromagnéticas, contribuyendo así a la evolución de la física (Berkson, 1974).

Es importante describir a grandes rasgos el trabajo experimental de Ampère, ya que desafía algunas de las nociones clásicas sobre la acción a distancia en las corrientes eléctricas estáticas Coulombianas. En su montaje experimental, Ampère colocó dos cables conductores paralelos que transportaban corriente eléctrica. Cuando las corrientes fluían en la misma dirección, los cables experimentaban una atracción mutua. En cambio, al invertir la dirección de la corriente en uno de los cables, se observaba una repulsión entre ellos. Esta experiencia indicaba cómo las interacciones entre corrientes podían explicarse adecuadamente a través de la tradicional perspectiva newtoniana de acción a distancia, que análogamente a los elementos de corriente, se centraba en la influencia de las masas (Berkson, 1974).

Para comprender el experimento de Oersted desde un marco newtoniano, Ampère intentó recrear dicho experimento, pero en lugar de utilizar una aguja imantada fija, optó por un cable móvil que podía rotar en un eje perpendicular a los cables. A medida que la corriente en los dos cables generaba repulsión (cuando fluían en direcciones opuestas), el cable móvil rotaba 180 grados hasta alcanzar una posición de atracción (cuando las corrientes fluían en la misma dirección).

Arons (1997), hace un análisis a las diferencias más significativas entre la acción a distancia en la electrostática y las interacciones observadas en los experimentos de Ampère. En la electrostática, la Ley de Coulomb establece que las cargas de diferente signo se atraen,

mientras que las cargas de igual signo se repelen. Esta idea se basa en que las fuerzas actúan instantáneamente a través del espacio, permitiendo que las cargas interactúen sin un medio en el cual se propague la acción eléctrica. En ese sentido, la acción a distancia parece simple y directa entre dos cargas, donde cada carga ejerce una fuerza sobre otra de manera inmediata.

Sin embargo, cuando se observan las interacciones entre corrientes eléctricas, como en los experimentos de Ampère, surgen diferencias significativas. Ampère demostró que cuando dos corrientes eléctricas fluyen en la misma dirección, se atraen, pero cuando fluyen en direcciones opuestas, se repelen. Esta observación introduce una complejidad adicional, ya que las corrientes no se comportan de manera análoga a las cargas estáticas. El problema está en que el experimento se desarrolló con baterías y electricidad, por lo cual Ampère tenía que proporcionar argumentos suficientes para mostrar que las interacciones no eran simplemente electrostáticas (Arons, 1997).

Arons (1997) señala que esta cuestión no es trivial y realiza un análisis de los tres argumentos planteados por Ampère. En primer lugar, indica que los efectos producidos por las corrientes estáticas son distintos de las atracciones y repulsiones entre corrientes dinámicas, ya que estas últimas cesan tan pronto como se abre el circuito, lo que implica que el efecto es dinámico y no estático. En segundo lugar, destaca la diferencia entre las interacciones de corrientes estáticas y dinámicas: en el caso de las corrientes estáticas, las cargas de diferente signo se atraen, mientras que las de igual signo se repelen; en contraste, en las corrientes dinámicas, se observa que las atracciones y repulsiones dependen de la dirección de las corrientes, es decir, corrientes de igual dirección se atraen y de diferente dirección se repelen.

Por último, al referirse al experimento del conductor móvil que rota 180° de la repulsión a la atracción, Arons señala que los dos conductores permanecerán unidos durante un tiempo, como si fueran dos imanes. En cambio, en el caso de las corrientes estáticas, cuando dos conductores electrificados con cargas opuestas hacen contacto, la atracción cesa de inmediato y se separan. A partir de estos tres argumentos, Ampère logra postular su teoría, marcando las diferencias entre los efectos que producen las corrientes estáticas y dinámicas en términos de atracciones y repulsiones. Aunque su postura se basa en la acción a distancia newtoniana, similar a la de Coulomb, la naturaleza de las interacciones es fundamentalmente diferente (Arons, 1997).

Berkson señala que “Ampère no solo se limitó a observar el fenómeno; su trabajo experimental le permitió formular una ley que describe las fuerzas magnéticas en función de la corriente, la distancia y la dirección” (Berkson, 1974, p. 92). El trabajo de Ampère resalta la importancia de la experimentación en la física como elemento fundamental en la construcción del conocimiento científico. Así, su labor representa un paso crucial en la transición hacia una comprensión más profunda y unificada de las interacciones electromagnéticas, sentando las bases para el desarrollo de la teoría electromagnética clásica.

Hacking (1983) indica que Ampère no se limitó solo a observar la naturaleza, él se metió en ella para descubrir las leyes que la rigen (experimento), creando así una forma de entender los fenómenos electromagnéticos, alineándose así con figuras destacadas como Oersted y

Faraday. El trabajo experimental de Ampère refleja la idea de Kant de que el conocimiento surge de la experiencia, pero también de cómo el científico organiza lo que observa en su mente. Como menciona Kant (2014), "el conocimiento no es un mero reflejo de la realidad, sino un proceso en el cual la mente organiza y estructura la información recibida a través de la experiencia". Gracias a sus experimentos, Ampère pudo formalizar la Ley que lleva su nombre, mostrando cómo las corrientes eléctricas interactúan entre sí y sentando las bases de lo que hoy conocemos como electrodinámica.

5.5. El problema de Faraday sobre el fenómeno inductivo

Michael Faraday realizó un trabajo primordialmente experimental, impulsado por una visión de la naturaleza que iba más allá de la observación. Berkson (1974) describe cómo Faraday poseía una "concepción metafísica de la naturaleza", una perspectiva que guiaba su investigación experimental al permitirle formular teorías explicativas para los fenómenos físicos y, a su vez, diseñar experimentos específicos para contrastarlas. Faraday estaba particularmente interesado en la corriente eléctrica y la carga, y desarrolló teorías detalladas para estudiarlas, lo que lo llevó a realizar experimentos que sentaron las bases de la inducción electromagnética.

Aunque Faraday mostró una extraordinaria creatividad y capacidad de observación, carecía de la formación matemática necesaria para formalizar sus teorías. Como señala Arons (1997), "Faraday podía visualizar el flujo de líneas de fuerza, pero la descripción matemática de esos fenómenos le resultaba inaccesible". Esta limitación llevó a que sus teorías fueran consideradas en su tiempo como complejas y, en ocasiones, ambiguas. Sin embargo, sus ideas conceptuales, basadas en la intuición y la experimentación rigurosa, establecieron una nueva forma de entender la electricidad y el magnetismo.

La formalización del trabajo teórico-experimental de Faraday llegó años después, cuando James Clerk Maxwell formuló la teoría matemática del campo electromagnético. Maxwell logró consolidar las intuiciones experimentales de Faraday y permitió sustentarla desde las matemáticas, lo cual permitía expresar la teoría de Faraday de manera precisa, transformando las representaciones de las "líneas de fuerza" y los "campos de fuerza" de Faraday en modelos matemáticos generales del electromagnetismo clásico. Como expresó el propio Faraday en sus escritos, "la inducción no es simplemente una transmisión de fuerza sino una acción del campo mismo", una intuición que Maxwell transformaría en una formulación matemática concreta.

El problema de la inducción electromagnética no era algo nuevo para Faraday, quien estaba al tanto de las investigaciones de Fresnel sobre el fenómeno inductivo. Partiendo del descubrimiento de Oersted, Faraday razonó que, si la electricidad podía transformarse en magnetismo, como lo demostraba el desvío de la aguja imantada en presencia de corriente eléctrica, entonces podría existir un proceso inverso: el magnetismo podría transformarse en electricidad (Berkson, 1974). Faraday reforzó su convicción en la existencia de este efecto al observar que una pieza de hierro, como un tornillo, se imantaba cuando se acercaba a un conductor con corriente. Este fenómeno lo llevó a considerar la explicación de Ampère sobre

el magnetismo como una manifestación de la electricidad: Ampère había propuesto que el magnetismo se debía a corrientes eléctricas circulares internas en los imanes, de modo que en el hierro imantado podría, en principio, haberse inducido dichas corrientes (Faraday, 1832). También consideró las ideas de François Arago sobre el estudio de los electroimanes, en donde indica que al acercar una barra de acero a un conductor por el cual pasa una corriente, se inducirá corriente en la barra de acero.

En 1825, Faraday emprendió la tarea de diseñar un experimento que pudiera demostrar el fenómeno inductivo, partiendo de sus propias concepciones metafísicas y anti-newtonianas, teniendo como objetivo explicar cómo el magnetismo podía influir en la electricidad. Faraday pensaba que, si se colocaba un cable conductor en una región de campo magnético, este debería encontrarse en un estado particular que él denominaba de “alteración”, pues consideraba que la corriente eléctrica surgía de vibraciones de distintos grados de tensión en el conductor (Berkson, 1974). Berkson describe el razonamiento de Faraday sobre la inducción, el cual era que, si se producía una variación en la intensidad del campo magnético sobre el cable, esto generaría un cambio en la tensión de este, afectando la intensidad de las vibraciones que atravesaban el conductor. En ese sentido, si se produce un aumento en la fuerza magnética sobre el cable conductor, la vibración se constreñirá y se producirá una disminución en la corriente (Berkson, 1974).

5.6. Experimentos que llevaron a Faraday a encontrar la inducción electromagnética

Faraday pensaba que, si una corriente eléctrica producida por una pila voltaica lograba tener influencia sobre un imán que estuviera en sus cercanías, haciendo que sus polos sean reorientados por el movimiento, se debía producir una reacción sobre dicha corriente de tal forma que se lograra observar algún efecto en ella, esto se debe a que Faraday creía fielmente en la conservación de las fuerzas (Berkson, 1974).

El primer experimento con el cual esperaba observar la influencia del magnetismo en la electricidad consistió en tomar cables de distintas formas (rectos, espirales, helicoidales, etc), y dispuso algunos imanes cerca a los cables. Sin embargo, es este experimento no lo pudo suscitar ningún efecto, ya que los imanes estaban quietos, y para poder inducir corriente en el cable debía mover rápidamente los imanes cerca del cable.

A pesar de no obtener resultados que evidenciaran el fenómeno de la inducción, Faraday continuaba convencido de que el magnetismo podía transformarse en electricidad, basándose en el trabajo experimental de François Arago de 1824. Arago había intentado demostrar que no solo algunos materiales poseen propiedades magnéticas. En uno de sus experimentos, suspendió una aguja imantada sobre un disco de cobre giratorio y observó que, al hacer girar el disco, la aguja imantada también se movía. Posteriormente, repitió el experimento, pero esta vez utilizando un imán que giraba en los extremos del disco de cobre, y notó que, al rotar el imán, el disco también comenzaba a girar.

Berkson (1974) describe este descubrimiento como un desafío a la teoría de Ampère, que no podía explicar por qué el disco perdía sus propiedades magnéticas al dejar de girar. Esto cuestionaba la idea de las corrientes circulares internas permanentes. Sin embargo, los

experimentos de Arago respaldaban la visión de Faraday de que los cuerpos cercanos a un imán o a un cable conductor debían estar en un estado específico. Esto sugería que la acción magnética no era simplemente un aspecto de la electricidad, como proponía Ampère, sino que la inducción eléctrica era el resultado de la inducción magnética. En este sentido, los experimentos de Arago dependían de la inducción eléctrica que se producía en el disco, a partir de la influencia magnética del imán.

Viciado por las ideas surgidas del experimento de Arago, Faraday realizó una serie de experimentos en busca de efectos inductivos. Primero, reprodujo el experimento del disco de cobre giratorio, pero esta vez colocó polos eléctricos (positivo y negativo) en sus extremos. Sin embargo, al girar el disco de cobre, no observó ningún efecto de los polos, ya que estos no rotaron junto con el disco.

Luego, Faraday intentó determinar si la corriente eléctrica que circulaba por un cable podía inducir algún efecto en otro cable cercano, que no llevaba corriente, pero estaba conectado a un galvanómetro. En este experimento, tampoco pudo evidenciar ningún efecto en el cable del galvanómetro, a pesar de intentar diversas configuraciones, como cambiar la posición relativa entre los cables y enrollar el cable con corriente alrededor del cable del galvanómetro, y viceversa.

Los resultados insatisfactorios de estos trabajos experimentales se vieron influenciados por la falta de instrumentación más sensible para las mediciones y por el orden de las conexiones en los circuitos. Tal vez, si hubiera conectado inicialmente el cable del galvanómetro y luego cerrara el circuito del cable con corriente, podría haber observado momentáneamente una pequeña lectura en el galvanómetro (Berkson, 1974).

En 1831, Faraday descubrió que los electroimanes potentes tienen la capacidad de invertir su polaridad casi instantáneamente. Este hallazgo le llevó a considerar nuevas posibilidades que fueron fundamentales para diseñar los experimentos en los que logró observar el efecto inductivo. Para Faraday, un cable situado en una región de campo magnético adquiriría propiedades específicas. Pensó que, si se producía una variación significativa en la fuerza magnética sobre un cable, como la que generaba un electroimán, esto daría lugar a un cambio en el estado de tensión del cable, lo que Faraday concebía como corriente (Berkson, 1974).

En este sentido, Faraday construyó un electroimán muy potente para llevar a cabo el experimento en el que observó por primera vez un efecto inductivo. La idea era que el electroimán pudiera inducir corriente en un circuito cercano en el momento de imantarlo bruscamente (Berkson, 1974). En su experimento, Faraday tomó un anillo de hierro grueso y lo seccionó en dos mitades. El montaje experimental se representa en la imagen 4. En una de las mitades, enrolló un cable que conectó a una batería, y en la otra mitad también enrolló un cable, pero lo conectó a las terminales de un galvanómetro. Cuando se cerraba el circuito, el anillo se imantaba.

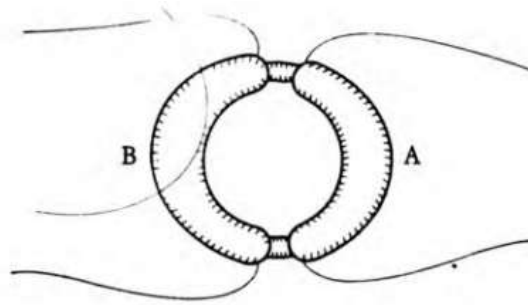


Imagen 4: Montaje experimental de Faraday con el cual observo el efecto inductivo.

Nota: Tomada de *Las teorías de los campos de fuerza: Desde Faraday hasta Einstein*, por W. Berkson, 1974, Alianza Universidad.

Es importante destacar que, en este experimento, Faraday logró aumentar la intensidad del efecto de imantación al utilizar un núcleo de hierro en el embobinado del cable. Al potenciar el efecto, al cerrar el circuito se podía observar una pequeña medida de corriente en el galvanómetro; de igual manera, al abrir el circuito, se registraba un efecto en el galvanómetro.

Con este experimento, Faraday logró realizar un proceso inverso al de Oersted, al transformar el magnetismo en electricidad. En el experimento se reflejaba su idea de que un cable adquiere propiedades especiales cuando se encuentra en una región de campo magnético, lo que él denominó “estado electrotónico” (Berkson, 1974). Así, formuló una teoría según la cual una variación en el estado electrotónico generaría una corriente eléctrica en el cable.

En los experimentos posteriores que llevó a cabo para contrastar su teoría, Faraday hizo observaciones sobre la dirección de la corriente inducida. Por ejemplo, cuando enrollaba dos cables helicoidalmente, conectando uno a una batería y el otro a un galvanómetro, notó que, al cerrar el circuito, la corriente inducida tenía la misma dirección que la del cable conectado a la batería; mientras que, al abrir el circuito, la corriente inducida se generaba en dirección opuesta. También realizó un experimento en el que enrolló un cable en forma de hélice y lo conectó a un galvanómetro. Al mover un imán dentro de la hélice, observó que, al introducir el imán, se inducía una corriente eléctrica en una dirección, y al retirarlo rápidamente, la corriente inducida se generaba en la dirección opuesta.

5.7. Faraday y su concepción de un medio comunicante de la acción

Las explicaciones e interpretaciones de Michael Faraday sobre los fenómenos que experimentaba solían expresarse en términos geométricos y físicos (Arons, 1997). Sus trabajos experimentales buscaban alejarse de la idea newtoniana de acción a distancia, ya que gran parte de su esfuerzo se centraba en explicar cómo se comunicaban las acciones eléctrica y magnética en el espacio, intentando concebir un medio físico que actuara como mediador en esa comunicación. Faraday creía profundamente en esta idea y la representaba mediante líneas de fuerza, las cuales analizaba a partir de los patrones formados por las limaduras de hierro esparcidas alrededor de un imán o de un cable con corriente. Así, Faraday concebía los

fenómenos más allá de los objetos individuales, reflexionando sobre la configuración del espacio que los rodeaba.

Faraday llamaba a estas representaciones “curvas magnéticas” y las describía como líneas de fuerza que se organizaban a partir de los polos magnéticos. Las representaba mediante los patrones formados por las limaduras de hierro y las definía como aquellas líneas a las que una aguja magnética se alinea tangencialmente. Posteriormente, amplió esta representación para describir las interacciones eléctricas a través de líneas de fuerza eléctricas. Faraday, era crítico de la idea de acción a distancia y no creía que las curvas de las líneas se pudieran explicar desde tal idea, enfatizando por ejemplo en las líneas que rodean el espacio de un conductor por el cual pasa corriente eléctrica. Por el contrario, pensaba que el espacio intermedio influía de alguna manera en las interacciones. Entre las características que atribuía a estas representaciones estaba el hecho de que no eran completamente rectas y que conectaban tanto los polos magnéticos como los eléctricos (Arons, 1997).

Uno de los argumentos que Faraday sostenía para defender la influencia de un medio era que, al colocar un material dieléctrico entre las placas paralelas de un condensador cargado, la carga almacenada era diferente a cuando no había ningún material (Arons, 1997). De este modo, la interacción entre las placas cargadas se veía afectada por el medio que las comunicaba y no dependía únicamente de las propiedades eléctricas exhibidas por las placas.

Como plantea Arons (1997), la idea de un medio comunicante generaba varias inquietudes en Michael Faraday. La más crucial de estas preguntas era si la acción requería de un intervalo de tiempo finito para propagarse y generar algún efecto. Por ejemplo, Faraday se preguntaba si, en caso de que la cantidad de carga en un cuerpo electrificado cambiara abruptamente, transcurriría un intervalo de tiempo antes de que se produjera un cambio en la fuerza eléctrica que actúa sobre otro cuerpo cercano. Si esto fuera cierto, implicaría que la acción se transmite a través de un medio, saliendo de un cuerpo y tomando un tiempo finito en llegar al otro.

Faraday no pudo comprobar estas cuestiones experimentalmente, ya que no disponía de los instrumentos necesarios para detectarlo en el laboratorio de su época. Sin embargo, consideraba que este efecto podría darse a una velocidad comparable a la de la luz. Aunque no logró demostrarlo, estas reflexiones le proporcionaron una motivación adicional para criticar la idea de acción a distancia, defendida en la física newtoniana.

John Tyndall, en su biografía de Michael Faraday publicada en 1868, subraya la importancia que Faraday atribuía a las líneas de fuerza o a un medio etéreo en su concepción metafísica de la electricidad y el magnetismo. Arons cita un fragmento de Tyndall en su libro, donde describe el interés de Faraday en esta cuestión:

Durante el ocaso de su vida, se dedicó a meditar sobre los medios magnéticos y las líneas de fuerza, y el gran objetivo de la última investigación que emprendió fue la solución de la cuestión de si la fuerza magnética requiere de tiempo para propagarse. Nunca sabremos cómo proponía abordar este tema. Pero dejó tras de sí algunos aparatos hermosos: delicadas ruedas y piñones, y espejos asociados, que se habrían empleado en la investigación” (Arons, 1997, p. 230).

Este interés final de Faraday reflejaba su convicción de que las fuerzas eléctricas y magnéticas se propagaban a través de un medio, en lugar de actuar instantáneamente a distancia.

5.8. Líneas de fuerza magnética en la explicación del fenómeno de inducción

Faraday había evidenciado experimentalmente el efecto inductivo y lo explicó mediante su teoría del estado electrotónico. Esta teoría sostenía que, cuando un cable conductor se encuentra en una región de campo magnético, adquiere un "estado electrotónico", una condición especial en la que el conductor se ve influido por el campo. Según Faraday, este estado electrotónico podía transformarse en una corriente eléctrica si el campo magnético alrededor del conductor variaba rápidamente.

Aunque el concepto de campo aún no se había desarrollado formalmente, la idea de que el espacio alrededor de los conductores y los imanes no es pasivo, sino que participa en la comunicación de la fuerza magnética, resultó crucial para que Faraday concibiera el proceso dinámico de interacción entre el espacio y los cuerpos en el fenómeno de inducción electromagnética (Berkson, 1974).

Faraday consideró que la teoría del estado electrotónico no era adecuada para explicar los efectos observados en el cable. En su experimento con el disco de cobre giratorio, se dio cuenta de que la corriente generada no dependía únicamente de las partes del disco que pasaban por regiones de diferente intensidad magnética. Se planteó la cuestión de si era necesario que las secciones del disco cortaran líneas de fuerza magnética de distinta intensidad para inducir corriente, o si, al atravesar siempre líneas magnéticas de la misma intensidad, el mero movimiento del disco sería suficiente para generar electricidad (Berkson, 1974).

Esta cuestión indicaba que, al mantener constante la intensidad de las curvas magnéticas cortadas por el disco, también se podía inducir corriente eléctrica. Por lo tanto, el estado electrotónico del disco no cambiaría, ya que no se producía una variación en la fuerza magnética que actuaba sobre él. Aunque el disco adquiriría propiedades específicas al estar en la zona del campo, Faraday, en un primer momento, planteó que el cambio en el estado de tensión de un cable (es decir, la corriente) solo ocurría si existía un cambio abrupto en la fuerza magnética.

Michael Faraday abordó esta cuestión realizando el experimento de inducción unipolar, en el que introdujo formalmente el modelo de líneas de fuerza en sus explicaciones (Berkson, 1974). El montaje experimental consistió en fijar un disco de cobre al extremo de uno de los polos de un imán de barra, de manera que el disco y el imán pudieran girar juntos alrededor del eje del imán. Faraday conectó dos cables al disco de cobre: uno en el centro y otro en el extremo del disco, que se unieron a las terminales de un galvanómetro. El esquema del montaje experimental se ilustra en la imagen 5, donde se evidencia que la fuerza magnética del imán cilíndrico sobre el disco es simétrica. Si consideramos un plano perpendicular al eje del imán, la fuerza magnética será la misma en todos los puntos del imán ya que, al rotar el

conjunto respecto al eje, ningún punto experimenta cambios en la fuerza. Incluso si solo rotara el disco de cobre, la fuerza magnética seguiría estando constante.

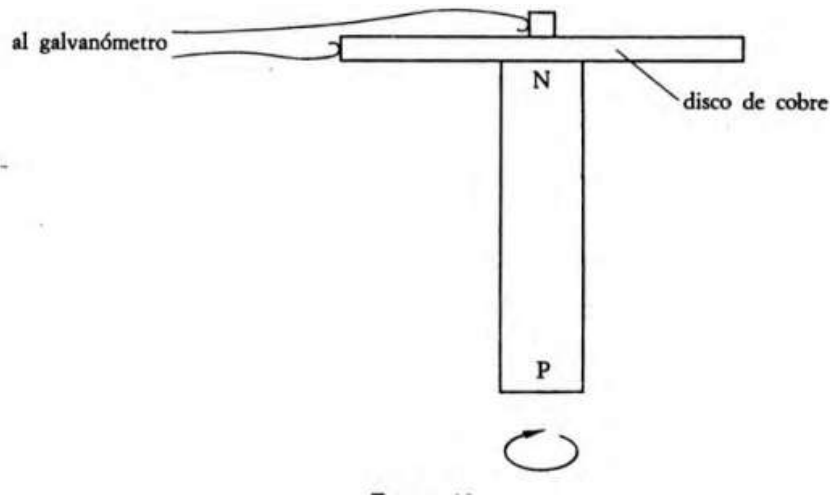


Imagen 5: Montaje experimental del experimento de inducción unipolar.

Nota: Tomada de *Las teorías de los campos de fuerza: Desde Faraday hasta Einstein*, por W. Berkson, 1974, Alianza Universidad. P. 96

El experimento mostró que, cuando el imán y el disco rotaban conjuntamente, se producía una corriente continua en el disco. Este resultado era el mismo que había obtenido en el experimento anterior, en el que solo rotaba el disco mientras el imán permanecía fijo. En esta ocasión, Faraday indicó que el magnetismo era independiente del imán sobre el cual reposaba el disco (Berkson, 1974).

Este experimento permitió a Faraday reconsiderar su explicación del fenómeno inductivo, que inicialmente atribuía únicamente a la variación de la fuerza magnética sobre el disco de cobre. Según su interpretación original, esta variación generaba un cambio en el estado electrotónico del disco, lo que resultaba en la producción de corriente. Sin embargo, con este nuevo experimento, Faraday se dio cuenta de que el movimiento dentro de un área de fuerza magnética constante podría ser la causa de la inducción (Berkson, 1974).

En este sentido, para que se produjera un efecto inductivo, el disco de cobre debía cortar las líneas de fuerza. Esto significa que el disco, al moverse, era intersectado por las líneas de fuerza en toda su área, siendo atravesado por un número variable de líneas de fuerza. La implementación del modelo de líneas de fuerza en sus explicaciones le permitió a Faraday comprender los efectos inductivos que su teoría inicial del estado electrotónico no lograba explicar.

Faraday consideró explicar el fenómeno inductivo en casos estacionarios a partir de las líneas de fuerza. Por ejemplo, si se tienen dos cables y uno induce corriente en el otro debido a un aumento en la corriente del cable inductor, se puede entender que las líneas magnéticas son las que se mueven y cortan el cable sobre el cual se induce la corriente. El movimiento de las

líneas de fuerza comienza en el cable inductor en el momento en que comienza a fluir corriente por él y termina cuando llegan al cable en el que se induce la corriente, alcanzando así la máxima fuerza magnética. En ese orden de ideas, se puede decir que la acción a distancia no puede explicar el fenómeno de la inducción. Además, se cuestiona esta idea al señalar que el efecto no se produce instantáneamente, sino que requiere un tiempo para que la acción se propague.

Como lo señala Arons (1997), en el caso de una bobina de alambre de cobre en la que una de sus partes se mueve de tal manera que corta las líneas de fuerza magnética, el mero movimiento no es suficiente para justificar el proceso de inducción de corriente eléctrica. Esta observación sugiere la existencia de un estado o condición especial alrededor del cuerpo con propiedades magnéticas, una cualidad del espacio intermedio entre dicho cuerpo y la bobina, que participa en la transmisión de la influencia magnética hacia el conductor. Faraday interpretó este espacio como un medio activo, al que atribuyó un papel esencial en la propagación de las fuerzas, lo cual cuestiona las ideas de acción a distancia instantánea e indica cómo la teoría de las líneas de fuerza se complementa con la teoría del estado electrotónico para la inducción (Arons, 1997).

El trabajo experimental de Michael Faraday y la introducción del modelo de líneas de fuerza fueron fundamentales para la comprensión del fenómeno inductivo, al mostrar que el espacio alrededor de los conductores y los imanes actúa activamente en la transmisión de fuerzas. La teoría del estado electrotónico, junto con el modelo de líneas de fuerza, permitió a Faraday explicar cómo la interacción entre el campo magnético y el movimiento del conductor genera corriente, marcando una clara diferencia respecto a la idea de acción a distancia instantánea de Newton. Esta nueva concepción sentó las bases para el desarrollo de la teoría del campo electromagnético, al abrir paso a una nueva forma de ver la naturaleza: la del campo de fuerza.

6. Secuencia de enseñanza

6.1. Descripción de la secuencia de enseñanza

Esta secuencia tiene como objetivo que los estudiantes comprendan el fenómeno de inducción electromagnética a través de actividades experimentales. Las actividades propuestas se orientan a partir de preguntas, diseñadas para ayudar a los estudiantes a comprender las relaciones entre electricidad y magnetismo, particularmente, la ley de inducción electromagnética. La secuencia de enseñanza se organiza en cinco 5 sesiones, las cuales son posteriores al diagnóstico de ideas previas de los estudiantes frente a los fenómenos electromagnéticos. Para cada sesión se proponen unas ideas clave a trabajar, así como el objetivo general de cada sesión.

En la primera sesión, los estudiantes construyen un electroscoPIO con el cual observarán el efecto de repulsión eléctrica entre dos materiales que adquieren el mismo tipo de carga al ser

electrificados por el método de inducción. Esta actividad les permitirá clasificar los materiales como conductores o dieléctricos, según el efecto que producen en el electroscopio. También notarán el electroscopio se descarga cuando hacen contacto con él, lo cual indica que la carga se comunica entre dos cuerpos de naturaleza conductora que hacen contacto.

Además, los estudiantes reconocerán que los materiales dieléctricos, al ser frotados, pueden ejercer interacciones eléctricas de atracción sobre pequeños cuerpos cercanos. Sin embargo, cuando estos materiales no son frotados, no adquieren propiedades eléctricas. Por otro lado, observarán que los materiales conductores no pueden ser electrificados por fricción. Esto les permitirá consolidar las ideas sobre interacciones electrostáticas de repulsión y establecer diferencias entre las propiedades de conducción eléctrica de los materiales, según el efecto observado en el electroscopio y en los cuerpos cercanos producido por los objetos electrificados. Esta actividad inicial abarca la electrificación de los materiales por el método de fricción, conducción e inducción, construyendo así la idea de acción a distancia electrostática y su dependencia con la distancia.

En la segunda sesión, se inicia el estudio de la corriente eléctrica y su relación con el voltaje y la resistencia. Para esta actividad, se utiliza un simulador virtual que permite a los estudiantes analizar el comportamiento de un circuito resistivo de corriente directa. Mediante las mediciones realizadas en el simulador, los estudiantes construyen gráficos que representan la relación entre corriente, voltaje y resistencia. Esta actividad permite que los estudiantes establezcan la dependencia que tiene la corriente eléctrica del voltaje, la resistencia que tiene el paso de corriente eléctrica en un material y los efectos que produce en la resistencia tanto en el material como en el paso de corriente eléctrica. Adicionalmente, esta actividad se pueden completar (o vincular) con una reflexión sobre algunas situaciones de la vida cotidiana en las que intervienen fenómenos eléctricos y explicar estos fenómenos a partir de la conservación de la energía en los componentes del circuito eléctrico.

En la tercera sesión, se exploran los conceptos de campo eléctrico y campo magnético a través de simulaciones y actividades experimentales diseñadas para visualizar las líneas de campo para cargas puntuales y las líneas de campo producidas por imanes. Para el campo eléctrico de cargas puntuales, se utiliza un simulador virtual en el cual los estudiantes pueden observar la representación de las líneas de fuerza para monopolos y dipolos eléctricos. Esto les permite explicar las interacciones eléctricas considerando la configuración del espacio que conecta o separa las cargas. En cuanto al magnetismo, se propone primero una actividad experimental con imanes, donde los estudiantes evidencian las interacciones entre los polos y relacionan la intensidad de la fuerza magnética con la distancia que los separa. Luego, realizan actividades en las que visualizan las líneas de fuerza magnética para diferentes configuraciones de imanes, mostrando una nueva forma de explicar los efectos magnéticos a partir de la configuración del campo. La actividad concluye con la construcción de un electroimán. Aquí, los estudiantes observan que no solo los imanes son fuentes de magnetismo, al notar que el electroimán atrae pequeños objetos y los magnetiza temporalmente. Al acercar limaduras de hierro al electroimán, los estudiantes pueden evidenciar que los patrones formados no son de naturaleza eléctrica, sino magnética.

En la cuarta sesión, los estudiantes realizarán actividades experimentales en las cuales se presenta el vínculo entre electricidad y magnetismo. La primera actividad consiste en realizar el experimento de Oersted, donde observarán cómo la aguja de una brújula cambia de dirección en presencia de una corriente eléctrica cercana. Se espera que los estudiantes comprendan que este efecto no es solo una interacción mecánica entre objetos, sino una interacción debido al campo magnético. A continuación, los estudiantes llevarán a cabo un experimento en el que visualizarán los patrones que forman las limaduras de hierro alrededor de un cable recto por el que circula corriente. Esto les permitirá relacionar la circulación del campo magnético alrededor del conductor con la dirección de la corriente, y servirá como introducción a la actividad sobre la regla de la mano derecha. Luego, explorarán cómo cambia el flujo de campo magnético que atraviesa una espira conductora. Para ello, utilizarán un simulador en el que observarán que, al aumentar el área de la espira, el número de líneas de fuerza que lo atraviesan también aumenta, así como la intensidad del flujo cuando el campo magnético es más intenso. Finalmente, se propone una actividad en la que los estudiantes experimentarán con dos bobinas, una conectada a un galvanómetro y la otra a una fuente de voltaje. Al mover una bobina en relación con la otra, se induce un voltaje en la bobina conectada al galvanómetro. Sin embargo, al mantener ambas bobinas en reposo, no ocurre ningún efecto. De esta forma se mostrará a los estudiantes el proceso dinámico en el cual ocurre el fenómeno de inducción electromagnética a partir de la variación del flujo de campo magnético.

En la quinta sesión, los estudiantes realizarán una práctica experimental en la que evidenciarán que es posible encender un bombillo sin una fuente directa de voltaje y a través del magnetismo se puede producir electricidad. La actividad consiste en construir un transformador: la interrupción continua de la corriente en la bobina emisora produce un campo magnético que varía en el tiempo, y al acercar una bobina receptora conectada a un LED, este se enciende. La actividad busca que, a partir del campo magnético generado por la bobina emisora y el flujo de campo magnético cambiante a través de la bobina receptora, los estudiantes puedan explicar el fenómeno de inducción electromagnética que produce los efectos observados.

Los fenómenos electromagnéticos abordados en estas actividades experimentales son adecuados para estudiantes que se acercan por primera vez al tema, ya que son fáciles de manipular y presentan retos motivadores. Aunque los montajes experimentales pueden ser relativamente sencillos y fáciles de seguir, es importante que los estudiantes presten atención a los detalles para comprender los fenómenos naturales involucrados, lo cual les permitirá mejorar su comprensión de la electricidad y el magnetismo en general, y de la inducción electromagnética en particular. Para superar las posibles dificultades, se sugiere que los estudiantes formulen predicciones, experimenten, elaboren representaciones, discutan sus predicciones y trabajen en equipo para comunicar de diferentes maneras los resultados de sus investigaciones.

6.2. Sesión 1: Carga eléctrica y electrificación

La primera sesión propone como objetivo de aprendizaje: Comprender los principios fundamentales de la electrificación y las interacciones electrostáticas para el análisis de las propiedades de conducción eléctrica de distintos materiales y la acción a distancia electrostática.

Las ideas clave a trabajar en las actividades experimentales propuestas son:

- Dos cuerpos con mismo tipo de electrificación se repelen.
- Dos cuerpos con diferente tipo de electrificación se atraen.
- La intensidad de la atracción o repulsión entre cuerpos electrificados es mayor a menor distancia entre ellos y menor a mayor distancia.
- Los materiales aislantes se electrifican por fricción, los conductores por inducción y conducción.

La secuencia didáctica inicia explorando las ideas previas de estudiantes para determinar qué saben y qué no saben con respecto a la temática a trabajar. Esta exploración corresponde a la evaluación diagnóstica que permite identificar el lugar de donde se puede partir para la construcción de nuevo conocimiento. Esta evaluación se realiza por medio de actividades escritas de análisis a situaciones contextualizadas en donde se evidencia la electrificación de materiales, efectos eléctricos como chispas y situaciones problema de interacciones eléctricas (Ver anexo 1). Esta evaluación diagnóstica permite establecer un punto inicial, adecuar las actividades a los estudiantes y evidenciar el desarrollo de competencias durante la secuencia didáctica.

Materiales: Para esta actividad se necesita un frasco de vidrio con tapa plástica, un corcho, 30 cm de alambre de cobre o alambre fino, 1 hoja de papel aluminio, 1 hoja de papel, silicona, 2 globos, regla de plástico, regla metalizada y lana.

Desarrollo propuesto

Pida a los estudiantes que tomen una hoja de papel y la rasguen en trozos pequeños. Una vez tengan los pedazos, indíqueles que acerquen primero una regla de plástico, luego un globo inflado y, por último, una hoja de papel aluminio a los pedacitos de papel. Los estudiantes observarán que no ocurre ningún efecto visible en los papeles con estos materiales.

Luego, pídale que hagan algunas predicciones sobre lo que sucederá si frotan la regla de plástico con el cabello. A continuación, invítelos a realizar el experimento para comprobar sus predicciones. Los estudiantes notarán que los papeles son atraídos hacia la regla frotada. Ahora, pídale que predigan el efecto en los papeles al acercar un globo previamente frotado con el cabello y que lleven a cabo el experimento para verificarlo. Observarán que, al frotar el globo o la regla con el cabello, estos adquieren la capacidad de atraer los papeles.

Pregúnteles ahora si creen que el mismo efecto ocurriría si frotaran el globo o la regla de plástico con una prenda de lana, y pídale que prueben sus predicciones. Los estudiantes verán que los papeles siguen siendo atraídos hacia los cuerpos que han sido frotados.

Pregunte si creen que este efecto ocurrirá con cualquier material que se frote con lana o con el cabello. Pídale que tomen una hoja de papel aluminio, que la froten primero con el cabello y luego con la lana, y que la acerquen a los papeles. Notarán que no ocurre ningún efecto sobre los papelitos. Indíqueles que repitan el experimento, pero ahora con una regla metálica. Nuevamente, no observarán ningún efecto en los papeles.

Pregunte a los estudiantes: "¿Qué tienen en común el papel aluminio y la regla para que no atraigan los papeles luego de ser frotados?" y "¿Qué diferencia existe entre los materiales que atraen los papeles y los que no lo hacen?". Finalmente, invite a los estudiantes a explicar por qué se producen estos efectos en los papeles.

En el segundo procedimiento pídale a los estudiantes que construyan el montaje experimental del electroscopio. Para esto van a usar el frasco de vidrio, el alambre de cobre, dos láminas pequeñas de papel aluminio, el corcho y la silicona. El montaje experimental se muestra en la imagen 5, muéstrelas el esquema a los estudiantes con el fin de guiar la construcción. Es importante que acompañe este procedimiento con el fin solucionar dudas y evitar accidentes con los materiales. Sugiera que el orificio por el cual pasa el cable en el corcho y en la tapa del frasco lo hagan con la punta de la pistola de silicona, absténgase de que usen materiales con filos.

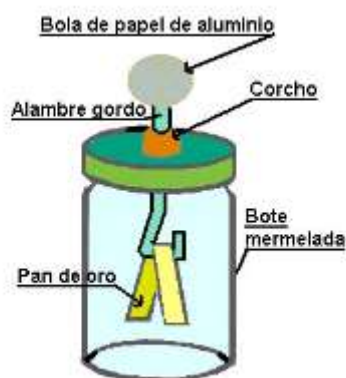


Imagen 5: Diagrama de un electroscopio (Estaticascug, s.f.).

Tomado de: <https://estaticascug.wordpress.com/electroscopio/>

Una vez que los estudiantes hayan construido el electroscopio, pídale que acerquen nuevamente los materiales utilizados previamente (el globo, las reglas y el papel aluminio) y observen si se presenta algún efecto en el electroscopio. Es probable que los estudiantes intuyan que, para observar algún efecto, deberán frotar los materiales con el cabello o con una prenda de lana. Indíqueles que froten el globo y lo acerquen al electroscopio, y luego repitan el proceso con la regla de plástico. Los estudiantes observarán que las láminas de papel aluminio del electroscopio se separan debido a la acción de los cuerpos que se están acercando, y que este efecto solo ocurre cuando los cuerpos han sido frotados. A continuación, pídale que tomen el otro globo, lo froten con el cabello y acerquen ambos globos sin que se toquen. Los estudiantes notarán que los globos tienden a separarse, lo que indica que ambos se electrificaron de la misma

manera. Invítelos a reflexionar sobre las siguientes preguntas: ¿Por qué creen que se separan las láminas de aluminio y los globos? ¿Los efectos observados ocurren con contacto o a distancia?

Luego, pídeles que hagan una predicción sobre si, al frotar la regla metalizada o el papel aluminio y acercarlos al electroscopio, se observará algún efecto. Invítelos a realizar el experimento para verificar sus predicciones. Después, pídeles que froten el globo con el cabello y lo acerquen al electroscopio, y que presten atención a si escuchan algún ruido al acercar el globo. Finalmente, pídeles que toquen con la mano el alambre y observen lo que sucede con las láminas. Los estudiantes observarán que las láminas se vuelven a juntar. Parece que el efecto que tenían se ha perdido y ha pasado a otro cuerpo. Pregúnteles qué creen que sucedió en las láminas, recordando que escucharon el sonido de las chispas cuando acercaron el globo.

Es probable que los estudiantes razonen que, al escuchar las chispas, el efecto observado era de naturaleza eléctrica, y que la electricidad que había en el globo se transmitió al conductor del electroscopio, cargándolo sin que hubiera contacto. Cuando tocaron el alambre con las manos, esta electricidad pasó a su cuerpo. Hasta ahora, se puede concluir que los cuerpos que adquieren la propiedad de atraer o repeler cuerpos pequeños están electrificados, que los efectos solo serán notados en presencia de otro cuerpo y que la electrificación ocurre mediante el frotado de ciertos materiales o inducción al acercar otro cuerpo.

Pida a los estudiantes que, con base en estas observaciones y análisis, clasifiquen los materiales que acercaron al electroscopio como conductores o no conductores, y que elaboren una tabla similar a la que se muestra en la figura 6. Es probable que los estudiantes clasifiquen como conductores aquellos materiales que inducen la electrificación en el electroscopio, como el globo o la regla de plástico. En este sentido, es importante que los estudiantes reflexionen sobre qué materiales, según su experiencia previa al experimento, pensaban que conducían la electricidad.

CONDUCTORES	AISSLANTES

Imagen 6: Tabla para clasificar materiales conductores y aislantes

Para finalizar esta actividad, invite a los estudiantes a construir ideas sobre la electrificación y las formas de electrificación. Realice preguntas como: ¿Cuándo podrías decir que un cuerpo está electrificado? ¿En qué condiciones o procedimientos se electrifica un cuerpo? ¿La distancia a la que colocabas los cuerpos influyó en los efectos observados? Una vez que los estudiantes tengan estas ideas claras, se pueden

abordar los conceptos fundamentales de la teoría de Coulomb sobre las interacciones eléctricas y la acción a distancia.

De esta manera, puede concluir la actividad invitándolos a extraer conclusiones, resaltando situaciones en las que se manifiesta la electrificación en la vida cotidiana, los nuevos conocimientos adquiridos y la comparación de lo aprendido con las ideas previas que tenían los estudiantes

6.3. Sesión 2: Circuito resistivo de corriente directa

La segunda sesión propone como objetivo de aprendizaje: Analizar la relación entre corriente, resistencia y voltaje, estableciendo conexiones con la ley de Ohm, para comprender cómo la resistencia influye en el flujo de corriente.

Las ideas clave a trabajar en la actividad experimental propuesta son:

- La corriente eléctrica fluye cuando hay voltaje en un conductor.
- Las baterías almacenan la energía necesaria para producir corriente, con más energía hay mayor paso de corriente.
- La resistencia es la oposición al paso de corriente, para resistencias altas hay bajas corrientes y para bajas resistencias hay altas corrientes.
- La energía eléctrica no se pierde por la resistencia, esta se transforma en calor.

La secuencia didáctica inicia explorando las ideas previas de estudiantes para determinar qué saben y qué no saben con respecto a la temática a trabajar. Esta exploración corresponde a la evaluación diagnóstica que permite identificar el lugar de donde se puede partir para la construcción de nuevo conocimiento. Esta evaluación se realiza por medio una actividad escrita en la cual los estudiantes comparan y relacionan los componentes de dos circuitos en los cuales, por uno fluye un líquido y por la otra corriente eléctrica (Ver anexo 1). Esta evaluación diagnóstica permite establecer un punto inicial, adecuar las actividades a los estudiantes y evidenciar el desarrollo de competencias durante la secuencia didáctica.

Materiales: Para esta actividad, se propone utilizar un dispositivo con acceso a internet (teléfono celular o computadora) para trabajar con el simulador de laboratorio de la Universidad de Colorado: PhET Colorado, en el módulo de circuitos de corriente continua (DC).

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_all.html?locale=es

Desarrollo propuesto

Inicie la actividad contextualizando a los estudiantes con situaciones en las que hayan experimentado la corriente eléctrica y observado sus efectos. Por ejemplo, pídeles que analicen el proceso de cargar sus teléfonos: ¿Cómo creen que la energía llega desde el enchufe hasta la batería del celular? ¿Qué elementos creen que participan en ese proceso?

Pregúnteles también sobre el calor que a veces sienten al tocar un cargador de celular conectado por mucho tiempo: ¿Por qué creen que ocurre esto? Incluya ejemplos que involucren diferentes fuentes de energía, como una batería de automóvil y una pila de reloj. Pregunte: ¿Por qué una puede hacer funcionar un auto y la otra no, si ambas proporcionan energía? Invítelos a reflexionar sobre la relación entre corriente y temperatura en la vida cotidiana. Por ejemplo, cuando ajustan una ducha eléctrica para que el agua salga más caliente, ¿por qué creen que la ducha consume más energía? ¿Qué cambios piensan que ocurren en el flujo de electricidad al modificar la temperatura? Finalmente, llévelos a pensar en una analogía con el flujo de agua en un río. Pídales que imaginen un río fluyendo y comparen el flujo de agua con la corriente eléctrica, la pendiente del terreno con el voltaje y las rocas en el cauce con la resistencia. De este modo, los estudiantes podrán contextualizar el fenómeno de la corriente eléctrica con su vida cotidiana y desarrollar una estructura de pensamiento analógica que relacione el flujo de fluidos con el flujo de corriente eléctrica.

Indique a los estudiantes a dirigirse al enlace en el cual encontrarán el simulador virtual en el cual se desarrollará la práctica de laboratorio. Los dispositivos e instrumentos de medida que hay en él son análogos a los que hay en el laboratorio de física. Por ejemplo, tenemos la representación de lo que es el cable conductor (cobre), las resistencias (cerámica) y los objetos de medida como el amperímetro y el voltímetro, que serían lo mismo a tener un multímetro (mide varias cosas).

Primero, pídale a los estudiantes que construyan un cuadrado únicamente utilizando cable conductor, sin conectar nada más. Llévelos a reflexionar con preguntas como: ¿Hay corriente eléctrica fluyendo a través del cable conductor cuando no tiene nada conectado? y ¿Cómo pueden saber si hay corriente eléctrica o no? De esta forma, los estudiantes observarán que para que haya corriente es necesaria una fuente de voltaje, y comprenderán que la corriente implica flujos y movimientos dentro del conductor.

Luego, pídale que construyan un circuito con cable conductor y lo conecten a una batería. Invítelos a pensar en preguntas como: ¿Qué diferencia hay cuando el circuito se conecta a una batería y cuando no? y ¿Qué ocurre si cambiamos la polaridad de la batería, es decir, si conectamos sus extremos al revés? Con esto, los estudiantes también observarán que al invertir la polaridad de la batería, la corriente fluye en sentido contrario.

En el simulador, los estudiantes verán que si la batería está conectada sin resistencia, se produce un sobrecalentamiento del cable. Invítelos a reflexionar sobre qué ocurriría en la realidad bajo estas mismas condiciones.

Para consolidar la relación entre el voltaje de las baterías y la corriente que fluye por el circuito, pídale que construyan un circuito simple con una sola resistencia, y que vayan agregando baterías al circuito de una en una. Indíqueles que coloquen un amperímetro en el circuito para medir la corriente y un voltímetro en los extremos de las baterías para medir el voltaje. Luego, pídale que registren los valores de corriente y voltaje en una tabla, como la que se muestra en la imagen 7.

Baterías	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voltaje										
Corriente										

Imagen 7: Tabla para registrar las medidas de corriente y voltaje del circuito.

Una vez completada la tabla, proponga que elaboren una gráfica que relacione la corriente en función del voltaje. Los estudiantes descubrirán que esta relación es lineal, lo cual les indicará que la corriente y el voltaje son magnitudes directamente proporcionales, y que están relacionadas. Invítelos a que lo expliquen con sus propias palabras.

Ahora, pídale a sus estudiantes construir un circuito con una fuente de 18 voltios, indicándoles que van a conectar solo dos baterías y que van a agregar de a una resistencia al circuito. Indíqueles que ubiquen el amperímetro en cualquier punto del cable del circuito para medir la corriente eléctrica y que conecten el voltímetro situando sus dos puntas en los extremos las resistencias para medir el voltaje. Propóngales que registren las medidas de corriente y voltaje de las resistencias en una tabla como la que se muestra en la imagen 8. La idea es que los estudiantes puedan explicar con sus propias palabras la relación cualitativa entre la corriente y el voltaje en las resistencias.

Resistencias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voltaje										
Corriente										

Imagen 8: Tabla para registrar las medidas de corriente y voltaje de las resistencias del circuito

En esta etapa de la actividad, es fundamental introducir la teoría física que describe la resistencia como una propiedad inherente de los materiales y explicar la Ley de Ohm, incluyendo el modelo matemático que establece la relación entre corriente, voltaje y resistencia. Una vez presentados los aspectos teóricos más importantes, explique a sus estudiantes que, para calcular la resistencia en un circuito, se divide el voltaje medido en las resistencias entre la corriente que fluye en el circuito.

Solicíteles que construyan una tabla en la que registren los valores de la resistencia del circuito para cada cantidad de resistencias añadidas (ver ejemplo en la imagen 9). Los valores de corriente y voltaje son los mismos que ya registraron en la tabla anterior, de modo que solo deberán dividir el voltaje entre la corriente para obtener los valores de resistencia.

Luego, proponga a sus estudiantes elaborar una gráfica de corriente en función de la resistencia del circuito. La idea es que realicen un análisis cualitativo de la relación entre corriente y resistencia, enfatizando en los puntos en los que la resistencia es muy baja y aquellos donde es alta. En este momento, es útil hacer que los estudiantes recuerden la

situación inicial en la que no había resistencia en el circuito, lo cual provocó una simulación de incineración de la batería, ilustrando que cuando la resistencia se aproxima a cero, la corriente teóricamente tiende a ser infinita.

Invite a los estudiantes a reflexionar sobre los efectos de la electricidad a partir del principio de conservación de la energía, sin recurrir al modelo cinético corpuscular de cargas en movimiento en el conductor. Por ejemplo, en función de sus observaciones y análisis previos, podrían interpretar que, al haber una resistencia en el circuito, parte de la energía eléctrica que fluye a través del cable parece “perdersse”. Sin embargo, de acuerdo con el principio de conservación de la energía, esta no se pierde; simplemente se transforma.

En ese contexto, plantee preguntas como: ¿Cómo creen que se está transformando esa energía? ¿En un escenario real, sería posible percibir esa disipación de energía con nuestros sentidos? Indíqueles que consideren tres tipos de energía: potencial, eléctrica y térmica. Esto les permitirá analizar el comportamiento del circuito en términos de transformación de energía, teniendo en cuenta que el circuito contiene baterías, cable conductor y resistencias.

Para concluir, pídale que saquen las conclusiones de la práctica experimental que realizaron, mencionando lo que aprendieron, así como su relación con situaciones de la vida cotidiana en donde se relacionamos la corriente eléctrica, el voltaje y las resistencias. También pueden hacer un contraste entre las nociones que tenían previamente sobre estos tres conceptos.

6.4. Sesión 3: Campo eléctrico y campo magnético

La tercera sesión propone como objetivo de aprendizaje: Comprender la interacción eléctrica entre cargas puntuales y la interacción magnética entre imanes a partir del concepto de campo, representado por del modelo de líneas de fuerza como el medio a través del cual se propaga la acción.

Las ideas clave a trabajar en las actividades experimentales propuesta son:

- Las interacciones magnéticas se producen entre los polos de un imán. Los polos iguales se repelen y los polos diferentes se atraen.
- La intensidad de las interacciones eléctricas y magnéticas disminuyen con la distancia que separa a los polos eléctricos y magnéticos.
- El campo es la perturbación del espacio producido por fuentes de electricidad y fuentes de magnetismo.
- El campo se representa mediante líneas de fuerza, en la atracción las líneas se conectan entre dos polos diferentes y en la repulsión las líneas no se tocan. Esa es la mediación del espacio en la interacción.
- Los imanes no son las únicas fuentes de magnetismo, las corrientes eléctricas perturban el espacio de la misma forma que lo hacen los imanes.

La secuencia didáctica inicia explorando las ideas previas de estudiantes para determinar qué saben y qué no saben con respecto a la temática a trabajar. Esta exploración corresponde a la

evaluación diagnóstica que permite identificar el lugar de donde se puede partir para la construcción de nuevo conocimiento. Esta evaluación se realiza por medio una actividad de escribir y/o dibujar la idea que tienen los estudiantes sobre campo, campo eléctrico y campo magnético (Ver anexo 1), como un espacio que adquiere propiedades específicas, debido a una fuente. Esta evaluación diagnóstica permite establecer un punto inicial, adecuar las actividades a los estudiantes y evidenciar el desarrollo de competencias durante la secuencia didáctica.

Materiales: Para esta actividad vamos a utilizar 2 imanes, limaduras de hierro, una lámina de plástico o acrílico delgada, brújulas (al menos 2), una bobina de 620 vueltas con terminales con núcleo de hierro, 2 cables conectores banana y una fuente de voltaje variable. Como recurso adicional se atrabajara con el simulador de laboratorio de la Universidad de Colorado: PhET Colorado, en el módulo de carga y campo.

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_all.html?locale=es

Desarrollo propuesto

Inicie la actividad proponiendo a los estudiantes que accedan al enlace del simulador en el módulo de carga y campo. A continuación, indíqueles que seleccionen una carga positiva y la coloquen en cualquier punto de la región del espacio, y luego repitan el procedimiento con una carga negativa. En cada caso, deberán ir incrementando el valor de las cargas y observar qué ocurre con la intensidad de las líneas de fuerza en toda la región, las cuales representan el campo eléctrico para una carga puntual. Invítelos a reflexionar sobre las representaciones de campo eléctrico mediante preguntas como: ¿Qué características observan en la representación del campo eléctrico para una carga puntual positiva y para una carga puntual negativa? ¿Qué sucede con el campo eléctrico al aumentar el valor de las cargas? Se espera que los estudiantes comprendan que el campo se representa mediante líneas con dirección: estas salen de las cargas positivas y entran en las negativas, y que, al aumentar el valor de las cargas, la intensidad del campo eléctrico se incrementa en toda la región del espacio.

Luego, pídale a los estudiantes que coloquen en la región dos cargas de signo opuesto y luego dos cargas del mismo signo. Invítelos a analizar las características de las líneas de fuerza planteándoles la pregunta: ¿Qué observan en las líneas de fuerza para dos cargas iguales y para dos cargas opuestas? En este punto de la secuencia, los estudiantes ya han aprendido que dos cargas iguales se repelen y dos cargas opuestas se atraen, por lo que el propósito es que relacionen las interacciones eléctricas con la configuración de las líneas de campo en dipolos eléctricos. Para guiar su análisis, pregúnteles: ¿Cómo explicarían la atracción y repulsión entre cargas a partir de la representación de las líneas de campo eléctrico? Es probable que los estudiantes expliquen estas interacciones señalando que el espacio "conecta" las cargas en la atracción, y que las "separa" en la repulsión mediante las direcciones de las líneas de fuerza.

Para que los estudiantes representen el campo eléctrico en una situación contextualizada, plantee el caso de un globo que, al ser frotado y luego acercado a la pared, queda pegado a ella. Invítelos a pensar en esta situación desde el campo eléctrico generado por el globo y su interacción con las cargas eléctricas de la pared, y pídale que realicen un dibujo que represente esta situación. Así, se espera que los estudiantes consideren que las interacciones eléctricas no se limitan a los cuerpos, sino que ocurren mediante el espacio que los rodea.

Proponga a los estudiantes que tomen dos imanes y experimenten con ellos colocándolos en diferentes posiciones para observar los efectos que se presentan en cada caso. Invítelos a reflexionar sobre los efectos que ocurren al acercar dos imanes: ¿Se atraen o se repelen? Pregúnteles qué saben acerca de los polos de un imán y sus interacciones con los polos de otro imán, es decir, ¿qué sucede cuando se acercan dos imanes?. Los estudiantes probablemente relacionarán sus observaciones de forma análoga a las interacciones entre cargas eléctricas: polos iguales se repelen y polos opuestos se atraen.

Ahora indique a los estudiantes que observen detalladamente la interacción que hay entre los imanes cuando se atraen y cuando se repelen, luego invítelos a pensar en la pregunta: ¿Cuándo se atraen más intensamente dos imanes, cuando están cerca o cuando están lejos?, propóngales que registren sus observaciones en una tabla como la que se muestra en la imagen 9. La idea es que puedan afirmar que a medida que aumenta la distancia, la fuerza magnética disminuye, y cuando disminuye la distancia que separa a los imanes la fuerza aumenta.

Ubicación de los imanes	¿Cómo es la intensidad de la atracción?	¿Cómo es la intensidad de la repulsión?
Cerca		
Lejos		

Imagen 9: Tabla para registrar las observaciones de la interacción magnética de dos imanes en función de la distancia para atracción y repulsión.

Para concluir con las interacciones magnéticas, proponga a los estudiantes que representen, en dos gráficas, la relación cualitativa entre la fuerza magnética y la distancia de separación entre dos imanes, uno en el caso de atracción y otro en el de repulsión. Las gráficas se encuentran en la imagen 10. La idea es que los estudiantes puedan representar gráficamente que, a pequeñas distancias de separación, la fuerza magnética es considerablemente intensa, mientras que, a mayores distancias, la fuerza es muy baja. Además, es importante que reconozcan que esta relación no es lineal, y que se cumple de la misma forma para la atracción y la repulsión

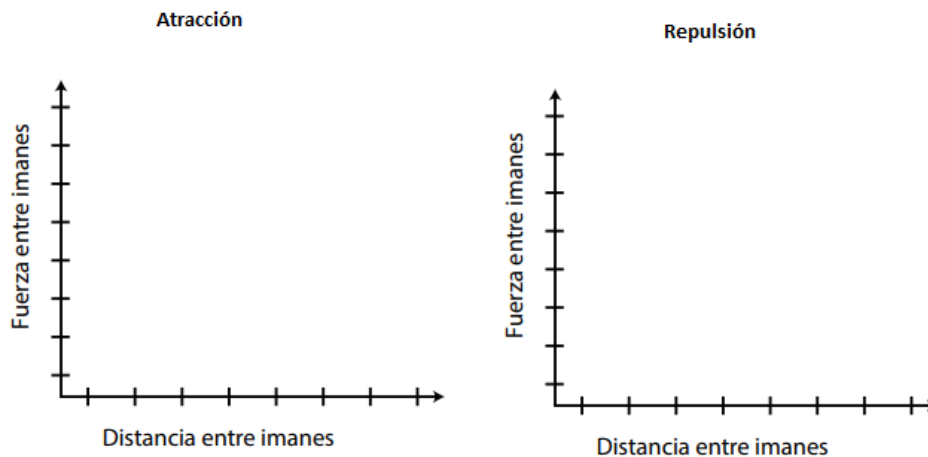


Imagen 10: Esquema para la representación cualitativa de las interacciones magnéticas en función de la distancia de separación de dos imanes, para atracción y repulsión

Proponga a los estudiantes que reflexionen sobre cómo sería el campo magnético representado por líneas de fuerza en situaciones de atracción y repulsión entre dos imanes. Para ello, puede plantearles una situación en la que dos imanes se coloquen uno frente al otro, de manera que puedan atraerse o separarse. A partir de esta situación, pregúnteles: ¿Qué papel creen que juega el espacio entre los imanes en esta interacción? Después de reflexionar, pídale que representen su idea a través de un dibujo, mostrando cómo creen que las líneas de fuerza se distribuyen en función de la atracción o la repulsión, y cómo la distancia de separación entre los imanes influye en la intensidad del campo magnético.

Proponga a los estudiantes una actividad experimental para visualizar las líneas de campo magnético en diferentes configuraciones de imanes. Para ello, deberán espolvorear limaduras de hierro sobre una lámina de acrílico que cubra cada configuración de imanes. Indíqueles que golpeen suavemente la lámina para que las limaduras se alineen con el campo magnético. Pídeles que observen las líneas de campo alrededor de un solo imán y, posteriormente, invítelos a reflexionar sobre las siguientes preguntas: ¿Qué forma tienen las líneas de campo que se forman alrededor de un imán? ¿Qué pueden inferir sobre la dirección del campo magnético a partir de esta distribución? Con estas preguntas, se espera que los estudiantes noten cómo las limaduras se alinean formando líneas que salen de uno de los polos del imán y entran en el otro, visualizando la estructura del campo magnético.

A continuación, solicite a los estudiantes que espolvoreen limaduras de hierro sobre dos imanes colocados en dos configuraciones: primero en atracción y luego en repulsión. La idea es que observen cómo se distribuyen las limaduras en cada caso. Indíqueles que reflexionen sobre las diferencias entre las líneas de fuerza en ambas configuraciones y cómo esto se relaciona con la interacción magnética de los imanes. Para guiar su análisis, propóngales las siguientes preguntas: ¿Qué diferencias observan en la disposición de las limaduras según la orientación de los imanes? ¿Cómo se relacionan estas observaciones con la idea de atracción y repulsión? A partir de estas preguntas, se espera que los estudiantes noten que en la

atracción las líneas de campo se conectan entre los polos opuestos, mientras que en la repulsión se curvan alejándose de los polos iguales, visualizando así la mediación del espacio en las interacciones magnéticas. Para concluir con las interacciones magnéticas, pídale a los estudiantes que espolvoreen limadura de hierro para dos imanes en atracción y en repulsión, manteniendo juntos los imanes, luego indíqueles que separen lentamente los imanes y observen la variación en la cantidad de líneas visibles a medida que se van alejando los imanes, e invítelos a pensar en la pregunta ¿Qué nos dice esto sobre la influencia del espacio en el campo magnético y su intensidad cuando la distancia de separación aumenta?

A continuación, indique a los estudiantes que coloquen varias brújulas sobre una mesa y observen la orientación de sus agujas. Pídale que muevan un imán en distintas posiciones alrededor de las brújulas (colocándolo arriba, abajo, a un lado, o rotándolo en el centro) y que registren cómo reacciona cada brújula. A partir de estas observaciones, invítelos a reflexionar con las siguientes preguntas: ¿Observaron diferencias en la respuesta de las brújulas según su distancia al imán? ¿Qué cambios notaron en la dirección de las agujas? ¿Qué sucede con la dirección de las agujas de las brújulas cuando el imán está en diferentes posiciones respecto a ellas? ¿Qué conexiones pueden establecer entre la orientación de las agujas y las líneas de campo visualizadas anteriormente?

Se espera que los estudiantes identifiquen que la brújula actúa como un indicador de la presencia de un campo magnético y que este campo tiene una dirección específica. Notarán que el efecto en la brújula es más pronunciado cuanto más cerca está del imán, debido a la intensidad del campo. También, al analizar la relación entre la dirección de las agujas y las líneas de campo, podrán inferir que la aguja de la brújula sigue una línea tangente a las líneas de fuerza del campo magnético, alineándose en su dirección. Para hacer esta idea más comprensible, es útil contextualizar el concepto del campo magnético mediante ejemplos de la vida real, como el uso de la brújula por los barcos navegantes en el océano o la orientación de animales migratorios.

Para esta parte de la actividad, proponga a los estudiantes explorar la idea de que el magnetismo no solo proviene de los imanes tradicionales, sino también de ciertos fenómenos eléctricos. Inicie preguntándoles: ¿Qué objetos en su entorno creen que pueden producir magnetismo? y ¿Cómo podríamos identificar que un objeto tiene propiedades magnéticas? Esto abrirá el espacio para relacionar su percepción inicial con el concepto de electroimanes.

Indique a los estudiantes que construyan un electroimán siguiendo estos pasos: tomen una bobina de 620 vueltas e inserten en ella un núcleo de hierro. Luego, conecten las terminales positiva y negativa de la bobina a una fuente de voltaje variable mediante cables banana. El montaje del experimento se ilustra en la imagen 11. Pídale que coloquen clavos de acero alrededor de la bobina y ajusten el voltaje a 20 voltios. Cuando enciendan la fuente de voltaje, observarán cómo los clavos son atraídos hacia la bobina, similar a lo que ocurriría con un imán permanente.

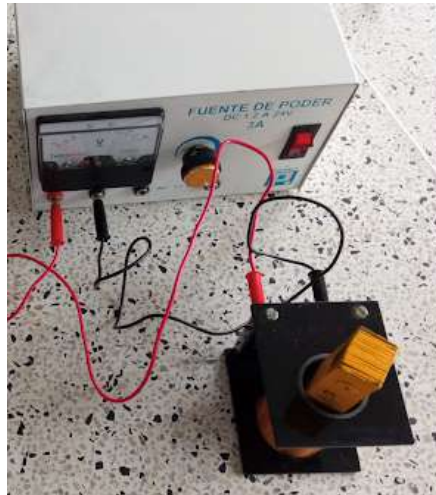


Imagen 11: Montaje experimental del electroimán

Invítelos a reflexionar sobre preguntas como: ¿Qué diferencias y similitudes encuentran al comparar un electroimán con un imán permanente?, ¿Creen que la corriente eléctrica está relacionada con el magnetismo?, ¿Cómo piensan que el flujo de corriente eléctrica influye en el campo magnético generado por el electroimán?

Para profundizar en la relación entre electricidad y magnetismo, solicite a los estudiantes que coloquen una lámina de acrílico con limaduras de hierro sobre el electroimán y dispongan varias brújulas alrededor, tal como se ilustra en el montaje de la imagen 12. Al encender la fuente, observarán que las limaduras se alinean en un patrón que representa las líneas de fuerza magnética y que todas las brújulas apuntan hacia el electroimán. Pregúnteles: ¿Qué diferencias y similitudes notan al comparar la bobina y el campo magnético de un imán permanente?



Imagen 12: Montaje experimental del electroimán con visualización de campo magnético en las limaduras y las brújulas

Pida a los estudiantes que coloquen el electroimán de manera horizontal, con el núcleo de hierro paralelo a la mesa. Al volver a acercar la lámina de acrílico con limaduras de hierro y mover una brújula alrededor del electroimán (en distintas posiciones), observarán que las

líneas de fuerza siguen un patrón similar al de un imán permanente. Las agujas de la brújula se alinearán tangencialmente a las líneas de fuerza, reforzando la idea de la naturaleza direccional del campo. Plantee la pregunta: ¿Cómo pueden utilizar una brújula para explorar la dirección del campo magnético generado por la bobina? ¿Qué información proporciona esto sobre la conexión entre electricidad y magnetismo?

Finalmente, pídale a los estudiantes que elaboren conclusiones de la práctica experimental, en la que mencionen lo aprendido y cómo pueden relacionarlo con situaciones de la vida cotidiana en las que se relaciona el magnetismo. También anímelos a contrastar lo aprendido sobre el concepto de campo, campo eléctrico y campo magnético en relación con sus ideas previas.

6.5. Sesión 4: Flujo de campo magnético y ley de Faraday

La cuarta sesión propone como objetivo de aprendizaje: Comprender la relación entre electricidad y magnetismo mediante el análisis de los campos magnéticos generados por corrientes eléctricas, la inducción electromagnética y el efecto del flujo variable de campo magnético.

Las ideas clave a trabajar en las actividades experimentales propuesta son:

- La electricidad y el magnetismo son dos aspectos de un mismo fenómeno puesto que una corriente eléctrica reorienta la dirección de la aguja de una brújula.
- La corriente eléctrica que fluye por un conductor genera un campo magnético alrededor de este, formando una trayectoria cerrada.
- El flujo de campo magnético se representa por medio de las líneas de campo que atraviesan un conductor cerrado. Si aumenta el tamaño del conductor hay más flujo, y si aumenta el campo el flujo es más intenso.
- El magnetismo produce electricidad. Si el flujo de campo magnético a través de un conductor cerrado varía en el tiempo, se induce una corriente en el conductor.

La secuencia didáctica inicia explorando las ideas previas de estudiantes para determinar qué saben y qué no saben con respecto a la temática a trabajar. Esta exploración corresponde a la evaluación diagnóstica que permite identificar el lugar de donde se puede partir para la construcción de nuevo conocimiento. Esta evaluación se realiza por medio una actividad de análisis donde se le pide a los estudiantes que indiquen como podrían encender una bombilla, si tienen cable de cobre, la bombilla y un imán (Ver anexo 1). Esta evaluación diagnóstica permite establecer un punto inicial, adecuar las actividades a los estudiantes y evidenciar el desarrollo de competencias durante la secuencia didáctica.

Materiales: Para esta actividad vamos a utilizar alambre de cobre esmaltado calibre 30, una fuente de voltaje variable, cables conectores con extremo banana-pinza caimán, brújulas, limaduras de hierro, cartulina blanca, 2 bobinas de 620 vueltas, un núcleo de hierro y un galvanómetro. Como recurso adicional se trabajará con el simulador de laboratorio de la Universidad de Colorado: PhET Colorado, en el módulo de imanes y electroimanes.

https://phet.colorado.edu/sims/html/magnets-and-electromagnets/latest/magnets-and-electromagnets_all.html?locale=es

Desarrollo propuesto

Para comenzar la actividad, invite a los estudiantes a reflexionar sobre algunas situaciones en las que se hace evidente la relación entre electricidad y magnetismo. Pídales que imaginen que están experimentando con un alambre por el cual fluye corriente eléctrica. Si colocaran un imán cerca de ese alambre, ¿qué cambios esperarían observar en el comportamiento del imán? Además, proponga una situación intuitiva relacionada con la idea de flujo. Pídales que piensen en un río que fluye a través de una región determinada. Si se colocara una represa en el río, ¿qué sucedería con el flujo de agua en esa área? De esta manera, los estudiantes tendrán presente que la idea de flujo es dinámica y se representa a través de las dimensiones de una región específica. Para concluir la contextualización, invite a los estudiantes a reflexionar sobre la pregunta: ¿Creen que es posible encender un bombillo sin conectarlo a una batería? Pídales que expliquen cómo lo harían.

Para realizar los siguientes procedimientos pídale a los estudiantes que se aseguren que la fuente de voltaje se encuentre apagada y que la perilla este marcando en 0 voltios. Adicionalmente, recomiéndeles no tocar el cable con los dedos para evitar quemaduras.

Pida a los estudiantes que construyan una bobina de 24 vueltas con el alambre de cobre, dejando dos extremos libres. Una vez que hayan formado la bobina, indíqueles que estiren los extremos de manera que el alambre quede como un cable recto y más grueso. Luego, deben conectar el alambre a las terminales de la fuente de voltaje, asegurándose de que los extremos del alambre estén pelados y bien sujetos con las pinzas tipo caimán. A continuación, indíqueles que coloquen la brújula sobre la mesa, directamente debajo del alambre, asegurándose de que el cable esté orientado paralelamente con la aguja de la brújula. El montaje experimental se ilustra en la imagen 13. Una vez que el montaje esté listo, pídale que enciendan la fuente de voltaje de manera momentánea (encendiendo y apagando), a un voltaje inferior a 5 voltios. Luego, indíqueles que repitan este procedimiento colocando la brújula encima del alambre. También realizaran el mismo procedimiento invirtiendo la polaridad de las terminales de la fuente de voltaje, tanto con la brújula por debajo como por encima del cable.

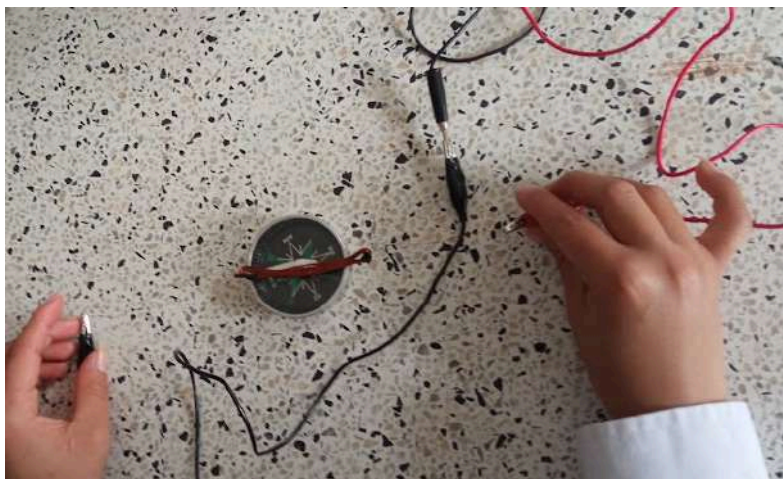


Imagen 13: Montaje experimental del cable orientado paralelamente a la dirección de la brújula

El montaje experimental construido consiste en una reelaboración del experimento de Oersted, en donde una vez que pasa corriente por el cable, la dirección de la aguja de la brújula cambia por acción del campo magnético que induce la corriente eléctrica. La dirección de la corriente influye en la rotación de la aguja de la brújula, además, si la brújula se coloca por encima del cable esta rotara en dirección opuesta a cuando estaba abajo, igual que cuando se invierte la polaridad de la fuente. Invite a los estudiantes a pensar el efecto sobre la aguja de brújula con la pregunta ¿cómo describirían la relación entre la dirección de la corriente en el alambre y la orientación de la aguja de la brújula?

Ahora, pida a los estudiantes que tomen el alambre de cobre que prepararon en el procedimiento anterior y lo ubiquen de forma perpendicular al plano de una cartulina blanca. Los extremos del alambre deben conectarse a las terminales de la fuente de voltaje variable mediante los cables conectores, asegurándose de que estos hagan buen contacto con los extremos del alambre de cobre. Luego, el alambre deberá quedar en posición vertical, pero es importante que no se tome del alambre de cobre, sino de la cubierta aislante de los cables conectores, como se hizo en el experimento anterior.

En esta posición, los estudiantes esparcirán limaduras de hierro sobre la cartulina y encenderán momentáneamente la fuente de voltaje (encender y apagar), al mismo tiempo que darán pequeños golpes sobre la cartulina para que las limaduras se alineen con el campo magnético generado por la corriente que fluye a través del conductor recto. Los estudiantes observarán que las limaduras se alinean en un patrón circular alrededor del cable de cobre. Se les debe invitar a describir el patrón formado y reflexionar sobre la pregunta: ¿Qué relación puedes establecer entre la dirección de las líneas de campo magnético y la dirección de la corriente en el cable?

Dado que esta pregunta no es sencilla ni intuitiva, proponga a los estudiantes colocar algunas brújulas alrededor del cable conductor. Luego, deben encender momentáneamente la fuente y observar los efectos sobre las brújulas. A continuación, se les pedirá que repitan la

experiencia, pero invirtiendo la polaridad de las terminales de la fuente, lo que provocará que la corriente fluya en sentido contrario. Los estudiantes notarán que, al encender nuevamente la fuente, la aguja de las brújulas girará en sentido opuesto, alineándose ahora con la dirección del campo magnético en las curvas circulares alrededor del conductor.

Una vez que los estudiantes hayan observado cómo cambia la dirección de las líneas del campo magnético según el sentido de la corriente, se les explicará la convención de la regla de la mano derecha. Esta regla les ayudará a analizar cualitativamente la dirección del campo magnético producido por una corriente. Según esta convención, el pulgar de la mano derecha apunta en la dirección del flujo de la corriente, y los dedos, al cerrarse, indican la dirección de la circulación del campo magnético en un camino cerrado. De esta forma, invite a los estudiantes a contestar la pregunta planteada para esta actividad.

Ahora, los estudiantes analizarán el flujo de campo magnético a partir de las líneas de campo que atraviesan el área de un conductor cerrado, como una espira circular de cobre. Pídales que ingresen al simulador mediante el enlace proporcionado y se dirijan a la sección de la bobina de captación. Allí, deben observar las líneas de campo que atraviesan el área de la bobina.

Indíqueles que, con el eje fijo, observen qué sucede con la cantidad de líneas de campo que atraviesan el conductor cuando aumenta el área de la espira. También, que observen el efecto cuando el imán se acerca. El objetivo es que los estudiantes comprendan que el flujo de líneas de campo a través del conductor es mayor cuando hay más líneas de fuerza que lo atraviesan. Invítelos a reflexionar sobre el concepto de flujo mediante la pregunta: ¿Cómo se ve afectado el flujo de campo magnético por el imán y por el área de la espira?

Además, es importante que los estudiantes observen cómo se produce una variación continua en el flujo de campo magnético, por ejemplo, al acercar el imán a la espira. A medida que el imán se aproxima, aumenta el número de líneas de campo que atraviesan el conductor. De manera similar, si se aumenta el tamaño de la espira con el imán fijo, también aumentará el número de líneas que atraviesan el área de la espira. Esto les permitirá entender que el flujo de campo magnético es variable en función del tiempo.

Para profundizar en esta idea, invítelos a reflexionar sobre las siguientes preguntas: ¿En qué condiciones creen que el flujo de campo magnético es constante? y ¿Cuándo es variable en el tiempo? De esta manera, podrán identificar las condiciones que hacen que el flujo sea constante o cambiante en el tiempo, según el número de líneas de campo que atraviesan el área del conductor.

Dentro del simulador, los estudiantes también notarán un fenómeno en la bombilla: esta se enciende momentáneamente, aunque el conductor no esté conectado a una fuente de voltaje. Es importante destacar que la bombilla solo se enciende en el momento en que el imán se mueve o cuando el área de la espira cambia progresivamente. Esto sugiere que la corriente

necesaria para encender la bombilla solo se produce cuando hay un flujo magnético variable en el tiempo.

Finalmente, invítelos a reflexionar sobre la siguiente pregunta: ¿Cómo creen que es posible que la bombilla se encienda aun cuando el circuito no está conectado a una fuente de voltaje? Recuérdeles que mantengan en mente la idea de flujo variable y su representación mediante las líneas de campo magnético.

Una vez que los estudiantes han identificado el fenómeno de inducción, observable cuando el flujo de campo magnético que atraviesa un conductor varía, se les propone realizar un experimento para medir el voltaje inducido en un conductor a partir del movimiento relativo entre un electroimán y una bobina que no está conectada a una fuente de voltaje.

Para este experimento, indique a los estudiantes que conecten una bobina de 620 vueltas con núcleo de hierro a las terminales de una fuente de voltaje variable, utilizando cables con terminales tipo banana. Luego, pídeles que tomen una segunda bobina, también de 620 vueltas, y la conecten a las terminales de un galvanómetro.

Este montaje experimental, ilustrado en la imagen 14, permitirá a los estudiantes observar la aparición de un voltaje inducido en el galvanómetro en función del cambio de flujo magnético, generado por el movimiento relativo entre las dos bobinas. La actividad consiste en que los estudiantes tomen la bobina conectada al galvanómetro y la muevan cerca del electroimán, es decir, la bobina con núcleo de hierro conectada a la fuente de voltaje, registrando el movimiento de la aguja del galvanómetro cuando acercan rápidamente la bobina al electroimán y también cuando la alejan.

Posteriormente, invite a los estudiantes a reflexionar sobre si el efecto que se observa en el galvanómetro es igual cuando la bobina se mueve y cuando permanece quieta. Pídeles que consideren qué puede estar ocurriendo en la bobina conectada al galvanómetro para que se produzca ese efecto en la aguja. Asimismo, oriéntelos a explicar el efecto en la aguja del galvanómetro en términos del flujo de líneas de campo magnético que atraviesan el área de la bobina.

Estas preguntas ayudarán a los estudiantes a relacionar la variación del flujo magnético con la aparición de un voltaje inducido, permitiéndoles explorar el fenómeno de inducción electromagnética.

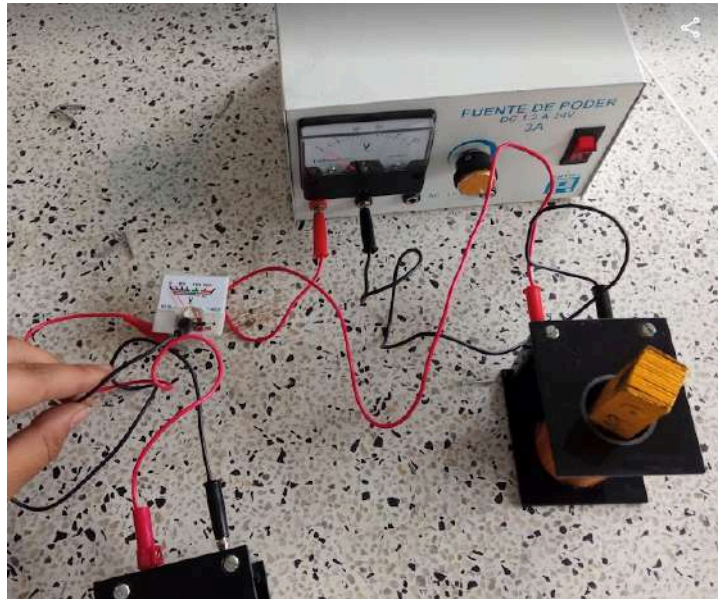


Imagen 14: Montaje experimental de una bobina conectada al galvanómetro y otra bobina conectada a una fuente de voltaje

Para cerrar la actividad, proponga a los estudiantes que elaboren algunas conclusiones sobre la práctica realizada. Pueden resaltar los aprendizajes obtenidos y comparar estos nuevos conocimientos con las ideas que tenían previamente sobre la relación entre electricidad y magnetismo. Invítelos a reflexionar especialmente sobre la pregunta: ¿Cómo encenderían una bombilla sin una fuente de voltaje? Este ejercicio de comparación les permitirá reconocer cómo ha cambiado su comprensión del fenómeno de inducción electromagnética, comprendiendo que es posible producir electricidad a partir del magnetismo.

6.6. Sesión 5: Construcción de un transformador simple

La quinta sesión propone como objetivo de aprendizaje: Analizar y describir el funcionamiento de un transformador simple a partir de los conceptos y leyes físicas que se relacionan con el fenómeno de inducción electromagnética.

Las ideas clave a trabajar en las actividades experimentales propuesta son:

- Al interrumpir el paso de corriente eléctrica continuamente, el campo magnético también se interrumpe en los mismos intervalos de tiempo que la corriente.
- Si por un conductor cerrado pasan líneas de campo magnético interrumpidas, el flujo es varia con el tiempo en los mismos intervalos que lo hace la fuente del campo.
- La energía eléctrica se puede transmitir a través de campos magnéticos

La secuencia didáctica finaliza con la construcción de un transformador simple. A partir de esta actividad experimental se realiza la evaluación de la secuencia de enseñanza. Aunque este transformador no presenta la complejidad de los industriales, es un experimento adecuado para que los estudiantes puedan explicar el funcionamiento general de los

transformadores. En este ejercicio, se exploran las relaciones entre electricidad y magnetismo, la representación del campo magnético y el flujo de campo variable en el tiempo, así como el fenómeno de inducción electromagnética.

Materiales: Para este experimento vamos a necesitar alambre de cobre esmaltado calibre 30, una batería de 1.5 voltios, un bombillo LED, un transistor 2N222, cinta aislante y una lija.

Desarrollo propuesto

Inicie la actividad permitiendo que los estudiantes construyan el montaje experimental del transformador simple. Indíqueles que este consiste en dos bobinas independientes: una emisora y una receptora, a las cuales se les conectan los dispositivos electrónicos (baterías, LED, transistor).

Para construir la bobina emisora con derivación central, los estudiantes deben tomar alambre de cobre esmaltado y enrollar la primera mitad (12 vueltas) alrededor de un cilindro de 5 cm de diámetro. Luego, deben sacar la derivación central, tratándola como un extremo adicional, y sin cortar el alambre, enrollar la segunda mitad (otras 12 vueltas). Al final, la bobina tendrá tres extremos libres: el inicial, la derivación central y el final.

Una vez que hayan asegurado las vueltas con cinta, deberán retirar el embobinado del cilindro. A continuación, con una lija, eliminarán el esmalte de los tres extremos (inicial, derivación central y final).

Las conexiones de los dispositivos electrónicos en el circuito se muestran en la imagen 15. Se recomienda dibujar el esquema del circuito para guiar a los estudiantes en el procedimiento de conexión.

En la bobina emisora, los extremos inicial y final deben conectarse a la base (B) y al colector (C) del transistor. Es importante que les indique a los estudiantes que, en el esquema, el transistor debe observarse con su cara plana de manera frontal, para que puedan identificar claramente a qué corresponde cada terminal del transistor.

En el esquema también podrán notar que la derivación central de la bobina se conecta con el polo positivo de la batería, mientras que el emisor del transistor (E) se conecta con el polo negativo de la batería.

Indíqueles a los estudiantes que aseguren las conexiones realizadas con cinta aislante para garantizar que haya buen contacto entre los componentes en cada conexión. Es recomendable no cerrar el circuito hasta que la bobina receptora esté terminada, ya que, al prolongar el paso de corriente a través del transistor, este se calentará y podría dañarse.

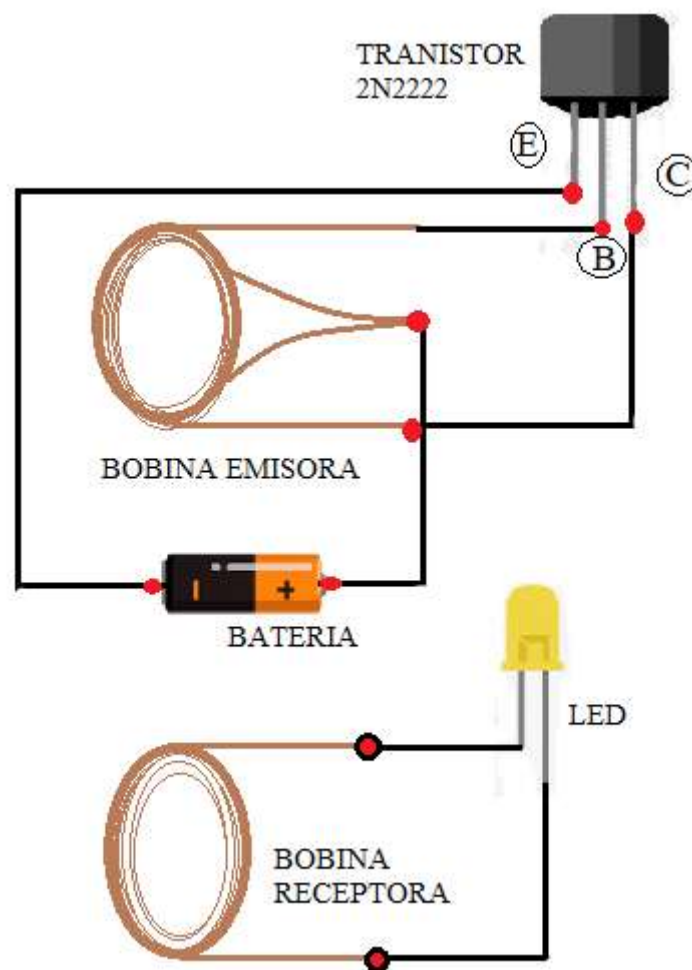


Imagen 15: Esquema del circuito en donde se indican las conexiones de los extremos de cada bobina a los dispositivos electrónicos

Nota: Elaboración propia.

Ahora, indíqueles a los estudiantes el procedimiento para hacer la bobina receptora. Pídales que tomen el alambre de cobre y lo enrollen con 24 vueltas alrededor de un cilindro de 5 cm de diámetro. Es importante que aseguren las vueltas con cinta antes de retirar la bobina del cilindro. Una vez que la bobina tenga dos extremos libres (inicial y final), indíqueles que deben retirar el esmalte que recubre el cobre en los extremos de la bobina. Para esto, pídales que utilicen una lija. Luego, propóngales que conecten el ánodo y el cátodo del LED a los dos extremos libres de la bobina receptora.

Una vez que los estudiantes hayan puesto en funcionamiento el transformador, pídales que describan sus observaciones sobre lo que está ocurriendo. Esta descripción no debe limitarse solo a lo que sucede con el dispositivo, como que el transistor se calienta en la primera bobina o que el LED se enciende, sino que también deben incluir lo que ellos están haciendo para que esto ocurra.

Los estudiantes notarán que el LED enciende cuando las dos bobinas están dispuestas paralelamente. Sin embargo, al respecto de la bobina receptora, si se gira 180 grados, el LED se apaga, ya que cambia la polarización. Esto indica que la corriente inducida solo puede encender el LED cuando fluye en una sola dirección. Invite a los estudiantes a pensar sobre este aspecto de la polarización del LED y la dirección de la corriente inducida y pídale que desarrollen esta idea en una exposición oral ante el grupo.

Ahora, considerando que en la bobina emisora circula una corriente eléctrica, pídale a los estudiantes que realicen un dibujo en el que se represente el campo magnético producido por esta corriente. Invítelos a pensar en la circulación del campo magnético alrededor de un conductor utilizando la técnica de la mano derecha. De esta manera, los estudiantes asignarán un sentido a la corriente en la bobina emisora, y al recorrer el camino que sigue la corriente con su dedo pulgar, el cierre de los dedos les indicará la dirección de la circulación del campo en el espacio circundante alrededor del conductor. Luego, elija a un integrante de cada grupo para que comparta su esquema en la clase y explique la forma en la que lo analizaron.

Luego, invite a los estudiantes a reflexionar sobre lo siguiente: cuando acercan la bobina receptora y la colocan paralelamente a la bobina emisora, ¿cómo se representaría el flujo magnético que pasa a través de ella? ¿Creen que este flujo es siempre el mismo o está cambiando? ¿En qué condiciones el flujo magnético cambia? El esquema que los estudiantes realizaron previamente les ayudará a realizar un análisis visual de la idea del flujo de campo magnético a partir de la representación del campo mediante líneas de fuerza. Aunque los estudiantes notarán que el proceso de inducción en este caso es estacionario, ya que no necesariamente debe haber un movimiento relativo entre las dos bobinas, es importante que analicen en qué condiciones el flujo magnético es cambiante.

Contextualice a los estudiantes indicándoles que un transistor actúa como un interruptor que puede encender y apagar una corriente en un circuito de manera continua, en intervalos de tiempo muy pequeños. En este contexto, invite a los estudiantes a reflexionar sobre si el campo magnético producido por la bobina emisora es constante todo el tiempo, ¿cómo influye la acción del transistor en el campo magnético producido por la corriente?, y si, al haber movimiento relativo entre las dos bobinas, ¿es posible que haya un flujo de campo magnético cambiante en el tiempo?

La idea es que los estudiantes comprendan que, aunque el sistema es estacionario (sin movimiento relativo entre las bobinas), el flujo magnético cambia debido a que la corriente es interrumpida continuamente por el transistor. Como el transistor actúa como un interruptor que enciende y apaga la corriente, el campo magnético también se interrumpe en los mismos intervalos de tiempo, como si se prendiera y se apagara. Esto genera variaciones en el flujo magnético que atraviesa la bobina receptora, lo que puede interpretarse como líneas de campo magnético que aparecen y desaparecen en los mismos intervalos de tiempo que la corriente se interrumpe. En ese sentido, proponga a los estudiantes que realicen un pequeño escrito en el que desarrollen las ideas alrededor de las preguntas planteadas.

Finalmente, proponga a los estudiantes que cada grupo realice una exposición oral frente a toda la clase, en la cual desarrollen las ideas a las que llegaron durante toda la experiencia. Invítelos a enfocarse especialmente en la pregunta: ¿Qué fenómeno ocurre entre la bobina emisora y la bobina receptora para que se encienda el LED sin una conexión directa entre ellas? El objetivo es que los estudiantes expliquen con sus propias palabras cómo funciona el transformador que construyeron, destacando el proceso dinámico y temporal en el que ocurre el fenómeno de inducción. Oriente la actividad evaluativa de tal forma que las explicaciones de los estudiantes se realicen con los conceptos que sustentan el fenómeno inductivo, y que las ideas lleguen a que la transmisión de la acción ocurre a través del campo magnético, y no simplemente como una interacción directa entre los objetos.

7. Sistematización de la implementación

La sistematización de la secuencia de enseñanza experimental del fenómeno de inducción electromagnética se realiza a partir del análisis de las respuestas proporcionadas por los estudiantes de los seis grupos a las preguntas centrales de las guías de trabajo, que acompañaron las actividades implementadas. El objetivo es identificar tendencias en las explicaciones dadas por los estudiantes, así como la proximidad de estas respuestas con las teorías existentes. Para cada actividad, se desarrollarán cuadros comparativos que contengan las respuestas de los estudiantes a las preguntas centrales, seguidos de un análisis general de los resultados. Este análisis mostrará los avances en la comprensión de los estudiantes y la adquisición de nuevos conocimientos. Los anexos del 1 al 6 contienen las guías de trabajo utilizadas para acompañar cada una de las actividades realizadas en el espacio de práctica.

7.1. Evaluación diagnóstica de electromagnetismo

La tabla 1 presenta un cuadro comparativo de las respuestas que los estudiantes dieron a la primera pregunta planteada en la evaluación diagnóstica (ver anexo 1). En este análisis, se examinan las respuestas que coinciden con una de las concepciones comunes de los estudiantes sobre los fenómenos eléctricos: "la carga como energía". Aunque las respuestas están alineadas con la idea de la acumulación de electricidad estática generada por la fricción entre los cuerpos, se observa que la mitad de los grupos interpretan la carga eléctrica como energía, sugiriendo que en la descarga disruptiva se "pierde" energía, la cual, entre otras ideas, creen que proviene del cuerpo.

Tabla 1

Respuestas de los estudiantes a la pregunta de la evaluación diagnóstica sobre la carga eléctrica

Grupo	Pregunta	Concepción	Respuesta de los grupos de estudiantes asociadas a esta concepción	Investigaciones que reporta estas mismas concepciones
1	En un día frío y seco, te das cuenta de que, al quitarte un suéter de lana, escuchas pequeños chasquidos y ves chispas. ¿Qué crees que está causando estos chasquidos y chispas?	La carga como energía	(se debe a la) electrostática	Thompson y Zambo (2017) señalan que los estudiantes, en el contexto de la enseñanza de la electricidad y la energía, suelen usar el concepto de "energía" de manera vaga e incorrecta, especialmente en fenómenos como la electricidad estática. Tienen a asociar la energía con efectos visibles como las chispas o la sensación de descarga
2			La acumulación de electricidad estática que causa la fricción del cuerpo con el suéter	
3			Esto se da debido a la fricción causada por el material del suéter cuando hace contacto con la piel y con la energía que nosotros tenemos almacenada	
4			Al quitarnos el saco de lana escuchamos chasquidos por la fricción entre el sujeto con la prenda de vestir y se observan chispas por el cambio de temperatura, entre la prenda de vestir y el ambiente.	
5			Mediante la fricción generada entre el cuerpo humano y un suéter de lana se genera o libera energía estática, la cual produce chispazos	
6			Al quitarnos el saco se genera una fricción entre el saco y nuestro cabello generándose una energía estática que es la que se muestra en forma de electricidad o de chispa	

En la tabla 2 se muestra un cuadro comparativo en el cual se presentan las respuestas de los estudiantes frente a la idea que tienen de campo, campo eléctrico y campo magnético. Se puede evidenciar que los estudiantes conciben el campo como un espacio al cual se le asignan

propiedades específicas, que en la mayoría de los casos lo imaginan como una región permeada de energía. Asimismo, en cuanto al campo eléctrico y magnético ubican que en este espacio se presentan interacciones, sin embargo, no enuncian como el campo es un mediador en la propagación de la acción, parece ser que solo lo identifican las fuentes de campos eléctricos y magnéticos, mezclándola con la idea de acción a distancia.

Tabla 2

Respuesta de los estudiantes frente a la idea de campo, campo eléctrico y magnético

Grupo	Pregunta	Concepción	Respuesta de los grupos de estudiantes asociadas a esta concepción	Investigaciones que reporta estas mismas concepciones
1			El campo (es un) área o lugar determinado. El campo eléctrico (es un) área cargada eléctricamente. El campo magnético (es un) área con atracciones magnéticas.	
2	Explica con tus propias palabras que entiendes por campo, campo eléctrico y campo magnético. Puedes representar con un dibujo las fuentes que producen campos eléctricos y campos magnéticos	El campo es energía que hay un lugar y las atracciones y repulsiones son el campo eléctrico y magnético.	El campo es un espacio que se caracteriza por las cosas que tiene. El campo eléctrico es un campo de luz que carga ondas hacia el espacio es vacío y tiene atracción. (El campo eléctrico es) campo de fuerza creado por la atracción y repulsión de cargas eléctricas. El campo magnético es un espacio de atracción donde se atraen polos opuestos. (Dibujos en el anexo)	Pezza et al. (2013) Pezza y sus colaboradores exploran cómo los estudiantes comprenden el campo eléctrico y cómo este concepto se vincula con su noción de energía y las interacciones. La investigación se centra en cómo los estudiantes, a menudo,
				malinterpretan la naturaleza del campo eléctrico, viéndolo como algo que simplemente "existe" en un punto dado sin reconocer su rol como mediador de interacciones

3			<p>El campo es un espacio en el que cualquier magnitud física tiene un valor específico en cada punto, pueden ser escalares o vectoriales. El campo eléctrico es un campo vectorial que se encarga de rodear a una carga eléctrica y describir la fuerza que otra ejercerá sobre otra carga en cualquier punto del espacio. El campo magnético se encarga de describir la influencia magnética en cargas eléctricas en movimiento, como materiales magnéticos o corrientes eléctricas.</p>	
4			<p>El campo eléctrico es un medio donde existen átomos positivos y negativos los cuales se atraen o se repelen según su polaridad generando así choques que producen energía eléctrica. El campo magnético es un medio donde se pueden encontrar algún tipo de energía. (Dibujo en anexo)</p>	

5			Un campo en física es un espacio determinado donde actúan diversos tipos de energía. El campo eléctrico es un espacio específico donde se muestra energía almacenada que puede ser dispersada en todos los sentidos. El campo magnético es un espacio específico generado por objetos con propiedades magnéticas donde se pueden encontrar diferentes tipos de energía.	
6			El campo es un espacio determinado para alguna acción en específico. El campo magnético es un área en la cual hay atracción entre los polos opuestos de los elementos que se encuentran allí. El campo eléctrico es un área en el cual ocurre un cambio en la cual hay elementos capaces de intercambiar energía.	

En la tabla 3 se muestran un cuadro comparativo de las respuestas que dan los estudiantes cuando se les pregunta acerca de cómo encenderían una bombilla sin una batería. Los estudiantes asocian al imán como el equivalente a una fuente de electricidad, como una batería. Esto indica que los estudiantes no encuentran un vínculo entre la electricidad y el magnetismo coherente, dado a partir de la idea de campo. En ese sentido, no hay un reconocimiento del fenómeno de inducción que sea coherente con la teoría de campos, lo cual está en concordancia con lo expuesto en el problema en la enseñanza de la física, particularmente del electromagnetismo. Se resalta esta concepción errónea por parte de los estudiantes con una investigación realizada sobre las formas en las que los niños conciben la inducción electromagnética en una etapa inicial.

Tabla 3

Respuestas frente la situación en la cual se enciende un bombillo sin una batería

Grupo	Pregunta	Concepción	Respuesta de los grupos de estudiantes asociadas a esta concepción	Investigaciones que reporta estas mismas concepciones
1	Imagina que tienes sobre tu mesa alambre de cobre, un imán y una bombilla. ¿Crees que puedas hacer que la bombilla encienda con los materiales que tienes? Explica cómo lo harías.	El imán es una fuente de energía equivalente a una batería	El cobre al ser material conductor de electricidad, donde si lo conectamos a ambos polos del imán (+ -), tendremos carga para prender la bombilla. (Realizan dibujo en donde conectan el cable a los polos del imán y este a su vez se conecta a las terminales de la bombilla)	Chabay y Sherwood (2006). En su trabajo, examinan las ideas erróneas que los estudiantes tienen sobre la electricidad y el magnetismo, en especial sobre la inducción electromagnética. Encuentran que los estudiantes frecuentemente conciben el imán como una "fuente de energía" que puede transferirse directamente al bombillo de forma similar a una batería, lo que sugiere una interpretación incorrecta de la inducción electromagnética y del papel del campo magnético variable.
2			Creemos que si prende. Enrollamos el alambre de cobre en el imán dejando dos extremos como polo positivo y polo negativo y después estos dos los unimos a la bombilla.	
3			Si se puede hacer que encienda porque al acercar el imán, se induce corriente y el bombillo enciende. Las conexiones son: Un extremo al alambre de cobre conectado al terminal positivo del bombillo. El otro extremo conectado al negativo del bombillo.	

4			Se hará movimiento consecutivo obteniendo así una fricción entre el imán y el alambre de cobre, lo que nos mostrará un aumento de energía dentro de estos elementos. Así se juntaran todos los elementos y la bombilla obteniendo que esta encienda.	
5			Partimos el alambre de cobre en dos partes iguales para así unir los polos negativos-positivos entre la bombilla y el imán para así generar un circuito en el que la energía es directa y sin ninguna interrupción.	
6			Si se podría hacer funcionar el circuito conectando el bombillo al imán mediante dos partes del cable. Una parte ira al polo positivo del imán y la otra a la parte negativa.	

7.2. Carga eléctrica y electrificación

La tabla 4 presenta un cuadro comparativo de las respuestas de los estudiantes a tres preguntas clave sobre carga eléctrica y electrificación. Se observa que los estudiantes describen la electrificación de los cuerpos a partir de la idea de un desbalance en las cargas eléctricas de los materiales, interpretando que cuando hay un exceso de portadores de carga negativa (asociado con iones y electrones), el cuerpo se encuentra cargado. En cuanto a la segunda pregunta, los estudiantes mencionan que un cuerpo está electrificado debido a un desbalance en sus cargas, sin considerar los efectos de atracción y repulsión (interacción) observados en la práctica experimental. Por ejemplo, señalan que si un cuerpo no está electrificado, no ejercerá ninguna interacción con cuerpos más pequeños, mientras que un cuerpo electrificado muestra efectos de interacción, como en los papeles y las láminas de aluminio. Para la tercera pregunta, la mayoría de los estudiantes solo reconoce el frotamiento

como una forma de electrificar conductores, sin notar que las láminas de aluminio se separaban debido a la electrificación por inducción, aunque no hubo contacto entre el conductor y otros materiales.

Tabla 4

Comparación de las respuestas de los estudiantes frente a la electrificación de materiales

Grupo	Preguntas	Respuesta de los grupos de estudiantes asociadas a esta concepción
1	<p>1. ¿Cómo definirían la electrificación de los cuerpos? 2. ¿Cuándo podemos decir que un cuerpo está electrificado? 3. ¿En qué condiciones o procedimientos se electrifica un cuerpo?</p>	<p>1. La electrificación es la energía producida mediante la fricción. 2. Cuando un cuerpo puede transferir cargas a un conductor. 3. Cuando un cuerpo conduce carga y debido a la fricción, al producir suficiente, este es capaz de electrificarse y de producir y conducir</p>
2		<p>Se define por medio de dos cuerpos que se atraen o se separan, podemos decir que un cuerpo está electrificado porque se transmite energía por medio de fricción</p>
3		<p>1. Esta se puede definir como la carga eléctrica que adquiere un objeto o cuerpo ya sea positivo o negativo, mediante el frotamiento o el contacto. 2. Un cuerpo está electrificado cuando existe un desequilibrio en su cantidad de electrones, en comparación con su estado neutro. 3. Un cuerpo se electrifica cuando se somete a un proceso que adquiera desequilibrio en las cargas eléctricas.</p>
4		<p>1. Se refiere a la acumulación de carga eléctrica en la superficie de un objeto. 2. Cuando ha ganado electrones. 3. Frotando un globo</p>
5		<p>1. La definimos como la ganancia de iones de cada cuerpo. 2. Cuando contiene una carga mayor de iones de la que es habitual. 3. Mediante fricción constante.</p>
6		<p>1. La electrificación la definimos es cuando un cuerpo neutro adquiere una carga eléctrica, ya sea positiva o negativa. 2. Cuando ese adquiere una carga eléctrica. 3. un cuerpo se electrifica al frotarlo y transferirlo a otro.</p>

La tabla 5 presenta un cuadro comparativo de las respuestas de los estudiantes sobre las interacciones eléctricas a distancia. Se observa que todos los estudiantes reconocen que los efectos de la interacción eléctrica entre materiales electrificados ocurren sin necesidad de contacto directo, y varios de ellos describen esta interacción como una "comunicación de energía" entre los cuerpos. Además, los estudiantes notan que las interacciones eléctricas son más intensas cuando los cuerpos están próximos y que la intensidad de la interacción disminuye a medida que aumenta la distancia entre ellos.

Tabla 5

Comparación de respuestas de los estudiantes sobre la acción a distancia

Grupo	Preguntas	Respuesta de los grupos de estudiantes asociadas a esta concepción
1	¿La distancia a la cual pusieron los cuerpos electrificados influyo en sus observaciones?	Sí, debido al alcance del campo electromagnético que estos tienen al estar cargados (el aluminio reacciona diferente).
2		Si, porque entre más lejos no funciona y entre más cerca se veía la energía que transmitían.
3		Si, debido a que los cuerpos electrificados debían estar a una distancia corta, es decir muy cerca al elemento conductor, para que pudiera producir reacción
4		Si influye ya que cada cuerpo electrificado ya que cada cuerpo electrificado tiene diferente fuerza o carga, se puede observar cómo unos tienen más fuerza, lo cual afecta en la distancia teniendo en cuenta la carga eléctrica que genera el cuerpo electrificado. Más distancia, menos fuerza, menos distancia más fuerza.
5		Si influyo. Cuando más cerca se encontraban los cuerpos electrificados a la pelota de aluminio, mayor era la repulsión entre las tiras de aluminio y viceversa.
6		Si influyo porque el globo debe estar cerca del aluminio para transferir energía a las tiras.

7.3. Circuito resistivo de corriente directa

En la tabla 6 se muestra un cuadro comparativo de las respuestas de los estudiantes a una pregunta sobre la relación entre el voltaje y la corriente eléctrica en un circuito. Se puede

notar que los estudiantes relacionan al voltaje como una “fuerza impulsora” de electrones que se mueven en un conductor. En la mayoría de los casos, los estudiantes establecieron una relación directamente proporcional entre la corriente y el voltaje, indicando que cuando aumente el voltaje va a circular más corriente en el circuito. Se resalta en las respuestas que los estudiantes relacionan la corriente directamente con el movimiento de portadores de carga en un conductor, aunque en la práctica experimental no se habló sobre el modelo cinético corpuscular de la materia, lo cual no significa que los estudiantes no lo identifiquen y lo adapten a sus explicaciones. Una de las intenciones en la formulación de las preguntas era que los estudiantes pudieran relacionar la corriente eléctrica como la energía que se comunica a través de un conductor y que se puede transformar en otras formas de energía, como luz o calor.

Tabla 6

Respuestas de los estudiantes sobre la relación entre voltaje y corriente

Grupo	Preguntas	Respuesta de los grupos de estudiantes
1		<p>Relación entre el voltaje y corriente en nuestras propias palabras</p> <p>Se puede decir que el voltaje depende de la corriente eléctrica, en un circuito cuando haya más voltaje si el voltaje aumenta la velocidad de la corriente eléctrica aumentará de igual forma</p>
2		<p>La relación entre la corriente y el voltaje en un circuito funciona de esta manera: el voltaje es lo que impulsa a los electrones a moverse a través de los cables, mientras que la corriente es el movimiento de esos electrones.</p>
3	<p>Explica con tus propias palabras como entiendes la relación que existe entre la corriente y el voltaje en un circuito.</p>	<p>La relación entre la corriente y el voltaje en un circuito es como la fuerza que impulsa a los electrones a moverse a través del conductor. Imaginemos el voltaje como una presión o empuje que "empuja" a los electrones a moverse; entonces, la corriente es el flujo de estos electrones que se desplazan a través del circuito.</p> <p>- Esto significa que si aumentamos el voltaje (y mantenemos la resistencia constante), la corriente también aumenta porque hay más "presión" que impulsa el flujo de electrones. En cambio, si disminuimos el voltaje, la corriente también disminuye.</p>

4	Su relación se podría decir que es como un causa y efecto, ya que el voltaje es la fuerza con la que pasa la corriente eléctrica, así que si el voltaje baja la corriente también bajará, y de forma inversa, si aumenta el voltaje la corriente también aumentará, esto siempre y cuando, la resistencia se mantenga constante, sin variación, así que termina siendo algo necesario mutuo, que depende del otro, para determinar su propiedad o más.
5	La corriente es la energía sin ningún limitador y el voltaje es la cantidad de energía que se aplica a un circuito o aparato.
6	No respondieron

La tabla 7 presenta un cuadro comparativo de las respuestas de los estudiantes sobre una pregunta que los invitaba a reflexionar acerca de la conservación de la energía en un circuito cuando aumenta la resistencia. Las respuestas revelan que muchos estudiantes relacionan la resistencia con la disipación de calor, explicando que la disminución de energía eléctrica en el conductor se compensa con el aumento de calor liberado por los resistores. También se observa que algunos estudiantes explican la disipación de calor en términos de "rozamiento" entre partículas cargadas y el material resistivo, sugiriendo que la energía cinética de las partículas disminuye y se compensa con el calor generado por esta fricción. Esto último refleja una dependencia en el modelo corpuscular de corriente eléctrica, que asume un comportamiento de las cargas similar al de partículas en movimiento que experimentan fricción.

Tabla 7

Respuestas de los estudiantes frente a la conservación de la energía en un circuito

Grupo	Preguntas	Respuesta de los grupos de estudiantes
1	Al aumentar la resistencia en el circuito podríamos interpretar que parte de la energía eléctrica que pasa a través de él se está "perdiendo", sin embargo, el principio de conservación de la energía nos dice que esta energía no se pierde, sino que se transforma. En ese sentido, ¿Cómo se está transformando esa	La energía no se pierde, sino que se disminuye el flujo, es decir, la corriente de energía eléctrica se transforma a una velocidad más lenta cuando aumenta la resistencia, en un escenario real, con nuestros sentidos no podríamos percibir esa disminución de energía sin un instrumento que nos ayude a verlo. necesito que acomodes la redacción y si le hace falta algo añádelo utilizando palabras de un estudiante.

2	energía? ¿En un escenario real podríamos percibir con nuestros sentidos esa disipación de energía?	<p>Cuando aumentamos la resistencia en un circuito, parte de la energía eléctrica se transforma en otras formas de energía, principalmente en calor. Este fenómeno se conoce como disipación de energía y ocurre debido a la fricción de los electrones al moverse a través del material resistivo. En un escenario real, sí podemos percibir esta disipación de energía con nuestros sentidos. Por ejemplo, en un resistor o en un aparato que genera calor (como una estufa eléctrica), podemos sentir el calor que emite. Esto se debe a que la energía eléctrica se está convirtiendo en energía térmica. También, en algunos dispositivos, podríamos observar que emiten luz (como en el caso de una bombilla), donde parte de la energía eléctrica se transforma en energía luminosa, aunque el calor también se genera.</p>
3		<p>Cuando aumentas la resistencia en un circuito, parte de la energía eléctrica se transforma en calor debido al efecto Joule, que es el resultado de la resistencia al flujo de corriente. Este fenómeno ocurre porque los electrones que se mueven a través del conductor encuentran oposición en la resistencia, lo que provoca que parte de la energía cinética de estos electrones se convierta en calor. En resumen, aunque parte de la energía eléctrica se "pierde" en el sentido de que no se utiliza para realizar trabajo útil, esta energía se transforma en otras formas, principalmente calor, que puedes percibir en situaciones reales.</p>

4		Como indica no se pierde, solo se transforma, y talvez no se refleja en energía eléctrica, pero se empieza a percibir por energía térmica, por ejemplo, una batería cargándose, por medio de un cargador con enchufe en la pared, el cargador lo más probable es que luego de un tiempo coja una temperatura elevada más que lo habitual ya que su resistencia es tan alta para evitar que la batería se dañe por tanta corriente eléctrica, así que el cargador cumple su función de ser un obstáculo para la energía eléctrica, pero se convierte en una especie de receptor a una energía térmica.
5		Cuando aumentamos la resistencia en un circuito, parte de la energía eléctrica se transforma en calor. Esto se debe a la resistencia que presenta el material al paso de la corriente eléctrica, generando calor a través del efecto. La energía eléctrica se convierte en energía térmica, que se disipa en forma de calor. En un escenario real, sí podríamos percibir esta disipación de energía.
6		No respondieron

7.4. Campo eléctrico y campo magnético

La tabla 8 muestra un cuadro comparativo entre las respuestas de los estudiantes frente a una pregunta sobre la relación entre la intensidad de las líneas de fuerza entre dos imanes y la distancia que los separa. Las respuestas de los estudiantes muestran una comprensión general de la relación inversa entre la distancia y la magnitud de la fuerza magnética, un concepto que se alinea con la ley de la interacción magnética, la cual establece que la fuerza entre imanes disminuye con el aumento de la distancia. Sin embargo, sus explicaciones presentan algunas imprecisiones y simplificaciones.

Tabla 8

Respuestas de los estudiantes sobre la interacción magnética en función de la distancia

Grupo	Preguntas	Respuesta de los grupos de estudiantes
1	Según tus observaciones anteriores (Sobre la intensidad de la fuerza magnética en función de la distancia que separa dos	Disminuye debido a que el campo magnético entre las cargas se hace más pequeño.

2	imanes), ¿Puedes afirmar que a medida que aumenta la distancia, la fuerza magnética aumenta o disminuye?	A medida que aumenta la distancia entre los imanes, la fuerza magnética disminuye tanto en la atracción como en la repulsión.
3		Disminuye, debido q que entre más separadas estén la fuerza magnética van a ser menor, y viceversa, entre más cerca estén va a ser mayor
4		A medida que la distancia aumenta la fuerza magnética disminuye tanto en su fuerza de atracción como de repulsión debido a sus polos y en algún punto concreto no tendrán ninguna fuerza magnética.
5		Disminuye ya que entre más lejos hay menos atracción y repulsión al punto que estarán tan lejos que no habría nada
6		La fuerza al aumentar la distancia se disminuye

La tabla 9 muestra un cuadro comparativo de las respuestas de los estudiantes a una pregunta en relación con la mediación del campo en las interacciones magnéticas de acuerdo con la visualización de las líneas de fuerza para dos imanes que se atraen y que se repelen. Las respuestas de los estudiantes muestran una comprensión básica sobre la alineación de las limaduras de hierro en un campo magnético, reconociendo correctamente que las limaduras se alinean según el campo y que la disposición depende de la polaridad de los imanes. Algunos estudiantes mencionan correctamente la atracción entre los polos opuestos y la repulsión entre los polos iguales, lo cual indica una observación de los efectos magnéticos. Sin embargo, también se presentan confusiones, como la utilización incorrecta de términos como "polo sur (+)" o la falta de claridad en la descripción de las fuerzas magnéticas. Aunque algunos estudiantes identifican que las limaduras se alejan o atraen dependiendo de la orientación de los imanes, su comprensión de las líneas de campo magnético y la intensidad del campo aún es superficial.

Tabla 9

Respuestas de los estudiantes sobre la mediación del campo magnético en la interacción

Grupo	Preguntas	Respuesta de los grupos de estudiantes
1	1. ¿Qué diferencias observas en la disposición de las limaduras de hierro según la orientación de los imanes (En el caso de atracción y repulsión)? 2. Cómo se relacionan estas observaciones con la idea de atracción y repulsión? Representa con un	Mientras vemos que en un imán las limaduras forman puntas repeliéndose mientras que en la otra observamos cómo las limaduras se ven más compactas.

2	dibujo lo que observas (En anexos).	Cuando se colocan las limaduras de hierro cerca de los imanes, se alinean según el campo magnético, si los imanes tienen polos opuestos, formando un puente entre ellos mostrando atracción. Con polos iguales las limaduras se alejan del centro, reflejando la repulsión entre los imanes.
3		La disposición del polo sur (+) la limadura de hierro se une y se atrae, en cambio el polo norte (-) se repele dejando un círculo central vacío.
4		No respondió
5		Observamos que al usar el lado de atracción (del imán) las limaduras se atraen al centro y con el lado de repulsión las limaduras se dispersan dejando vacío el centro pero pegándose a la orilla.
6		Dependiendo de la orientación de la polaridad, las limaduras se verán maso menos atraídas, lo que hace que se levanten en mayor o menor medida.

La tabla 10 muestra un cuadro comparativo de las respuestas de los estudiantes a una pregunta sobre la naturaleza direccional del campo magnético y la forma en la que en la que se vincula el magnetismo a partir de los efectos observados en la brújula que se acerca a un electroimán (solenoides). Las respuestas muestran una comprensión parcial y algunas imprecisiones sobre el comportamiento de las brújulas en un campo magnético generado por un solenoide. Algunos estudiantes describen correctamente cómo la brújula se orienta en función de la dirección del campo magnético, especialmente al acercarla al solenoide y notar el cambio de orientación de la aguja al invertir la corriente. En general, las respuestas correctas evidencian una comprensión de la relación entre la electricidad y el campo magnético que es detectado por una brújula en las cercanías al solenoide.

Tabla 10

Respuestas de estudiantes sobre la naturaleza direccional del campo generado por corrientes

Grupo	Preguntas	Respuesta de los grupos de estudiantes
1	¿Cómo puedes usar una brújula para explorar la dirección del campo magnético creado por el solenoide (Bobina), y que te dice eso sobre la conexión entre electricidad y magnetismo?	La electricidad es capaz de crear un campo magnético, las brújulas, ubicadas en el campo magnético pueden señalar las direcciones de este campo

2	Primero coloco la brújula cerca del solenoide encendido (electroimán), luego observo cómo se orienta la aguja, el extremo norte apuntara en la dirección del campo. Si muevo la brújula alrededor del solenoide, puedo ver cómo cambia la dirección del campo magnético
3	No respondió
4	No respondió
5	Al usar la brújula para explorar el campo magnético acercándola a diferentes partes del solenoide, lo cual la aguja de la brújula se alineará con las líneas de campo magnético, que genere el solenoide, cuando esta se acerca al solenoide, se notara que la brújula apunta en la dirección del campo magnético, y si se invierte la corriente, la brújula cambiará la dirección.
6	La brújula apunta hacia el campo magnético más fuerte, al encender el solenoide las brújulas apuntaran hacia el campo magnético que estas generan al ser más fuertes y el más cercano.

7.5. Flujo de un campo y ley de Faraday

La tabla 11 muestra un cuadro comparativo a las respuestas que dieron los estudiantes a una pregunta sobre la relación entre la dirección de la corriente y el efecto que se produce en una brújula que inicialmente estaba orientada paralelamente respecto al cable, y que su dirección cambia cuando circula corriente por el conductor. Esta pregunta sale del desarrollo del experimento de Oersted. Las respuestas de los estudiantes reflejan una comprensión muy general sobre la relación entre electricidad y magnetismo al reconocer que la corriente que pasa por el alambre genera un campo magnético que afecta la orientación de la aguja de la brújula. Sin embargo, su comprensión de cómo interactúan específicamente el campo magnético y la brújula presenta confusiones, ya que algunos interpretan esta interacción en términos de "repulsión" y "atracción" entre polos, lo cual no es aplicable en este contexto. Aunque captan que la corriente en el alambre crea un campo magnético, no siempre comprenden que la dirección de la aguja depende de la orientación del campo, y no directamente de la corriente o de una polaridad específica. Además, algunos confunden el papel del voltaje, pensando que este influye en el movimiento de la aguja, cuando es realmente la intensidad de corriente la que determina el campo magnético generado.

Tabla 11

Respuestas de los estudiantes en relación con el experimento de Oersted

Grupo	Preguntas	Respuestas de los estudiantes
1	Al realizar el experimento de Oersted ¿Cómo describirías la relación entre la dirección de la corriente en el alambre y la orientación de la aguja en la brújula?	Cuando la brújula apunta al lado positivo del alambre, y se carga el alambre con energía la brújula se va a lado izquierdo del alambre. Cuando el polo positivo del alambre está alineado con la aguja de la brújula, las líneas de la fuerza serán de repulsión y cuando se invierte la polaridad del alambre, sucede el efecto contrario
2		El alambre al pasarle corriente crea su propio campo magnético, donde la brújula señala la dirección del campo magnético.
3		Al circular una corriente eléctrica por el cable, se genera un campo magnético alrededor del mismo, este campo magnético interactúa con el campo magnético de la aguja de la brújula causando que esta se desvíe, la dirección de la aguja depende de la dirección de la corriente eléctrica, en este caso la brújula está en el campo magnético de la tierra y el cable está en una posición paralela haciendo que la aguja de la brújula se vaya hacia la derecha. Las líneas del campo magnético, formando círculos alrededor del cable cuando la aguja de la brújula se encuentra dentro de este campo se alinea causando que se desvíe.
4		Dependiendo del voltaje con el que se sea afectado el cable la brújula se verá afectada y tendrá su movimiento dependiendo del voltaje de la corriente.
5		Observamos que, al pasar la corriente por el alambre, la aguja de la brújula se mueve, alterando su campo magnético por ende su posición si la corriente fluye estando el alambre alineado a la brújula, se muestra un campo magnético circular alrededor del alambre; al invertir la polaridad la aguja de la brújula cambia la orientación.

La tabla 12 muestra un cuadro comparativo a las respuestas que dan los estudiantes a una pregunta sobre la relación entre la dirección de la corriente y la circulación del campo magnético alrededor de un conductor recto. Esta pregunta se hace a partir del experimento en donde se visualiza un patrón circular alrededor de un conductor recto y se establece la relación a partir de la regla de la mano derecha. Las respuestas de los estudiantes muestran que, en general, reconocen el patrón circular de las limaduras de hierro alrededor de un conductor recto y entienden que este patrón representa las líneas de campo magnético generadas por la corriente en el alambre. Varios estudiantes describen correctamente que el campo magnético sigue una trayectoria definida alrededor del conductor, influida por la dirección de la corriente. Sin embargo, en algunos casos, hay ambigüedades en la descripción del patrón, al compararlo con un "tornado o remolino", lo cual podría reflejar una interpretación visual confusa del campo magnético. En cuanto a la Ley de Ampère, los estudiantes comprenden parcialmente la relación entre la corriente y la intensidad del campo magnético, pero algunos parecen asociar incorrectamente el voltaje con la intensidad del campo, cuando es la corriente la que determina esta relación. Las respuestas también indican una comprensión general de que la Ley de Ampère describe la vinculación entre el campo magnético y la corriente, aunque en algunos casos, esta relación no se expresa de forma precisa o completa en términos de circulación del campo y corriente encerrada en el bucle.

Tabla 12

Respuestas de los estudiantes sobre la relación entre la dirección de la corriente y el campo

Grupo	Preguntas	Respuestas de los estudiantes
1	Al observar la disposición de las limaduras de hierro alrededor del cable conductor, ¿Cómo describirías el patrón que se forma? ¿Qué relación puedes establecer entre la dirección de las líneas de campo magnético y la dirección de la corriente en el cable, y, cómo se relaciona con la Ley de Ampere?	Dependiendo del cable conductor hacia donde este direccionado el campo magnético saldrá del campo frontal dando la vuelta al cable conductor. La relación es que la trayectoria del campo magnética está definida por la dirección que lleva la corriente en el alambre. La ley de Ampere se puede relacionar ya que el campo magnético y su intensidad se define por la dirección de la corriente.
2	Nota: Respecto a la relación entre la dirección de la corriente con la del campo se hace desde la regla de la mano derecha.	Las limaduras de hierro se alinean formando círculo alrededor del cable conductor representando las líneas del campo.

3		Al ver las limaduras del hierro alrededor del cable, vimos que forman un patrón circular; esto pudo pasar porque el campo magnético del cable así lo es. La dirección de las líneas del campo depende de hacia dónde fluya la corriente en el cable y se relaciona con la ley de Ampere, se dice que el campo se crea alrededor del conductor con corriente, y su intensidad depende de la corriente que pasa por él.
4		El patrón de forma de las limaduras de hierro se asemeja a un tornado o remolino y según lo que dice la ley de Ampere, esto se relaciona con la fuerza de la corriente transmitida por medio del cable conductor, y según el voltaje transmitido estos girarán, alrededor de él.
5		Cuando se coloca un cable conductor cerca de las limaduras de hierro y se hace pasar una corriente eléctrica a través del cable las limaduras de hierro se alinean en un patrón característico que refleja la dirección a la intensidad del campo magnético generado por la corriente. La ley de Ampere se relaciona la intensidad de la corriente y la circulación del campo magnético

La Tabla 13 presenta un cuadro comparativo de las respuestas de los estudiantes a una pregunta sobre el flujo de campo magnético, tanto constante como variable, que atraviesa una espira conductora, considerando las líneas de fuerza que cruzan el área del conductor. Las respuestas de los estudiantes demuestran una comprensión adecuada de las condiciones que hacen que el flujo magnético sea constante o variable. Comprenden que el flujo es constante cuando el imán y la bobina permanecen fijos, sin cambios en la intensidad del campo magnético, y es variable cuando hay movimiento relativo entre el imán y la bobina o cuando la intensidad del campo cambia. Identifican correctamente el uso del galvanómetro para detectar cambios en el flujo magnético, lo que indica corriente inducida. Aunque en algunos casos hay confusión al mencionar la intensidad del campo, en general los estudiantes entienden la relación entre el flujo magnético, el movimiento y lo conectan con la inducción de corriente debido al efecto del flujo de campo cambiante.

Tabla 13

Respuestas de los estudiantes a la pregunta de flujo de campo magnético constante y variable

Grupo	Preguntas	Respuestas de los estudiantes
1		El flujo magnético es constante cuando el imán y la bobina permanecen en posiciones fijas. En esta situación, el número de líneas de campo no cambia con el tiempo, manteniendo el flujo constante. Al acercar el imán a la bobina las líneas de campo magnético pasan más intensamente a través del área de la bobina, incrementando el flujo magnético, igualmente al aumentar el área de la bobina, también aumenta la cantidad de líneas de campo que atraviesan la espira.
2	¿En qué condiciones crees que el flujo de campo magnético es constante? ¿Cuándo este flujo magnético es variable en el tiempo? ¿Cómo puedes identificarlo?	El flujo magnético es constante cuando no hay movimiento relativo entre el imán y la bobina, es decir cuando ambos están sujetos o el campo magnético no cambia en intensidad. El flujo es cambiante cuando hay movimiento del imán o la bobina o cuando se altera la intensidad del campo magnético. Esto se identifica mediante la desviación en el galvanómetro, si hay cambio en el flujo magnético, el galvanómetro registrara una corriente inducida.
3	¿En qué condiciones crees que el flujo de campo magnético es constante? ¿Cuándo este flujo magnético es variable en el tiempo? ¿Cómo puedes identificarlo?	El flujo de campo magnético es constante cuando no hay ningún movimiento entre el imán y la espira del campo magnético no cambia. Este es variable cuando el imán se mueve en relación a la espira, o también cuando el campo magnético cambia. Esto se puede identificar con el galvanómetro cuando muestra cambios de dirección o intensidad.

4		El flujo de campo magnético se mantiene constante cuando el imán y la bobina están fijos en su posición y el área de la bobina no cambia y el número de líneas de campo magnético que atraviesa siempre es el mismo, empieza a ser variable en el tiempo cuando movemos el imán o si cambiamos en tamaño de la bobina, variando la cantidad de líneas de campo. Nos damos cuente de este cambio porque se induce una corriente en la bobina y si hay una lectura en el galvanómetro.
5		No haya variaciones en la intensidad del campo magnético que atraviesa la espira. Al aumentar el área de la espira, aumenta el número de líneas de campo magnético que atraviesan esa área, incluso si la densidad de las líneas permanece constante. Esto también produce un aumento en el flujo magnético. Al mover la bobina dentro del campo magnético variable generada por el electroimán, se está cortando las líneas de campo magnético y se induce corriente que registra el galvanómetro

La Tabla 14 presenta un cuadro comparativo de las conclusiones alcanzadas por los estudiantes en relación con la práctica experimental de la sesión, la cual incluyó experimentos que conectaban electricidad y magnetismo a través del estudio del campo magnético y su representación mediante líneas de fuerza. Las conclusiones se centran en la ley de Faraday y el fenómeno de inducción electromagnética, esperando que, en este punto de la secuencia de enseñanza, los estudiantes hayan conceptualizado ideas clave sobre el campo y lo reconozcan como el medio a través del cual se propaga la acción, así como que los efectos observados se explican a partir de él. Además, se espera que comprendan la inducción como un proceso dinámico y temporal en el que el campo magnético interactúa con un conductor. Las conclusiones de los estudiantes reflejan un buen avance en su comprensión de la relación entre electricidad y magnetismo, particularmente en relación con el fenómeno de la inducción electromagnética descrito por la ley de Faraday. Han reconocido algunos principios clave, como que un cambio en el campo magnético genera corriente en un conductor sin necesidad de una fuente de voltaje, y que la variación en la intensidad del campo magnético y el movimiento relativo entre el imán y la bobina son factores que inducen la corriente. Esto indica una nueva comprensión sobre el papel del campo magnético en la generación de electricidad, expandiendo su conocimiento más allá de las fuentes de corriente convencionales.

En cuanto al papel del campo en sus ideas, los estudiantes han comenzado a verlo como un agente activo que interactúa dinámicamente con los conductores para producir corriente eléctrica. Este es un avance importante, ya que antes parecían asociar la generación de corriente solo con baterías o fuentes de energía directa. La observación de que una bombilla puede encenderse mediante un cambio en el campo magnético que atraviesa al conductor les ha ayudado a captar el concepto de inducción electromagnética como un proceso dinámico, en donde la idea de flujo de campo cambiante, representado por las líneas de fuerza que atraviesan al conductor los ha llevado a pensar en que es a partir del campo magnético que se comunica el efecto del magnetismo producido por una fuente y un conductor. En general, las conclusiones indican una evolución en su comprensión conceptual del campo como un medio activo y fundamental para el fenómeno de inducción.

Tabla 14

Conclusiones de los estudiantes sobre el flujo de campo magnético y la ley de Faraday

Grupo	Preguntas	Respuestas de los estudiantes
1		1. Un cambio en el campo magnético alrededor de una bobina genera corriente sin necesidad de una fuente de voltaje directa. 2. El flujo magnético aumenta con la proximidad del imán y el área de la espira. 3. El flujo magnético es constante cuando el imán y la bobina están fijos.
2		1. La dirección de la corriente eléctrica determina la polaridad del campo magnético creado. 2. El número de espiras y la intensidad de la corriente influyen directamente en la intensidad del campo magnético. 3. El movimiento de un conductor dentro de un campo magnético variable induce una corriente eléctrica.
3	Conclusiones de los estudiantes: Elabora tus conclusiones de esta práctica (Flujo de campo y ley de Faraday). Puedes resaltar lo que aprendiste hoy y puedes hacer comparaciones con las ideas previas que tenías sobre la relación entre electricidad y magnetismo.	1. Aprendimos que al mover un imán cerca de una espira se puede generar electricidad lo cual nos resultó interesante porque antes pensábamos que solo se podía con baterías o conectando a la corriente. 2. Nos sorprendió que una bombilla se pudiera encender sin estar conectado a una fuente de energía, solo por el campo magnético cambia cuando el imán se mueve. 3. Gracias a esta práctica pudimos comprender mejor la relación que existe entre el magnetismo y la electricidad ya que observamos que ambos se conectan y cómo los cambios en el campo magnético pueden generar esa corriente.

4		<p>En esta práctica se observó la relación entre el movimiento en un campo magnético y la generación de electricidad mediante la inducción electromagnética. Se comprobó que al cambiar el flujo magnético (ya sea movimiento de imán o las bobinas) se genera una corriente en la bobina que puede ser detectada por el galvanómetro o incluso encender una bombilla. Evidenciamos la ley de Faraday que establece que un flujo magnético variable induce una fuerza electromotriz. La inducción electromagnética permite generar electricidad sin un voltaje aparentando únicamente el movimiento en un campo magnético. 3. La intensidad de la corriente inducida depende de la velocidad del cambio del flujo magnético y de la proximidad del imán a la bobina. 4. Ello ayuda a entender aplicaciones como los generadores eléctricos que funcionan con el principio de inducción electromagnética.</p>
5		<p>1. El flujo del campo magnético se mantiene constante cuando el imán y la bobina están fijos en sus posiciones y el área de la bobina cambia y el número de líneas de campo magnético que atraviesan siempre es el mismo. Empieza a ser variable en el tiempo cuando movemos el imán o cambiamos el tamaño de la bobina alterando la cantidad de líneas de campo. Nos damos cuenta de este cambio porque se induce una corriente en la bobina y si hay una lectura en el galvanómetro. 2. La bombilla se enciende gracias a la inducción electromagnética según la ley de Faraday cuando el flujo cambia se genera un voltaje en la bobina, que es como inducido, eso hace que haya una corriente en el circuito sin una pila o fuente externa y cuando movemos el imán la bombilla se enciende porque se está generando corriente en la bobina.</p>

7.6. Construcción de un transformador

La tabla 15 muestra un cuadro comparativo de las respuestas que dan los estudiantes a una pregunta sobre el funcionamiento de un transformador simple a partir del fenómeno de

inducción electromagnética. Estas respuestas son el eje central de la evaluación de la secuencia de enseñanza ya que los estudiantes construyeron el montaje experimental, observaron los efectos e intentan explicarlos a partir de los conocimientos aprendidos a lo largo de la experiencia didáctica de enfoque experimental. Las respuestas de los estudiantes muestran que comprenden los principios básicos de la inducción electromagnética en el transformador: reconocen que la bobina emisora genera un campo magnético al pasar corriente, y que este campo debe ser variable para inducir corriente en la bobina receptora, permitiendo que el LED se encienda sin conexión directa. Entienden que el transistor facilita esta variabilidad al funcionar como un interruptor que enciende y apaga la corriente, y relacionan este fenómeno con la ley de Faraday, explicando cómo el campo magnético cambiante induce voltaje en el segundo circuito. Además, los estudiantes identifican el papel del campo magnético como el medio que "transmite" energía entre las bobinas, aunque algunos presentan dificultades para expresar claramente esta transferencia sin conexión física.

Tabla 15

Respuestas de los estudiantes sobre el funcionamiento del transformador desde la inducción

Grupo	Preguntas	Respuestas de los estudiantes
1		La bobina emisora produce un campo magnético porque pasa corriente por ella, el campo viaja de la bobina emisora a la bobina receptora y le trasmite la energía para que prenda el bombillo, y este enciende sin conexión porque se induce un voltaje en la bobina receptora, aunque solo lo hace de un lado, por el otro no prende. El transistor hace que pueda funcionar el transformador, sino no habría inducción.
2	¿Qué fenómeno ocurre entre la bobina emisora y la bobina receptora para que se encienda el LED sin conexión directa entre ellas? Explica con tus palabras como funciona tu transformador.	Ocurre inducción electromagnética que explica la ley de Faraday de por qué se prende el bombillo sin una batería. El transistor hace que la corriente se apague y se prenda y eso hace que haya un campo que no es igual siempre, y por eso se produce inducción en la bobina receptora. El transformador funciona porque la corriente de la bobina emisora hace que la energía viaje a la bobina receptora por el campo.

3		<p>Ocurre el fenómeno que se induce un voltaje en la bobina receptora gracias a la bobina emisora, o sea inducción electromagnética. El campo magnético debe ser variable para que se encienda la bombilla y lo debe producir la bobina receptora, ya que por ella pasa corriente eléctrica. El transformador funciona por inducción electromagnética, y si no está el transistor no va a funcionar. Además, el transformador funciona solo si la bobina está con el LED hacia arriba, porque cuando el led queda hacia abajo no funciona, porque la corriente debe ir solo para un lado.</p>
4		<p>La bombilla enciende sin conexión a la batería por la inducción electromagnética ya que la bobina emisora produce en la bobina receptora, y es el campo magnético que produce la corriente de la emisora que llega a la receptora, y como es variable entonces hace que la energía llegue a la receptora y se encienda el LED, es así que funciona.</p>
5		<p>Creemos que es por la inducción electromagnética el fenómeno por el cual enciende el LED. Como hay un campo magnético que genera la bobina emisora, este se comporta como el imán que se movía en la espira y hacía que pasara corriente por el flujo de campo que pasaba por ella. El transistor es como un interruptor de la corriente, y por lo tanto del campo, entonces las líneas del campo que pasan por la bobina receptora son siempre diferentes y por eso enciende la bombilla, funcionando así el transformador, que transforma el magnetismo en la electricidad suficiente para que encienda en LED.</p>

8. Reflexión sobre los alcances pedagógicos y didácticos

La secuencia de actividades experimentales diseñada para enseñar inducción electromagnética, implementada con estudiantes de grado 11 del colegio Castilla IED, mostró un impacto significativo en el desarrollo conceptual de los estudiantes, quienes lograron comprender los principios fundamentales del electromagnetismo y, en particular, del fenómeno de inducción. Este aprendizaje indica una conceptualización adecuada y la generación de nuevos conocimientos, lo que se evidencia en la capacidad de los estudiantes para elaborar explicaciones situadas en los efectos observados durante las actividades experimentales. Desde una perspectiva pedagógica, la secuencia siguió una estructura progresiva y unificadora, facilitando que los estudiantes comprendieran tanto conceptos básicos como ideas más complejas, como el campo magnético y su representación a partir de un modelo de líneas de fuerza. Esta representación permite reconocer el campo como un medio comunicante de la acción, esencial para interpretar el fenómeno de la inducción electromagnética como un proceso dinámico y temporal entre el campo y un conductor eléctrico. Esto favoreció una construcción de conocimientos paso a paso, permitiendo a los estudiantes vincular electricidad y magnetismo como manifestaciones de un mismo fenómeno y representarlos mediante la teoría de campos.

La enseñanza basada en actividades experimentales brindó a los estudiantes experiencias sensoriales que facilitaron la construcción de nuevos conocimientos. En esta propuesta, el experimento desempeñó un papel fundamental al permitir que los estudiantes conectaran la teoría con la práctica, yendo más allá de un simple medio para verificar teorías. Los estudiantes no solo observaban, sino que también interactuaban con los experimentos y situaban los fenómenos en un contexto que les permitía formular hipótesis y hacer predicciones. De esta manera, lograron vincular los efectos observados con sus propias experiencias, interpretándolos y ampliándolos a la luz de la teoría electromagnética. Además, alineada con el modelo pedagógico de la institución, que adopta un modelo de pedagogía crítica, la propuesta experimental enriqueció tanto la comprensión de los conceptos como el desarrollo del pensamiento crítico, fundamentado en el marco teórico del electromagnetismo.

La propuesta de enseñanza fomenta la indagación y el descubrimiento, ya que las actividades en el aula están guiadas por preguntas orientadoras que dirigen tanto los procedimientos como el análisis de las observaciones. Estas preguntas estructuran los pasos experimentales que llevan a los estudiantes a la observación de los efectos e invitan a los estudiantes a reflexionar sobre sus observaciones y a desarrollar una comprensión de los fenómenos. Las preguntas orientadoras llevan a los estudiantes a formular sus propias hipótesis, a cuestionar sus ideas iniciales y a verificarlas mediante la observación y el análisis experimental.

El uso de modelos representativos, como las líneas de campo magnético, ayudó a los estudiantes a representar conceptos complejos, como el de campo, y a “materializar” de alguna manera aquello que es abstracto y que requiere un proceso de construcción para ser conceptualizado. Esto fue esencial en el desarrollo de las actividades, ya que permitió a los estudiantes explicar cómo un objeto puede influir en otro sin contacto directo. Por ejemplo, el

concepto de flujo magnético se vuelve más comprensible cuando los estudiantes interpretan las líneas de campo magnético que atraviesan el área de un conductor cerrado. Además, la idea de un flujo cambiante en el tiempo se vuelve más clara al considerar el aumento o disminución de las líneas de campo que atraviesan el conductor, lo cual ayuda a los estudiantes a entender cómo se induce la corriente en él.

En general, los resultados de la propuesta de enseñanza evidencian que esta alcanzó en gran medida los objetivos tanto de enseñanza como de aprendizaje. En cuanto a la enseñanza, la propuesta fue planificada a partir de una reconstrucción didáctica del contenido que se quería enseñar, en la que los experimentos y modelos permitieron construir las conexiones necesarias para fomentar la comprensión de los conceptos. Esto reconoce que el conocimiento no se puede enseñar de forma desconectada y desorganizada, sino que requiere una reconstrucción y adaptación a las necesidades cognitivas de los estudiantes, siendo coherente con la forma en que estos adquieren los conocimientos.

Respecto al aprendizaje, los estudiantes lograron desarrollar una comprensión significativa de los conceptos que se vinculan con el fenómeno de inducción y electromagnetismo, lo cual se reflejó en su habilidad para predecir y explicar los efectos observados en los experimentos. A través de la secuencia de actividades experimentales, los estudiantes fueron conscientes de que aprender física no es solo memorizar información, sino pensar en los fenómenos de la naturaleza a partir de las experiencias dadas, en este caso, desde la experimentación. La forma en que se orientaron las actividades permitió que los estudiantes construyeran explicaciones fundamentadas con los conceptos que se vinculan a los fenómenos, que conectaran sus conocimientos previos con nuevos conceptos y que pudieran representar fenómenos complejos. En general, los estudiantes comprendieron las ideas generales del electromagnetismo y vincularon la electricidad y el magnetismo por medio de modelos representativos sobre los cuales justifican sus explicaciones.

9. Referencias Bibliográficas

- Arons, A. B. (1997). *Teaching Introductory Physics*. Wiley.
- Berkson, W. (1974). *Las teorías de los campos de fuerza: Desde Faraday hasta Einstein*. Alianza Universidad.
- Chabay, R. W., & Sherwood, B. A. (2006). Restructuring the introductory electricity and magnetism course. *American Journal of Physics*, 74(4), 329–336.
- Duit, R. (2004). Teaching and learning the physics of electromagnetism: A cognitive perspective. *International Journal of Science Education*, 26(7), 781–799. <https://doi.org/10.1080/0950069032000127363>
- Faraday, M. (1832). *Experimental Researches in Electricity* (Vol. 1). Richard and John Edward Taylor.
- Faraday, M. (1855). *Experimental Researches in Electricity*. London: Richard and John Edward Taylor.
- Galili, I. (1995). Interpretation of students' understanding of the concept of electric field in a physics course. *International Journal of Science Education*, 17(2), 201–219. <https://doi.org/10.1080/0950069950170206>
- Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742–752.
- Hacking, I. (1983). *Representar e intervenir: Introducción a la filosofía de la ciencia empírica*. Paidós.
- Kant, I. (2007). *Crítica de la razón pura* (Edición bilingüe, P. Ribas, Ed.). Editorial Alfaguara.
- Kant, I. (2014). *Crítica de la razón pura* (J. A. O. Morales, Trad.). Ediciones Istmo. (Original work published 1781).
- Koponen, I. T., & Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*.
- Koponen, I. T., & Mäntylä, T. (2009). Reconstruction of the notion of field: A case of a qualitative teaching-learning sequence of the electric field concept. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Koponen, I. T., & Pehkonen, M. (2010). The role of physics experiments in teaching physics: Practice and theory in a new light. *Physics Education*.

- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12–S23. <https://doi.org/10.1119/1.1371296>
- Martí Feixas, J. (2012). *Aprender ciencias en la educación primaria*. Graó.
- Mäntylä, T., & Koponen, I. T. (2007). Understanding the role of experiments in physics: A framework for epistemological reconstruction of physics teaching. *Science & Education*.
- Mäntylä, T., & Nousiainen, M. (2014). Consolidación del conocimiento de la materia de física de los profesores en prácticas mediante reconstrucciones didácticas. *Science & Education*.
- Moreno, R. (2010). Cognitive load theory: Implications for teaching complex learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.01.002>
- Naizaque, J. P. (2013). Desafíos en la enseñanza del electromagnetismo en secundaria. *Revista Educación y Pedagogía*, 25(64), 95–110. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/16952>
- Pezza, P., Moreira, M. A., & Pinto, M. M. (2013). Las concepciones de los estudiantes sobre el campo eléctrico y su relación con la energía. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(2), 2203–2211.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Morata. <https://www.edmorata.es/libros/aprender-y-ensenar-ciencia-del-conocimiento-cotidiano-al-conocimiento-cientifico/>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Thompson, L., & Zambo, R. (2017). Understanding student misconceptions about electricity and energy. *Journal of Science Education*, 15(3), 112–124.
- Vargas, C. A. (2019). Dificultades en la enseñanza del electromagnetismo en estudiantes de secundaria. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 45–62. <https://revistes.uab.cat/ensciencias/article/view/vargas2019>
- Wallace, W. A. (1996). *Francis Bacon: The science and the craft of politics*. Cambridge University Press.

10. Anexos

El primer anexo corresponde a la evaluación diagnóstica que se aplicó a los estudiantes con el fin de poder contrastar las ideas previas de los estudiantes con las concepciones alternativas de las diferentes investigaciones

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA DE ELECTROMAGNETISMO
FÍSICA CUARTO PERIODO

Profesores: Felipe Pesca–Héctor Calderón

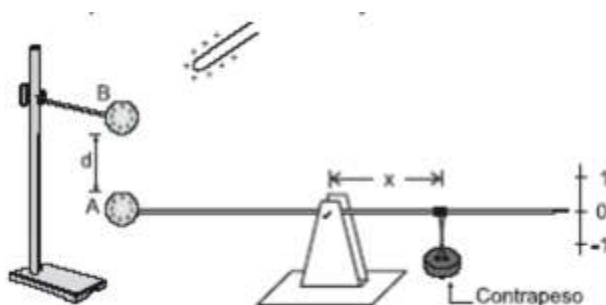
Nombre de los integrantes del grupo:

Curso:

1. En un día frío y seco, te das cuenta de que, al quitarte un suéter de lana, escuchas pequeños chasquidos y ves chispas. ¿Qué crees que está causando estos chasquidos y chispas?
2. Imagina que te quitas un suéter de lana en un día frío y seco, y notas que escuchas chasquidos y ves pequeñas chispas. ¿Qué piensas que podría estar causando estos sonidos y luces? ¿Has observado algo similar en otras situaciones?
3. Al peinarte con un peine de plástico, notas que algunos cabellos se levantan hacia el peine. ¿Qué tipo de fuerza eléctrica está actuando entre el peine y tu cabello?, ¿Por qué crees que el cabello se levanta hacia el peine después de haberlo utilizado?

Al peinarte con un peine de plástico, notas que algunos cabellos se levantan hacia el peine. ¿Por qué crees que el cabello se levanta hacia el peine después de haberlo utilizado?

4. En la siguiente imagen se muestran dos esferas metálicas A y B que tienen la misma cantidad de electrificación positiva.



Tomado de: ICFES. (2023). Cuadernillo de preguntas de física – Saber 11 [Imagen]. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.

Imagina que la esfera A está equilibrada con el contrapeso que está suspendido en la barra a una distancia x . Si pusieras una tercera esfera C a una distancia $2d$ por debajo de la esfera A y esta esfera tuviera el doble de electrificación de la esfera A pero negativa. ¿Cómo moverías el contrapeso para equilibrar de nuevo la balanza? ¿Cómo explicarías la forma en la que se electrificó la esfera B?

5. Explica con tus propias palabras que entiendes por Campo, campo eléctrico y campo magnético. Puedes representarlo con un dibujo las fuentes que producen campo eléctrico y campo magnético.
6. Para analizar un “circuito” formado por tubos que conducen agua, podemos relacionarlo con un circuito eléctrico como muestran en la imagen, donde una bomba es equivalente a una fuente de voltaje, una resistencia a una región estrecha, un voltímetro a un manómetro y un switch a una llave de paso. Describe brevemente la función de cada componente del circuito para circular el líquido y la corriente.

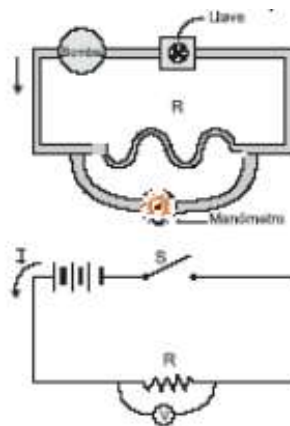


Imagen tomada de: ICFES. (2023). Cuadernillo de preguntas de física – Saber 11 [Imagen]. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.

7. Se lanza un haz de partículas, todas con igual velocidad y carga, en una región en donde existe un campo magnético uniforme de magnitud B como se muestra en la siguiente figura. ¿Por qué crees cambia la trayectoria de las partículas cuando entran en la región de B ?

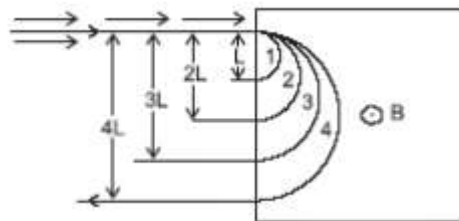


Imagen tomada de: ICFES. (2023). Cuadernillo de preguntas de física – Saber 11 [Imagen]. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.

8. Imagina que tienes sobre tu mesa alambre de cobre, un imán y una bombilla. ¿Crees que puedas hacer que la bombilla encienda con los materiales que tienes? ¿Cómo harías las conexiones?
9. Imagina que vas a introducir un imán dentro de una espira conductora cerrada tal como se muestra en la imagen. Mientras el imán está en movimiento ¿Qué crees que va a suceder?
- El campo magnético en el área delimitada por el alambre, no se altera
 - Se genera un campo eléctrico paralelo al campo magnético
 - El alambre se mueve en la misma dirección del imán
 - Se genera una corriente eléctrica en el alambre

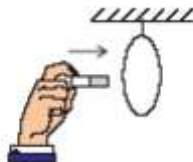


Imagen tomada de: ICFES. (2023). Cuadernillo de preguntas de física – Saber 11 [Imagen]. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.

El segundo anexo corresponde a la primera guía de trabajo con la cual se desarrolló la sesión 1 sobre carga eléctrica y electrificación, en donde se muestran los procedimientos y las preguntas con las cuales se llevó a cabo la actividad.

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
CARGA ELÉCTRICA Y ELECTRIFICACIÓN DE MATERIALES
FÍSICA CUARTO PERIODO

Profesores: Felipe Pesca–Héctor Calderón

Nombre de los integrantes del grupo:

Curso:

EXPERIMENTO 1: ELECTRIFICACIÓN, CONDUCTORES Y DIELECTRICOS

Objetivo

Comprender los principios fundamentales de la electrificación y las interacciones electrostáticas para el análisis de las propiedades de conducción eléctrica de distintos materiales y la acción a distancia electrostática

Materiales: Frasco de vidrio con tapa plástica – corcho – 30 cm de alambre de cobre o alambre fino – 1 hoja de papel aluminio – Silicona – 2 Globos – Regla de plástico - Lana

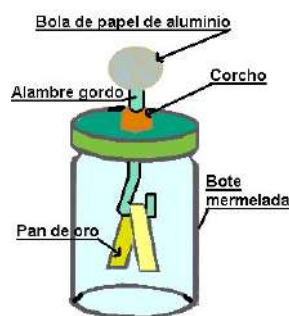
Metodología de la actividad: El montaje experimental se realizará en grupos de 5 estudiantes, la idea es que sigan los procedimientos indicados y den respuesta a las preguntas orientadoras de la guía a partir del análisis al cual pueda llegar todo el grupo, por lo cual se espera que las respuestas sean el resultado de una discusión y un consenso grupal.

PROCEDIMIENTO 1

- Tomen la hoja de papel y rásquenla en trozos pequeños. Una vez tengan los pedazos de papel acerque hacia ellos la regla de plástico, luego un globo inflado y luego la hoja de papel aluminio. ¿Observan algo?
- Si alguien frota la regla con el cabello ¿Qué creen que les pasara a los papelitos cuando se le acerque la regla?
- Realicen el procedimiento anterior para verificar si sus predicciones fueron correctas y describan brevemente que observan.
- Tome un globo inflado y frótenlo con el cabello. ¿Si acercamos el globo a los papelitos se observará lo mismo que con la regla?
- ¿Qué pasará en los papelitos si ahora frotamos la regla y el globo con la prenda de lana? Comprueben si sus predicciones fueron correctas y expliquen por qué creen que ocurre.
- ¿Qué pasará si frotamos la hoja de papel aluminio con la lana y la acercamos a los papelitos? Comprueben si su predicción fue correcta y expliquen por qué cree que ocurre.

PROCEDIMIENTO 2

Construyan el montaje experimental del “electroscopio” tal como se indica en la siguiente imagen.



: Diagrama de un electroscopio (Estaticascug, s.f.).

Tomado de: <https://estaticascug.wordpress.com/electroscopio/>

- Acerquen a la bola de aluminio la regla y luego el globo. ¿Que observan?
- Frote el globo con el cabello y acérquelo a la bola de aluminio, luego repítalo con la regla. ¿Que observa en los dos casos?
- Tomen los dos globos inflados y frótenlos con el cabello, luego acérquelos. ¿Qué observa?
- Si frotáramos con lana el papel aluminio o el alambre ¿Pasara lo mismo?, explique la respuesta.
- Clasifiquen todos los materiales que usaron entre conductores y aislantes, expliquen por qué consideran que son conductores y aislantes de acuerdo con las experiencias realizadas.

CONDUCTORES	AISLANTES

- ¿Por qué cree que ocurre el efecto observado en las tiras de aluminio? ¿Qué función tiene el alambre y la bola de aluminio en este efecto? ¿Pasaría lo mismo si reemplazáramos el alambre por plástico y el aluminio por papel?
- ¿Cómo definirían la electrificación de los cuerpos? ¿Cuándo podemos decir que un cuerpo está electrificado? ¿En qué condiciones o procedimientos se electrifica un cuerpo?
- ¿La distancia a la cual pusieron los cuerpos electrificados influyó en sus observaciones?
- Escriban sus conclusiones de la experiencia realizada.

El tercer anexo corresponde a la segunda guía de trabajo con la cual se desarrolló la sesión 2 sobre corriente voltaje y resistencia, en donde se muestran los procedimientos y las preguntas con las cuales se llevó a cabo la actividad.

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
CIRCUITO RESISTIVO DE CORRIENTE DIRECTA
FÍSICA CUARTO PERIODO
Profesores: Felipe Pesca–Héctor Calderón

Nombre de los integrantes del grupo:

Corriente eléctrica, voltaje y resistencia

La corriente eléctrica es el flujo de energía a través de un conductor, donde la energía se transfiere de una fuente a un dispositivo. El voltaje representa la diferencia en la capacidad de hacer trabajo entre dos puntos del circuito, es decir, cuánta energía está disponible para moverse a través del sistema. La resistencia es la oposición a esa transferencia de energía, que convierte parte de ella en calor. Según la ley de Ohm, la cantidad de energía transferida depende del voltaje aplicado y de la resistencia presente. Así, la energía se transforma a lo largo del circuito en formas útiles como luz o calor, dependiendo del tipo de dispositivo conectado. Por ejemplo, en una linterna, la energía química de la batería se convierte en energía eléctrica que, al pasar por el filamento, se transforma en luz y calor.

Objetivo

Analizar la relación entre corriente, resistencia y voltaje utilizando un simulador virtual de circuitos eléctricos. Los estudiantes medirán la corriente y el voltaje en diferentes configuraciones de circuitos y aplicarán la ley de Ohm para analizar cómo la resistencia afecta el flujo de corriente.

¡Pensemos antes de comenzar!

1. Imagina que estás cargando tu celular con un cargador conectado a la pared. ¿Cómo crees que la energía llega desde el enchufe hasta la batería de tu celular? ¿Qué elementos crees que participan en ese proceso?
2. Piensa en una batería de carro y una pila pequeña de reloj. ¿Por qué crees que una puede hacer funcionar un auto y la otra no, si ambas proporcionan energía? ¿Qué diferencias en la energía crees que tienen?
3. Cuando tocas un cargador de celular que ha estado conectado mucho tiempo, suele estar caliente. ¿Por qué crees que ocurre esto?
4. Cuando subes la temperatura de una ducha eléctrica para que el agua salga más caliente, ¿por qué crees que la ducha consume más energía? ¿Qué cambios piensas que ocurren en el flujo de electricidad cuando ajustas la temperatura?
5. Imagina un río fluyendo, ¿cómo podrías comparar el flujo del agua con la corriente eléctrica, la pendiente del terreno con el voltaje, y las rocas en el cauce con la resistencia? ¿Qué relaciones puedes identificar entre ellos?

Procedimiento

Nota: Es importante que no solo respondas las preguntas en este archivo, también debes agregar evidencias de los procedimientos (pantallazos), las tablas construidas y las gráficas

1. Dirígete al siguiente enlace en el cual encontraras un simulador virtual en el cual desarrollaremos este laboratorio, por lo tanto, selecciona laboratorio. Los dispositivos e instrumentos de medida que hay en él son análogos a los que encontramos en el laboratorio de física. Por ejemplo, tenemos la representación de lo que es el cable conductor (cobre), las resistencias (cerámica) y los objetos de medida como el amperímetro y el voltímetro, que serían lo mismo a tener un multímetro (mide varias cosas).
https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_all.html?locale=es

- Construye un cuadrado únicamente utilizando cable conductor, no conectes nada más. ¿Hay corriente eléctrica fluyendo a través del cable conductor cuando no tiene nada conectado?, ¿Cómo puedes saber si hay corriente eléctrica o no?
- Construye un circuito con cable conductor y conecta a él una batería. ¿Qué diferencia hay cuando el circuito se conecta a una batería y cuando no? ¿Qué pasa si cambiamos la polaridad de la batería, es decir, conectamos sus extremos al contrario? ¿Explica por qué pasa lo que se está representando en el circuito a partir del concepto de corriente eléctrica?
- Construye un circuito simple que contenga una sola resistencia y vas a agregar de a una batería. Coloca el amperímetro en cualquier punto del cable del circuito para medir la corriente eléctrica. Luego, conecta el voltímetro situando sus dos puntas en los extremos de las baterías para medir el voltaje. Registra los valores de corriente y voltaje en la tabla a continuación (Elabore la tabla en Excel ya que esta es una imagen):

Baterías	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voltaje										
Corriente										

- Elabora una gráfica en Excel sobre la corriente en función del voltaje. Para esto vas a tomar un gráfico de puntos de dispersión y vas a trazar una línea de tendencia entre ellos, también vas a mostrar la ecuación que representa la relación entre el voltaje y la corriente. Para este procedimiento te recomiendo que veas este video corto sobre regresiones lineales: <https://youtu.be/9L0hfVqWuss?si=Kq02NE-YxojHiPz3>
- Explica con tus propias palabras como entiendes la relación que existe entre la corriente y el voltaje en un circuito.
- Construye un circuito con una fuente de 18 voltios, para esto vas a conectar solo dos baterías, luego vas a agregar de a una resistencia al circuito. Coloca el amperímetro en cualquier punto del cable del circuito para medir la corriente eléctrica. Luego, conecta el voltímetro situando sus dos puntas en los extremos las resistencias para medir su voltaje. Registra los valores de corriente y voltaje de las resistencias en la tabla a continuación (Elabore la tabla en Excel ya que esta es una imagen):

Resistencias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voltaje										
Corriente										

- ¿Qué relación encuentras entre el voltaje de todas las resistencias y el voltaje de las baterías? ¿Qué podrías inferir acerca del voltaje de cada resistencia del circuito?
- La ley de Ohm es un principio fundamental de la electricidad que describe la relación entre voltaje (V), corriente (I) y resistencia (R) en un circuito. Formulada por el físico Georg Simón Ohm, se expresa con la ecuación $V=I \cdot R$, lo que significa que el voltaje es igual al producto de la corriente y la resistencia. Para calcular la resistencia total del circuito, debes dividir el voltaje total de todas las resistencias entre la corriente que fluye por el circuito. A continuación, completa la tabla encontrando la resistencia del circuito según el aumento de las resistencias, utilizando la ley de Ohm (Elabore la tabla en Excel ya que esta es una imagen):

Nota: La corriente y el voltaje son los mismos que mediste en la tabla anterior.

Resistencias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resistencia $R=V/I$										
Corriente										

- Elabora una gráfica en Excel sobre la corriente en función de la resistencia del circuito. Para esto vas a tomar un gráfico de puntos de dispersión y vas a seleccionar la “línea” de tendencia que más se acomoda a la dispersión de los puntos, ya que no es lineal, también vas a mostrar la ecuación en el gráfico que representa la relación entre la resistencia y la corriente.
- Explica con tus propias palabras como entiendes la relación que existe entre la corriente y la resistencia en un circuito.
- Al aumentar la resistencia en el circuito podríamos interpretar que parte de la energía eléctrica que pasa a través de él se está “perdiendo”, sin embargo, el principio de conservación de la energía nos dice que esta energía no se pierde, sino que se transforma. En ese sentido, ¿Cómo se está transformando esa energía? ¿En un escenario real podríamos percibir con nuestros sentidos esa disipación de energía?
- Considerando tres tipos de energía: potencial, eléctrica y térmica, ¿cómo podrías explicar el comportamiento de circuito en función de la transformación de la energía, sabiendo que este circuito contiene baterías, cable conductor y resistencias?
- Saca conclusiones de la práctica experimental que realizaste, mencionando lo que aprendiste hoy, así como su relación con situaciones de la vida cotidiana en donde nos relacionamos con la corriente eléctrica, el voltaje y las resistencias. También puedes hacer un contraste entre las nociones que tenías previamente sobre estos tres conceptos.

El cuarto anexo corresponde a la tercera guía de trabajo con la cual se desarrolló la sesión sobre campo eléctrico y campo magnético, en donde se muestran los procedimientos y las preguntas con las cuales se llevó a cabo la actividad.

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
CAMPO ELÉCTRICO Y CAMPO MAGNÉTICO
FÍSICA CUARTO PERIODO
Profesores: Felipe Pesca–Héctor Calderón

Nombre de los integrantes del grupo:

CAMPO ELÉCTRICO Y CAMPO MAGNÉTICO

Un campo en física puede entenderse como una perturbación del espacio que afecta a objetos y partículas. Imagina que el espacio es como una superficie de agua; cuando tiras una piedra, se generan ondas, podemos observar que la onda se propaga a través del medio. De manera análoga, cuando hay una carga eléctrica o una masa, esta "perturba" el espacio a su alrededor, creando un campo. Este campo es lo que influye en cómo interactúan otros objetos en esa región. Por ejemplo, el campo eléctrico afecta a las cargas, y el campo gravitacional afecta a las masas. Así, los campos nos permiten ver cómo las fuerzas y las interacciones se extienden más allá de los objetos mismos, afectando todo a su alrededor.

OBJETIVO

Comprender la interacción eléctrica entre cargas puntuales y la interacción magnética entre imanes a partir del concepto de campo, representado por del modelo de líneas de fuerza como el medio a través del cual se propaga la acción.

CAMPO ELÉCTRICO PRODUCIDO POR CARGAS PUNTUALES

El siguiente enlace te direccionara a un simulador virtual en el cual se puede representar el campo eléctrico para diferentes configuraciones de cargas eléctricas puntuales.

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_all.html?locale=es

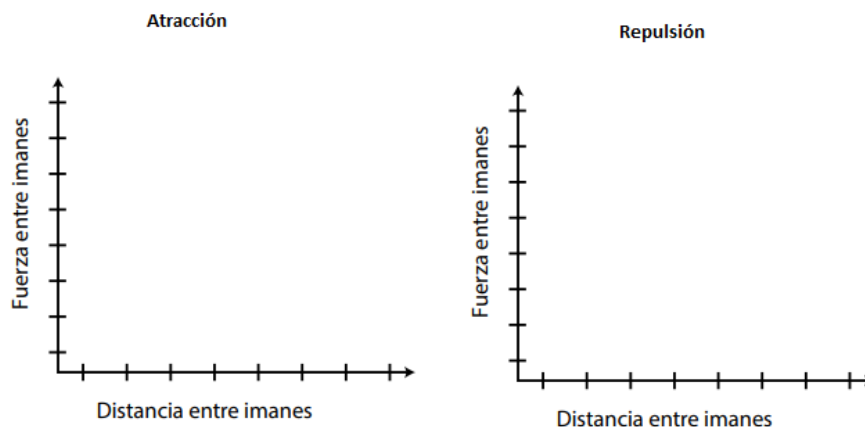
1. ¿Qué características puedes observar en la representación del campo eléctrico para una carga puntual positiva y para una carga puntual negativa? ¿Qué le ocurre al campo eléctrico cuando aumentamos el valor de las cargas?
2. Las líneas de fuerza son representaciones visuales que muestran la dirección y la intensidad de un campo eléctrico (o magnético). ¿Qué características observas en las líneas de fuerza para dos cargas iguales y para dos cargas diferentes?
3. ¿Cómo explicarías la atracción y repulsión entre cargas a partir de la representación de las líneas de campo eléctrico?
4. ¿Qué sucede cuando frotas un globo contra tu cabello y luego lo acercas a una pared?
Piensa en cómo el campo eléctrico generado por el globo afecta a las cargas en la pared y provoca la atracción.

INTERACCIÓN ENTRE POLOS MAGNÉTICOS

1. Cuando acercas imanes ¿Se atraen o se repelen?, ¿Encuentras alguna relación entre las interacciones observadas y los polos del imán?
2. Toma dos imanes y observa detalladamente la interacción que hay entre ellos cuando se atraen y cuando se repelen, luego discute con tu grupo sobre: ¿Cuándo se atraen más intensamente dos imanes, cuando están cerca o cuando están lejos?, registra tu observación en la siguiente tabla:

Ubicación de los imanes	¿Cómo es la intensidad de la atracción?	¿Cómo es la intensidad de la repulsión?
Cerca		
Lejos		

- Según tus observaciones anteriores, ¿puedes afirmar que a medida que aumenta la distancia, la fuerza magnética disminuye o aumenta?
- Representa en las siguientes gráficas la relación cualitativa que hay entre la fuerza magnética y la distancia de separación entre 2 imanes que se atraen y se repelen.



LINEAS DE FUERZA MAGNÉTICA

¡Pensemos antes de comenzar!:

Al colocar dos imanes uno frente al otro, pueden atraerse o separarse; ¿qué papel crees que juega el espacio entre ellos en esta interacción? Representa tu idea con un dibujo y, a partir de esa representación, ¿qué puedes inferir sobre cómo interactúan los imanes?

Para visualizar las líneas de campo magnético para diferentes configuraciones de imanes vamos a realizar el siguiente procedimiento:

- Espolvorea limaduras de hierro sobre una lámina de acrílico que cubra las diferentes configuraciones de imanes.
- Golpea suavemente el papel para que las limaduras se alineen con el campo magnético.
- Observa las líneas formadas en ambas configuraciones.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

- ¿Qué forma tienen las líneas de campo que se forman alrededor de un imán? ¿Qué puedes inferir sobre la dirección del campo magnético a partir de esa distribución?
- ¿Qué diferencias observaste en la disposición de las limaduras según la orientación de los imanes? ¿Cómo se relacionan estas observaciones con la idea de atracción y repulsión?
- ¿Cómo varía la cantidad de líneas visibles a medida que alejas 2 imanes? ¿Qué nos dice esto sobre la influencia del espacio en el campo magnético?

IMANES, BRÚJULAS Y CAMPO MAGNÉTICO

Coloca varias brújulas sobre una mesa y observa la dirección de sus agujas. Mueve el imán en diferentes posiciones (arriba, abajo, al lado, rotarlo en el centro de las brújulas) y registra las reacciones de cada brújula.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

- ¿Observaste diferencias en la respuesta de las brújulas según su distancia al imán? ¿Qué cambios notaste en la dirección de las agujas?
- ¿Qué sucede con la dirección de las agujas de las brújulas cuando el imán está en diferentes posiciones respecto a las brújulas?

3. ¿Qué conexiones puedes establecer entre la dirección de las agujas de las brújulas y las líneas de campo visualizadas anteriormente?

FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO

¡Pensemos antes de comenzar!

¿Qué objetos en tu entorno crees que pueden producir magnetismo?, ¿Cómo podemos saber que un objeto tiene propiedades magnéticas?

Electroimán: Primero, enrolla el alambre de cobre alrededor del clavo o del núcleo de hierro, dejando ambos extremos del alambre libres. Asegúrate de hacer varias vueltas. Luego, conecta un extremo del alambre a un terminal de la batería y el otro extremo al terminal opuesto (La fuente de poder es equivalente a la batería). Al completar el circuito, tendrás un electroimán; puedes probarlo acercando clips metálicos o limaduras de hierro para observar algunos efectos.

Nota: Es importante que no se mantenga conectando el circuito por un tiempo prolongado y que no se haga contacto directo con el cable ya que este se calentará, de esta forma evitaremos daños en el circuito y posibles quemaduras.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. ¿Qué diferencias y similitudes encuentras al comparar un electroimán con un imán permanente?
2. De acuerdo con tus observaciones ¿Crees que la corriente eléctrica se relaciona con el magnetismo? Explica tu respuesta.
3. ¿Cómo crees que influye el flujo de corriente eléctrica en el campo magnético generado por el electroimán?

CAMPO MAGNÉTICO EN UN SOLENOIDE

Coloca un solenoide que se encuentra en el panel acrílico sobre una superficie plana. Espolvorea limaduras de hierro sobre el acrílico y conecta el solenoide a la fuente de poder. Una vez que haya corriente, golpea suavemente el panel para que las limaduras se alineen con las líneas del campo magnético, creando un patrón visible que podrás observar y registrar.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. ¿Qué crees que ocurriría si cambiaras la dirección de la corriente en el solenoide? ¿Cómo afectaría esto al campo magnético?
2. ¿Qué diferencias y similitudes encuentras al comparar un solenoide con un imán permanente?
3. Si colocaras un objeto ferromagnético (como el núcleo de hierro), dentro del solenoide, ¿qué cambios crees que habría en el campo magnético?, recuerda el procedimiento para construir el electroimán.
4. ¿Cómo puedes usar una brújula para explorar la dirección del campo magnético creado por el solenoide, y qué te dice esto sobre la conexión entre electricidad y magnetismo?

CONCLUSIONES

Saca conclusiones de la práctica experimental que realizaste, mencionando lo que aprendiste hoy, así como su relación con situaciones de la vida cotidiana en donde encontramos el magnetismo. También puedes hacer un contraste entre la noción que tenías de campo, campo eléctrico y campo magnético previamente.

El quinto anexo corresponde a la cuarta guía de trabajo con la cual se desarrolló la sesión sobre flujo de campo magnético y ley de Faraday, en donde se muestran los procedimientos y las preguntas con las cuales se llevó a cabo la actividad.

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FLUJO DE CAMPO MAGNÉTICO Y LEY DE FARADAY
FÍSICA CUARTO PERIODO
Profesores: Felipe Pesca–Héctor Calderón

Nombre de los integrantes del grupo:

El experimento de Oersted que llevo a la ley de Ampere

El experimento de Oersted y la ley de Ampère están estrechamente vinculados, ya que ambos describen la relación entre la electricidad y el magnetismo. En 1820, Hans Christian Oersted demostró experimentalmente que una corriente eléctrica genera un campo magnético, observando que la aguja de una brújula cercana a un alambre conductor con corriente se desviaba. Este descubrimiento empírico reveló por primera vez la conexión entre ambos fenómenos. A partir de este hallazgo, André-Marie Ampère desarrolló una formulación matemática, conocida como la ley de Ampère, que describe cómo el campo magnético rodea a una corriente eléctrica y cómo su intensidad depende de la magnitud de dicha corriente. De esta forma, el experimento de Oersted mostró el fenómeno, mientras que la ley de Ampère lo cuantificó y generalizó, proporcionando una base fundamental para la comprensión los fenómenos electromagnéticos.

El flujo de un campo

A partir del modelo de campo representado por líneas de fuerza, propuesto por Michael Faraday, el flujo de un campo se refiere a la cantidad de líneas de campo que atraviesan una superficie determinada (área). Estas líneas indican tanto la dirección como la intensidad del campo, ya sea eléctrico o magnético. Cuando muchas líneas de campo atraviesan la superficie de manera perpendicular, el flujo es mayor. Por el contrario, si las líneas pasan paralelas a la superficie, el flujo se considera nulo. En general, podemos afirmar que el flujo de un campo es una medida de cuántas líneas de fuerza atraviesan una superficie, y esta cantidad depende tanto de la orientación de la superficie como de la densidad de las líneas en esa región.

Objetivo

Comprender la relación entre electricidad y magnetismo mediante el análisis de los campos magnéticos generados por corrientes eléctricas, la inducción electromagnética y el efecto del flujo variable de campo magnético.

¡Pensemos antes de comenzar!

1. Imagina que estás experimentando con un alambre a través del cual fluye corriente eléctrica. Si colocas un imán cerca de ese alambre, ¿qué cambios esperas observar en el comportamiento del imán?
2. Piensa en un río que fluye a través de una región determinada. Si colocamos una represa en el río, ¿qué pasaría con el flujo de agua en esa región?
3. ¿Crees que sea posible encender un bombillo sin conectarlo a una batería? Indica como lo harías.

Procedimiento

Nota: Para realizar este procedimiento asegúrate que la fuente de voltaje se encuentre apagada y que la perilla este marcando en 0 voltios. Adicionalmente, se recomienda no tocar el cable con los dedos para evitar quemaduras.

1. Toma el alambre de cobre y conecta sus extremos a las terminales de la fuente de voltaje. Asegúrate que los extremos del alambre estén pelados y asegúralos bien con las pinzas tipo caimán. Es importante que el cable quede algunos centímetros sobre la superficie.
2. Coloca la brújula sobre la mesa, directamente debajo del cable de cobre. Asegúrate que el cable se oriente paralelamente con la aguja de la brújula. Luego, enciende la fuente momentáneamente (encender y apagar), a un voltaje inferior a 5 voltios.
3. Repite los pasos anteriores, pero ahora colocando la brújula encima del cable. También repítelo invirtiendo la polaridad de las terminales de la fuente de voltaje con la brújula por debajo y por encima del cable.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al realizar el experimento de Oersted, ¿cómo describirías la relación entre la dirección de la corriente en el alambre y la orientación de la aguja de la brújula? ¿Cómo podrías explicarlo en términos de líneas de campo magnético?
2. Si se utiliza un cable de diferentes materiales (por ejemplo, cobre y aluminio) en el experimento, ¿cómo crees que esto afectaría la desviación de la brújula?, justifica tu respuesta.
3. Si realizas el experimento de Oersted en un entorno donde hay otras fuentes de campos magnéticos (como imanes o dispositivos electrónicos), ¿cómo crees que esto afectaría las observaciones de la desviación de la aguja de la brújula?

Procedimiento 2

1. Coloca un segmento de cable conductor horizontalmente sobre una superficie plana. Conéctalo a una fuente de voltaje (como una batería o fuente de alimentación) para permitir que la corriente fluya a través del cable. Asegúrate de que el circuito esté cerrado, utilizando un interruptor si lo deseas para facilitar el encendido y apagado de la corriente.
2. Espolvorea uniformemente las limaduras de hierro sobre la superficie alrededor del cable conductor (el papel). Luego, enciende momentáneamente la fuente de voltaje (encender y apagar), para que la corriente fluya a través del cable. Observa las limaduras de hierro la configuración que tienen los patrones que forman las líneas que representan el campo magnético alrededor del cable.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al observar la disposición de las limaduras de hierro alrededor del cable conductor, ¿cómo describirías el patrón que se forma? ¿Qué relación puedes establecer entre la dirección de las líneas de campo magnético y la dirección de la corriente en el cable?
2. Si la forma y el diseño del circuito se modifican (por ejemplo, usando un alambre en forma de espiral o bobina), ¿qué cambios esperas en el patrón del campo magnético? ¿Cómo podrías relacionar estos cambios con la ley de Ampère?. Recuerda los efectos que evidenciaste en el electroimán.

Procedimiento 3

1. Ingrese al siguiente enlace en donde encontrara un simulador de inducción, dirígete a la bobina de captación:
https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-electromagnetic-lab/latest/faradays-electromagnetic-lab_all.html?locale=es
2. Observa las líneas de campo que pasan por el área de la bobina. Luego, observe las líneas que pasan por la bobina cuando aumenta su área y cuando se acerca el imán (fijando el eje).

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. ¿Cómo se ve afectado el flujo campo magnético por el imán y por el área de la espira?
2. ¿En qué condiciones crees que el flujo de campo magnético es constante? ¿Cuándo este flujo magnético es variable en el tiempo? ¿Cómo puedes identificarlo?
3. ¿Cómo crees que es posible que la bombilla se puede encender aun cuando no está conectado el circuito a una fuente de voltaje?

Procedimiento 4

1. Dirígete al enlace del simulador de campo magnético para imanes y electroimanes:
https://phet.colorado.edu/sims/html/magnets-and-electromagnets/latest/magnets-and-electromagnets_all.html?locale=es
2. Observa la dirección de la corriente para un voltaje negativo y para uno positivo en el electroimán. Adicionalmente, observa lo que ocurre en el campo magnético producido por dicha corriente.
3. Observa el comportamiento del campo magnético cuando aumenta el número de espiras de la bobina y cuando aumenta el voltaje de la batería.
4. Construye un electroimán conectando las terminales de la fuente de voltaje a una bobina de 620 vueltas con núcleo de hierro. Luego, en otra bobina de 620 vueltas conecta las terminales al galvanómetro con las pinzas de caimán.

Una vez tengas las dos bobinas, realiza un movimiento de la bobina que está conectada al galvanómetro en las regiones cercanas al electroimán.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al observar la dirección de la corriente en el electroimán con voltajes positivos y negativos, ¿qué diferencias notas en la polaridad del campo magnético producido? ¿Cómo puedes relacionar estas observaciones con el principio de que la dirección del campo magnético es influenciada por la dirección de la corriente?
2. ¿Qué relación encuentras entre el campo magnético producido por una corriente con el número de espiras y con la intensidad de la corriente? ¿La intensidad del campo es la misma en todos los puntos del espacio?
3. ¿El efecto que se muestra en el galvanómetro es igual cuando la bobina se mueve a cuando esta quieta?
4. ¿Qué crees que está pasando en la bobina que está conectada al galvanómetro para que muestre el efecto en la aguja?

Conclusiones

Elabora tus conclusiones de esta práctica. Puedes resaltar lo que aprendiste hoy y puedes hacer comparaciones con las ideas previas que tenías sobre la relación entre electricidad y magnetismo.

El sexto anexo corresponde a la tercera guía de trabajo con la cual se desarrolló la sesión 5 sobre la construcción del transformador, en donde se muestran los procedimientos y las preguntas con las cuales se llevó a cabo la actividad.

**COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA
FÍSICA CUARTO PERIODO
Profesores: Felipe Pesca–Héctor Calderón**

Nombre de los integrantes del grupo:

TRANSFORMADOR SIMPLE

Hoy construiremos un transformador simple en el cual podremos observar la transferencia de energía eléctrica a través de campos magnéticos. Aunque no tiene la complejidad de transformadores industriales, es un buen experimento para entender cómo funcionan los transformadores en general.

OBJETIVO

Analizar y describir el funcionamiento de un transformador simple a partir de los conceptos y leyes físicas que se relacionan con el fenómeno de inducción electromagnética

PROCEDIMIENTO

Para hacer una bobina emisora con derivación central, corta un tramo de alambre de cobre esmaltado, marca el punto medio y enrolla la primera mitad (12 vueltas) alrededor de un cilindro de 5 cm de diámetro. Luego, saca la derivación central y enrolla la segunda mitad (otras 12 vueltas). Asegura las vueltas con cinta y retira el esmalte de los tres extremos (inicial, derivación central y final). Para hacer las conexiones en el circuito observa la imagen en el tablero.

Para hacer la bobina receptora de 24 vueltas, enrolla el alambre alrededor de un cilindro de 5 cm de diámetro. Asegura las vueltas con cinta y retira el esmalte de los extremos del alambre. Conecta a los extremos de la bobina al ánodo y al cátodo del LED.

¡PENSEMOS SOBRE LO QUE OBSERVAMOS!

1. Una vez que hayas puesto en funcionamiento tu transformador, describe tus observaciones sobre lo que está ocurriendo. Esta descripción no debe ser solo sobre el dispositivo, añade lo que tú haces para que ello suceda.

2. Considerando que en la bobina emisora circula una corriente eléctrica, realiza un dibujo en el cual se represente el campo magnético producido por esta corriente.
3. Cuando acercamos la bobina receptora ¿Cómo se presentaría el flujo magnético través de ella? ¿Crees que este flujo es siempre el mismo o está cambiando? ¿En qué condiciones el flujo magnético cambia?
4. El transistor actúa como un interruptor que puede encender o apagar una corriente en un circuito. ¿El campo magnético producido por la bobina emisora es siempre el mismo? ¿Cómo influye en el flujo magnético de la bobina receptora cuando no la movemos?
5. ¿Qué fenómeno ocurre entre la bobina emisora y la bobina receptora para que se encienda el LED sin conexión directa entre ellas? Explica con tus palabras como funciona tu transformador.

El séptimo anexo corresponde a las respuestas que dieron un grupo de estudiantes a la prueba diagnóstica a partir de la cual se tomaron las ideas previas de los estudiantes y se contrastaron con las concepciones alternativas.

Grupo 4


S.O
S.O

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA DE ELECTROMAGNETISMO
FÍSICA CUARTO PERIODO
Profesores: Felipe Pesca-Héctor Calderín

Nombre de los integrantes del grupo: Johan Steven Bracido Cordero
Juan Pablo Cordero Gomez
Rhian Alencastro Galdames Rodriguez
Conan David Hernandez Lopez
Enriquez Sanchez Alvarado

Curso: 11-01

1. En un día frío y seco, te das cuenta de que al quitarte un suéter de lana, escuchas pequeños chasquidos y ves chispas. ¿Qué crees que está causando estos chasquidos y chispas?
2. Al peinarle con un peine de plástico, notas que algunos cabellos se levantan hacia el peine. ¿Qué tipo de fuerza eléctrica está actuando entre el peine y tu cabello? ¿Por qué crees que el cabello se levanta hacia el peine después de haberlo utilizado?
3. En la siguiente imagen se muestran dos esferas metálicas A y B que tienen la misma cantidad de electrificación positiva.



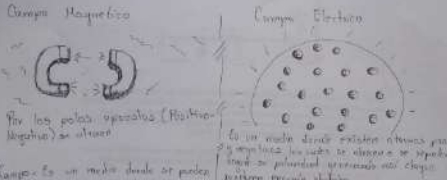
Imagina que la esfera A está equilibrada con el contrapeso que está suspendido en la barra a una distancia a . Si ponieras una tercera esfera C a una distancia $2a$ por debajo de la esfera A y esta esfera tuviera el doble de electrificación de la esfera A pero negativa. ¿Cómo moverías el contrapeso para equilibrar de nuevo la balanza? ¿Cómo explicarías la forma en la que se electrifica la esfera B?

4. Explica con tus propias palabras que entiendes por Campo, campo eléctrico y campo magnético. Puedes representarlo con un dibujo las fuerzas que producen campo eléctrico y campo magnético.
5. Para analizar un "cascito" Roomba por tubos que producen agua, podemos relacionarlo con un circuito eléctrico como muestra en la imagen. Usando una bomba es equivalente a una fuente de voltaje, una resistencia es una región estrecha, un voltímetro a un resistor y un switch a una llave de paso. Describe brevemente la función de cada uno de estos componentes del circuito para que controle el flujo y la corriente.

Miguel Alcaraz
Bullizan
1101

1. Al quitarnos el suéter de lana escuchamos chasquidos por la fricción entre el suéter con la suelta de vestir y se observan chispas por el cambio de temperatura, entre la punta de vestir y el ambiente.
2. Al frotar el peine con el cabello se genera energía por la fricción. Se levanta porque el cabello es un conductor de electricidad y al acercamiento se levanta para liberarla.
3. El contrapeso se debe mover a la derecha para que con la esfera A bala y no se sea tan atráido por la carga de la esfera C. La carga B al ser negativa al igual que A la repule y por eso el contrapeso se mueva para que A atrae y se se sea atraído por C.

4. **Campo Magnético** **Campo Eléctrico**

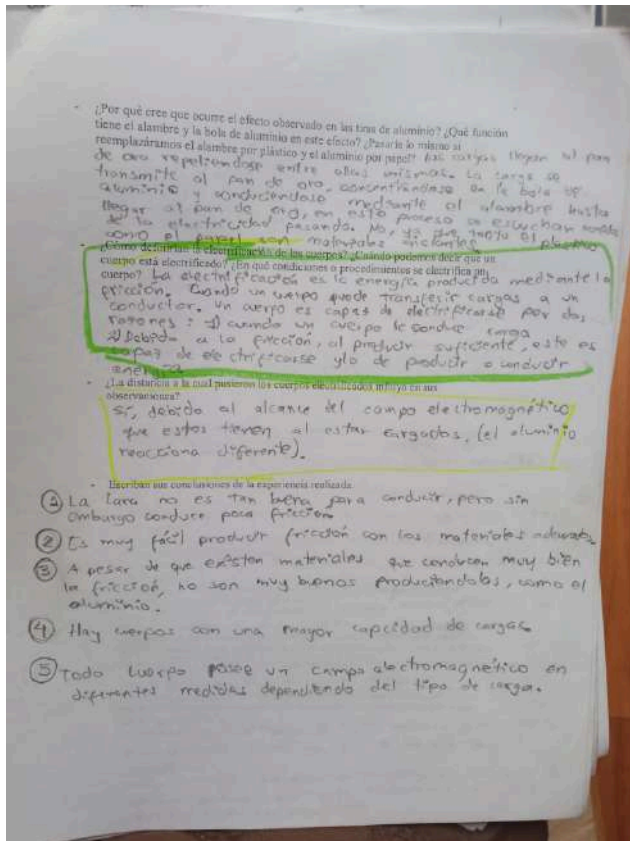


Los los polos opuestos (Positivo Negativo) se atraen

Campo: Es un medio donde se pueden encontrar algún tipo de energía

En un medio donde existen algunas partículas y algunas las cuales se atraen o se repelen está se potencial generados así campo que produce energía eléctrica

5. (Bomba)
 1. El Roomba es aquel que genera el agua del roomba y se mueve desde la bomba al circuito.
 2. Resistencia (Resistor): Regula el paso del agua en el circuito.
 3. Voltímetro (Resistor): Mide la presión con la cual el agua entra y sale del roomba.
 4. Switch (llave de paso): abre o no el paso del agua por el circuito.



El noveno anexo corresponde a las respuestas que dieron un grupo de estudiantes a las preguntas orientadoras de la segunda guía de trabajo sobre corriente, voltaje y resistencia.

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
CIRCUITO RESISTIVO DE CORRIENTE DIRECTA
FÍSICA CUARTO PERIODO
Profesores: Felipe Pesca-Héctor Calderín

Nombre de los integrantes del grupo:

- Samuel Coba
- Gerald Contreras
- Camila González
- Gabriela Padilla

Corriente eléctrica, voltaje y resistencia

La corriente eléctrica es el flujo de energía a través de un conductor, donde la energía se transfiere de una fuente a un dispositivo. El voltaje representa la diferencia en la capacidad de hacer trabajo entre dos puntos del circuito, es decir, cuánta energía está disponible para moverse a través del sistema. La resistencia es la oposición a esa transferencia de energía, que convierte parte de ella en calor. Según la ley de Ohm, la cantidad de energía transferida depende del voltaje aplicado y de la resistencia presente. Así, la energía se transforma a lo largo del circuito en formas útiles como luz o calor, dependiendo del tipo de dispositivo conectado. Por ejemplo, en una linterna, la energía química de la batería se convierte en energía eléctrica que, al pasar por el filamento, se transforma en luz y calor.

Objetivo

Analizar la relación entre corriente, resistencia y voltaje utilizando un simulador virtual de circuitos eléctricos. Los estudiantes medirán la corriente y el voltaje en diferentes configuraciones de circuitos y aplicarán la ley de Ohm para analizar cómo la resistencia afecta el flujo de corriente.

¡Pensemos antes de comenzar!

1. Imagina que estás cargando tu celular con un cargador conectado a la pared. ¿Cómo crees que la energía llega desde el enchufe hasta la batería de tu celular? ¿Qué elementos crees que participan en ese proceso?
La electricidad llega primero al adaptador de corriente, el cual va conectado por el cable hacia el puerto de entrada del celular para que reciba la carga. Elementos que participan: Conector de la pared, adaptador del cargador del celular, cable del celular, puerto del celular por donde se conecta el cable y hacia donde llega la electricidad para darle energía al celular.
2. Piensa en una batería de carro y una pila pequeña de reloj. ¿Por qué crees que una puede hacer funcionar un auto y la otra no, si ambas proporcionan energía? ¿Qué diferencias en la energía crees que tienen?
La característica y diferencia principal se encuentra en la capacidad de almacenamiento de energía que tienen cada una de las baterías mencionadas, ya que este almacenamiento es directamente proporcional a qué tanta energía se requiere para hacer funcionar a un reloj o una pila por un lapso de tiempo.
3. Cuando tocas un cargador de celular que ha estado conectado mucho tiempo, suele estar caliente. ¿Por qué crees que ocurre esto?

Si está caliente, y esto pasa porque, al estar conectado mucho tiempo, convierte la energía eléctrica en energía que el celular puede usar, pero parte de esa energía se pierde en forma de calor.

4. Cuando subes la temperatura de una ducha eléctrica para que el agua salga más caliente, ¿por qué crees que la ducha consume más energía? ¿Qué cambios piensas que ocurren en el flujo de electricidad cuando ajustas la temperatura?

La ducha consume más energía cuando subes la temperatura porque necesita calentar el agua más rápido, lo cual requiere más electricidad. Al ajustar la temperatura, la resistencia dentro de la ducha cambia, permitiendo que pase más corriente eléctrica. Este aumento en el flujo de electricidad hace que se genere más calor, calentando más el agua pero también usando más energía.

5. Imagina un río fluyendo, ¿cómo podrías comparar el flujo del agua con la corriente eléctrica, la pendiente del terreno con el voltaje, y las rocas en el cauce con la resistencia? ¿Qué relaciones puedes identificar entre ellos?

La cantidad de agua que pasa es como la cantidad de electricidad que fluye. La pendiente del terreno, que hace que el agua se mueva, se parece al voltaje, que impulsa la corriente eléctrica. Las rocas en el cauce actúan como resistencia, ya que dificultan el paso del agua, al igual que la resistencia en un circuito limita el flujo de corriente.

Procedimiento

Nota: Es importante que no solo respondas las preguntas en este archivo, también debes agregar evidencias de los procedimientos (fotos/videos), las tablas construidas y las gráficas

1. Dirígete al siguiente enlace en el cual encontramos un simulador virtual en el cual desarrollaremos este laboratorio, por lo tanto, selecciona laboratorio. Los dispositivos e instrumentos de medida que hay en él son análogos a los que encontramos en el laboratorio de física. Por ejemplo, tenemos la representación de lo que es el cable conductor (cobre), las resistencias (cerámica) y los objetos de medida como el amperímetro y el voltímetro, que serían lo mismo a tener un multímetro (mide varias cosas) https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_all.html?locale=es

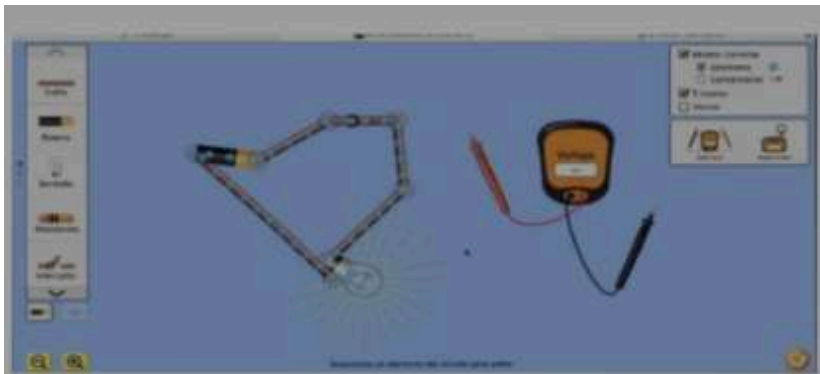
2. Construye un cuadrado únicamente utilizando cable conductor, no conectes nada más. ¿Hay corriente eléctrica fluyendo a través del cable conductor cuando no tiene nada conectado? ¿Cómo puedes saber si hay corriente eléctrica o no?

No fluye corriente al ser solo cable y no tiene una fuente eléctrica, y esto se comprueba mediante el voltímetro



3. Construye un circuito con cable conductor y conecta a él una batería. ¿Qué diferencia hay cuando el circuito se conecta a una batería y cuando no? ¿Qué pasa si cambiamos la polaridad de la batería, es decir, conectamos sus extremos al contrario? ¿Explica por qué pasa lo que se está representando en el circuito a partir del concepto de corriente eléctrica? Cuando no se conecta a una batería en este circuito no fluye la corriente, tenemos que cuando conectamos una batería la corriente fluye y si el circuito solo tiene la batería y no un bombillo. La corriente eléctrica siempre fluye hacia el lado negativo, o hacia donde está descubierto el polo negativo de la batería.



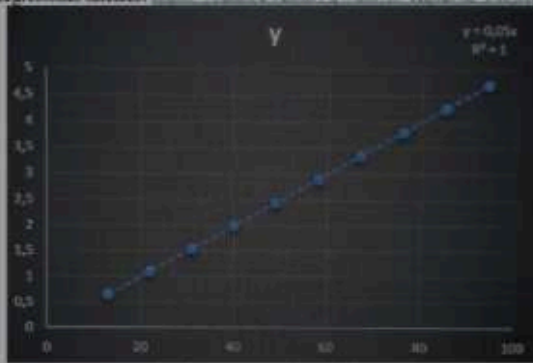


4. Construye un circuito simple que contenga una sola resistencia y vas a agregar de a una batería. Coloca el amperímetro en cualquier punto del cable del circuito para medir la corriente eléctrica. Luego, conecta el voltímetro situando sus dos puntas en los extremos de las baterías para medir el voltaje. Registra los valores de corriente y voltaje en la tabla a continuación (Elabora la tabla en Excel ya que esta es una imagen):

Voltaje	0,00V	0,20V	0,40V	0,60V	0,80V	1,00V	1,20V	1,40V	1,60V	1,80V
Corriente	0,45A	1,00A	1,55A	2,10V	2,65A	2,20A	3,25A	3,80A	4,35A	4,90A

5. Elabora una gráfica en Excel sobre la corriente en función del voltaje. Para esto vas a tomar un gráfico de puntos de dispersión y vas a trazar una línea de tendencia entre ellos, también vas a mostrar la ecuación que representa la relación entre el voltaje y la

corriente. Para este procedimiento te recomiendo que veas este video corto sobre regresiones lineales: <https://youtu.be/9L0hVqWass5E?list=PL022E5Ym0H1Pz3>



6. Explica con tus propias palabras como entiendes la relación que existe entre la corriente y el voltaje en un circuito.

Relación entre el voltaje y corriente en nuestras propias palabras

Se puede decir que el voltaje depende de la corriente eléctrica, en un circuito cuando haya más voltaje si el voltaje aumenta la velocidad de la corriente eléctrica aumentará de igual forma.

7. Construye un circuito con una fuente de 18 voltios, para esto vas a conectar solo dos baterías, luego vas a agregar de a una resistencia al circuito. Coloca el amperímetro en cualquier punto del cable del circuito para medir la corriente eléctrica. Luego, conecta el voltímetro situando sus dos puntas en los extremos las resistencias para medir su voltaje. Registra los valores de corriente y voltaje de las resistencias en la tabla a continuación (Elabore la tabla en Excel ya que esta es una imagen):

Resistencia	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9	R_{10}
Voltaje	1.8	1.8	1.8	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Corriente	0.0100	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02



8. ¿Qué relación encuentras entre el voltaje de todas las resistencias y el voltaje de las baterías? ¿Qué podrías inferir acerca del voltaje de cada resistencia del circuito?

Relación entre baterías y resistencias

La carga que conducen las baterías, se vuelve cada vez menor la corriente, entre más resistencias estén en el circuito. El voltaje que dirigen las baterías a pesar de todas las resistencias que hayan siempre va a ser el mismo, sin embargo la corriente si disminuye a medida de que hayan más resistencias.

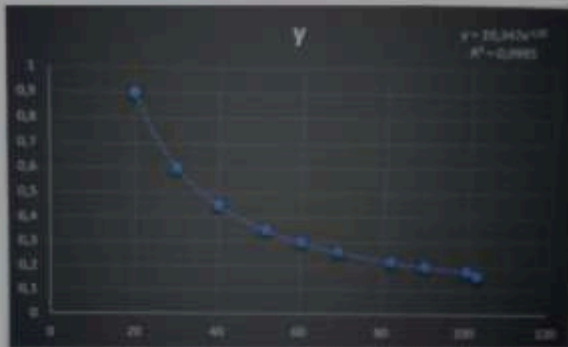
9. La ley de Ohm es un principio fundamental de la electricidad que describe la relación entre voltaje (V), corriente (I) y resistencia (R) en un circuito. Formulada por el físico Georg Simón Ohm, se expresa con la ecuación $V=IR$, lo que significa que el voltaje es igual al producto de la corriente y la resistencia. Para calcular la resistencia total del circuito, debes dividir el voltaje total de todas las resistencias entre la corriente que fluye por el circuito. A continuación, completa la tabla encontrando la resistencia del circuito según el aumento de las resistencias, utilizando la ley de Ohm (Elabore la tabla en Excel ya que esta es una imagen):

Nota: La corriente y el voltaje son los mismos que mediste en la tabla anterior.

La resistencia total del circuito es igual al voltaje total de todas las resistencias entre la corriente

Resistencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resistencia (ohm)	20	40	60	80.75	100	120.25	140.50	160.75	181	201.25
Corriente	0.5	0.4	0.44	0.39	0.4	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36

10. Elabora una gráfica en Excel sobre la corriente en función de la resistencia del circuito. Para esto vas a tomar un gráfico de puntos de dispersión y vas a seleccionar la "línea" de tendencia que más se acomoda a la dispersión de los puntos, ya que no es lineal, también vas a mostrar la ecuación en el gráfico que representa la relación entre la resistencia y la corriente.



11. Explica con tus propias palabras como entiendes la relación que existe entre la corriente y la resistencia en un circuito.

Gracias a la tabla de datos y a la simulación, hemos confirmado que la corriente en un circuito depende de la resistencia y de la cantidad de energía que pueda ser suministrada. A medida que la resistencia aumenta, la corriente tiende a disminuir, y viceversa.

12. Al aumentar la resistencia en el circuito podríamos interpretar que parte de la energía eléctrica que pasa a través de él se está "perdiendo", sin embargo, el principio de conservación de la energía nos dice que esta energía no se pierde, sino que se transforma. En ese sentido, ¿Cómo se está transformando esa energía? ¿En un escenario real podríamos percibir con nuestros sentidos esa disipación de energía?

La energía no se pierde sino que se disminuye el flujo, es decir, la corriente de energía eléctrica se transforma a una velocidad más lenta cuando aumenta la resistencia, en un escenario real, con nuestros sentidos no podríamos percibir esa disminución de energía sin un instrumento que nos ayude a verlo, nosotros que acomodamos la reducción y si le hace falta algo añádele utilizando palabras de un estudiante.

13. Considerando tres tipos de energía: potencial, eléctrica y térmica, ¿cómo podrías explicar el comportamiento de circuito en función de la transformación de la energía, sabiendo que este circuito contiene baterías, cable conductor y resistencias?

La energía eléctrica se da mediante la corriente, la cual se conduce por medio del cable conductor, la energía que se encuentra en las resistencias transforma esta energía eléctrica en energía térmica al igual que la energía potencial que se encuentra almacenada en las baterías.

14. Sacar conclusiones de la práctica experimental que realizaste, mencionando lo que aprendiste hoy, así como su relación con situaciones de la vida cotidiana en donde nos relacionamos con la corriente eléctrica, el voltaje y las resistencias. También puedes hacer un contraste entre las nociones que tenías previamente sobre estos tres conceptos.

1. La corriente está directamente relacionada con el voltaje.
2. Gracias a este experimento, desarrollamos conceptos claves como lo son la corriente eléctrica, resistencias y las baterías los cuales son espacios de ayudarnos para crear nuestro propio campo magnético.
3. Para manejar el circuito de forma más controlada, se necesitan saber los conceptos base y el como funciona cada componente. Aprendimos acerca de elementos como baterías, resistencias y corriente eléctrica desde una perspectiva más física en vez de una electrónica.

El décimo anexo corresponde a las respuestas que dieron un grupo de estudiantes a las preguntas orientadoras de la tercera guía de trabajo sobre campo eléctrico y campo magnético.

Grupo 1 418/5

COLEGIO CASTILLA IED - UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
CAMPO ELÉCTRICO Y CAMPO MAGNÉTICO
FÍSICA CUARTO PERIODO
 Profesores: Felipe Pesca-Héctor Calderón

Nombre de los integrantes del grupo: Gabriela Padilla Escarcia, Samuel Cebra
Carolina Gonzales, Gerald Contreras

CAMPO ELÉCTRICO Y CAMPO MAGNÉTICO

Un campo en física puede entenderse como una perturbación del espacio que afecta a objetos y partículas. Imagina que el espacio es como una superficie de agua; cuando tiras una piedra, se generan ondas, podemos observar que la onda se propaga a través del medio. De manera análoga, cuando hay una carga eléctrica o una masa, esta "perturba" el espacio a su alrededor, creando un campo. Este campo es lo que influye en cómo interactúan otros objetos en esa región. Por ejemplo, el campo eléctrico afecta a las cargas, y el campo gravitacional afecta a las masas. Así, los campos nos permiten ver cómo las fuerzas y las interacciones se extienden más allá de los objetos mismos, afectando todo a su alrededor.

OBJETIVO

Analizar y describir el comportamiento de los imanes y el campo magnético que generan a partir de sus características observadas.

Aplicar los conceptos de campo magnético al funcionamiento de un transformador simple relacionados con los fenómenos observados.

CAMPO ELÉCTRICO PRODUCIDO POR CARGAS PUNTUALES

El siguiente enlace te direccionará a un simulador virtual en el cual se puede representar el campo eléctrico para diferentes configuraciones de cargas eléctricas puntuales.

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_all.html?locale=es

1. ¿Qué características puedes observar en la representación del campo eléctrico para una carga puntual positiva y para una carga puntual negativa? ¿Qué le ocurre al campo eléctrico cuando aumentamos el valor de las cargas?
 Para una carga positiva, esta tiene una principal característica de generar un campo eléctrico de repulsión y la carga negativa de atracción. Cuando aumentamos el valor de las cargas se cubre el espacio.
2. Las líneas de fuerza son representaciones visuales que muestran la dirección y la intensidad de un campo eléctrico (o magnético). ¿Qué características observas en las líneas de fuerza para dos cargas iguales y para dos cargas diferentes? Para dos cargas iguales, las cargas se repelen, las positivas yendo hacia afuera y las negativas van hacia adentro. Para dos cargas diferentes, las positivas yendo hacia afuera y las negativas van hacia adentro.
3. ¿Cómo explicarías la atracción y repulsión entre cargas a partir de la representación de las líneas de campo eléctrico? Cuando las cargas son iguales las líneas del campo eléctrico van a ir en diferente dirección sin querer encontrarse, y cuando son cargas diferentes las líneas del campo van a querer encontrarse mostrando la atracción.
4. ¿Qué sucede cuando frotas un globo contra tu cabello y luego lo acercas a una pared? Piensa en cómo el campo eléctrico generado por el globo afecta a las cargas en la pared y provoca la atracción. El globo se carga positivamente y se atrae con las cargas negativas de la pared.

INTERACCIÓN ENTRE POLOS MAGNÉTICOS

1. Cuando acercas imanes ¿Se atraen o se repelen?, ¿Encuentras alguna relación entre las interacciones observadas y los polos del imán con relación las observadas en el campo eléctrico y las cargas electrostáticas en un estroboscopio?

Las imanes se atraen, si tienen o se acercan los polos contrarios, si se acercan polos iguales, los imanes se van a repeler.

Explica como interactúa un imán con diferentes materiales:

- Con un borrador: No pasa absolutamente nada.
- Con una regla de plástico: tampoco pasa nada.
- Con una moneda: No, hace nada, a diferencia de una moneda falsa la cual se pega al imán (se atraen).
- Con una puntilla: se atraen al imán.

Con el borrador, la regla y la moneda no se atraen al imán, con la moneda utilizamos una de SO, pero más dímas cuenta que con la de SO al ser pólar se atraen. Solo la puntilla se atrae directamente al imán.

2. Toma dos imanes y observa detalladamente la interacción que hay entre ellos cuando se atraen y cuando se repelen, luego discute con tu grupo sobre: ¿Cuándo se atraen más intensamente dos imanes, cuando están cerca o cuando están lejos?, registra tu observación en la siguiente tabla:

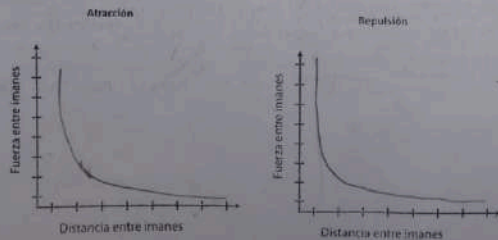
Ubicación de los imanes	¿Cómo es la intensidad de la atracción?	¿Cómo es la intensidad de la repulsión?
Cerca	Entre más cerca la interacción la intensidad aumenta (en cargas iguales).	Entre más cerca es más fuerte la repulsión, dependiendo de la cercanía de las cargas.
Lejos	Al estar alejadas las cargas no hay interacción alguna.	Debido a que no llega la suficiente fuerza magnética, no se ve reacción alguna.

En cambio con cargas diferentes al estar más cerca se repelen con mayor fuerza.

3. Según tus observaciones anteriores, ¿puedes afirmar que a medida que aumenta la distancia, la fuerza magnética disminuye o aumenta?

Disminuye debido a que el campo eléctrico entre las cargas se hace más pequeño.

4. Representa en las siguientes gráficas la relación cualitativa que hay entre la fuerza magnética y la distancia de separación entre 2 imanes que se atraen y se repelen.



LÍNEAS DE FUERZA MAGNÉTICA



¡Pensemos antes de comenzar!

Al colocar dos imanes uno frente al otro, pueden atraerse o separarse; ¿qué papel crees que juega el espacio entre ellos en esta interacción? Representa tu idea con un dibujo y, a partir de esa representación, ¿qué puedes inferir sobre cómo interactúan los imanes? El espacio puede interpretarse como un medio en el cual se

propaga la carga, pero que sea posible la unión. Dependiendo de los polos que se acercan o se separan.

Para visualizar las líneas de campo magnético para diferentes configuraciones de imanes vamos a realizar el siguiente procedimiento:

- Espolvorea limaduras de hierro sobre una lámina de acrílico que cubra las diferentes configuraciones de imanes.
- Golpea suavemente el papel para que las limaduras se alineen con el campo magnético.
- Observa las líneas formadas en ambas configuraciones.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

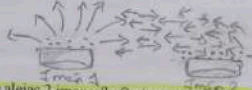
1. ¿Qué forma tienen las líneas de campo que se forman alrededor de un imán? ¿Qué puedes inferir sobre la dirección del campo magnético a partir de esa distribución? Dibuja lo que observas

Las líneas de campo van hacia afuera en forma de triángulos, debido a esto podríamos inferir que las limaduras de hierro repulsióndose.



2. ¿Qué diferencias observaste en la disposición de las limaduras según la orientación de los imanes? ¿Cómo se relacionan estas observaciones con la idea de atracción y repulsión? Dibuja lo que observas

Entre los imanes que se atraen las limaduras forman puntos repulsióndose entre sí que en otras observaciones como las limaduras se ven más compactas.



3. ¿Cómo varía la cantidad de líneas visibles a medida que alejas 2 imanes? ¿Qué nos dice esto sobre la influencia del espacio en el campo magnético?

Las líneas a medida que se alejan los imanes van quedando más espaciadas cuando hay suficiente espacio la interacción es inexistente.



IMANES, BRÚJULAS Y CAMPO MAGNÉTICO

Coloca varias brújulas sobre una mesa y observa la dirección de sus agujas. Mueve el imán en diferentes posiciones (arriba, abajo, al lado, rotarlo en el centro de las brújulas) y registra las reacciones de cada brújula.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. ¿Observaste diferencias en la respuesta de las brújulas según su distancia al imán? ¿Qué cambios notaste en la dirección de las agujas?

Al acercar un imán en medio de las brújulas, su comportamiento se vuelve errático hasta que cada una apunta a una dirección diferente.

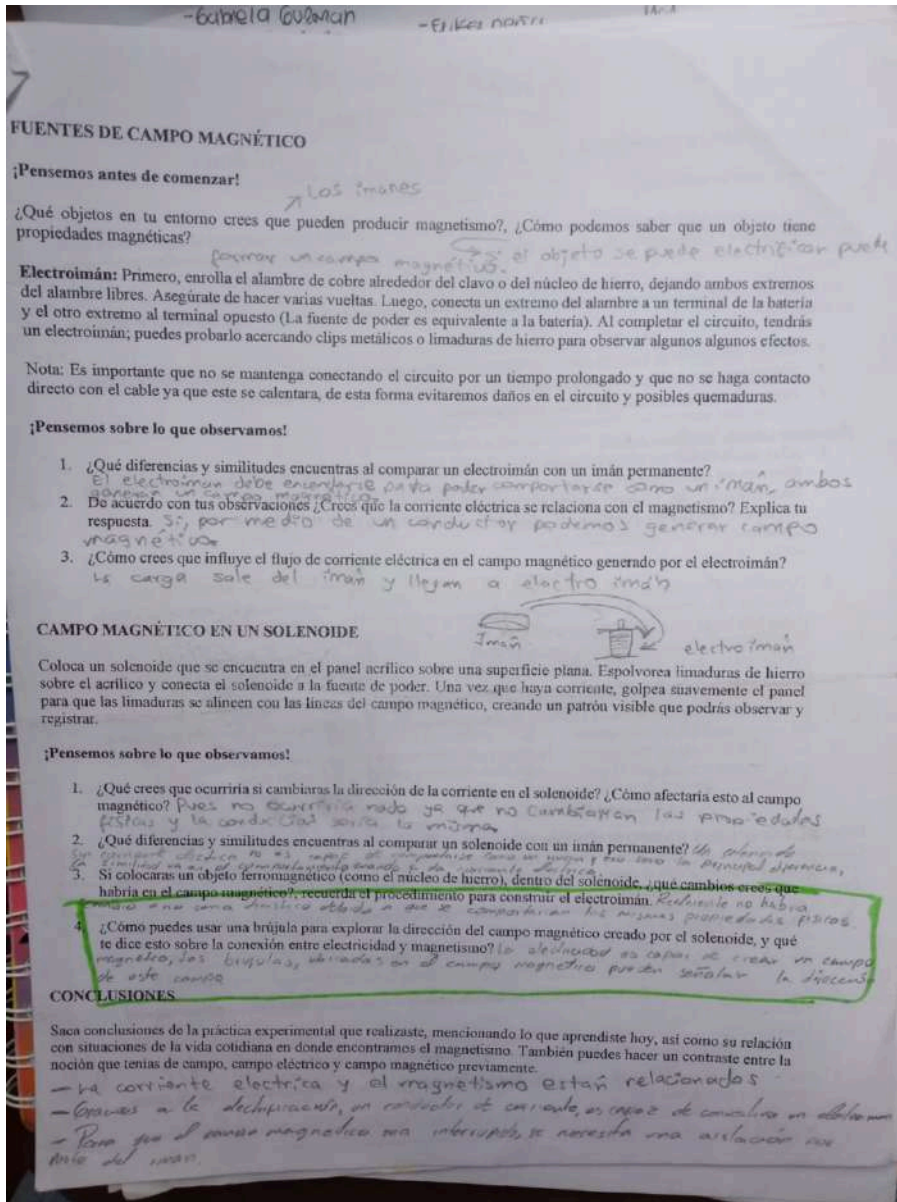
2. ¿Qué sucede con la dirección de las agujas de las brújulas cuando el imán está en diferentes posiciones respecto a las brújulas?

Dependiendo del polo del imán las flechas de las brújulas quedan apuntando hacia el imán o hacia atrás del imán formando un tipo círculo.

3. ¿Qué conexiones puedes establecer entre la dirección de las agujas de las brújulas y las líneas de campo visualizadas anteriormente?

Las líneas de las brújulas pueden representar la dirección del campo magnético que exista.





El undécimo anexo corresponde a las respuestas que dieron un grupo de estudiantes a las preguntas orientadoras de la cuarta guía de trabajo sobre flujo de campo magnético y ley de Faraday.

COLEGIO CASTILLA IED – UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FLUJO DE CAMPO MAGNÉTICO Y LEY DE AMPERE
FÍSICA CUARTO PERIODO

Profesores: Felipe Pesca-Héctor Calderón

Nombre de los integrantes del grupo:

- Samuel Caba
 - Gerald Contreras
 - Camila González
 - Gabriela Padilla
- 1101

El experimento de Oersted que llevo a la ley de Ampere

El experimento de Oersted y la ley de Ampère están estrechamente vinculados, ya que ambos describen la relación entre la electricidad y el magnetismo. En 1820, Hans Christian Oersted demostró experimentalmente que una corriente eléctrica genera un campo magnético, observando que la aguja de una brújula cercana a un alambre conductor con corriente se desviaba. Este descubrimiento empírico reveló por primera vez la conexión entre ambos fenómenos. A partir de este hallazgo, André-Marie Ampère desarrolló una formulación matemática, conocida como la ley de Ampère, que describe cómo el campo magnético rodea a una corriente eléctrica y cómo su intensidad depende de la magnitud de dicha corriente. De esta forma, el experimento de Oersted mostró el fenómeno, mientras que la ley de Ampère lo cuantificó y generalizó, proporcionando una base fundamental para la comprensión los fenómenos electromagnéticos.

El flujo de un campo

A partir del modelo de campo representado por líneas de fuerza, propuesto por Michael Faraday, el flujo de un campo se refiere a la cantidad de líneas de campo que atraviesan una superficie determinada (área). Estas líneas indican tanto la dirección como la intensidad del campo, ya sea eléctrico o magnético. Cuando muchas líneas de campo atraviesan la superficie de manera perpendicular, el flujo es mayor. Por el contrario, si las líneas pasan paralelas a la superficie, el flujo se considera nulo. En general, podemos afirmar que el flujo de un campo es una medida de cuántas líneas de fuerza atraviesan una superficie, y esta cantidad depende tanto de la orientación de la superficie como de la densidad de las líneas en esa región.

Objetivo

Comprender la relación entre la electricidad y el magnetismo a través de experimentos prácticos y simulaciones interactivas. Los estudiantes explorarán cómo la corriente eléctrica genera un campo magnético, analizarán los efectos de diferentes configuraciones de circuitos y materiales en el comportamiento del campo magnético, y reflexionarán sobre conceptos fundamentales como la inducción electromagnética y la ley de Ampère. Al finalizar, los estudiantes podrán formular conclusiones sobre las interacciones entre estos dos fenómenos físicos y su relevancia en aplicaciones tecnológicas.

¡Pensemos antes de comenzar!

1. Imagina que estás experimentando con un alambre a través del cual fluye corriente eléctrica. Si colocas un imán cerca de ese alambre, ¿qué cambios esperas observar en el comportamiento del imán? *Al pasar la electricidad por el cable esto le da propiedades magnéticas del imán.*
2. Piensa en un río que fluye a través de una región determinada. Si colocamos una represa en el río, ¿qué pasaría con el flujo de agua en esa región? *Ya la flujos del agua no sería la misma, bajaría.*
3. ¿Crees que sea posible encender un bombillo sin conectarlo a una batería? Indica como lo harías. *Si sería posible, ya que existen otras fuentes de electricidad que podrían hacer que el bombillo pranda, por ejemplo: paneles solares, mediante energía eólica y fuentes directas de energía eléctrica.*

Procedimiento

Nota: Para realizar este procedimiento asegúrate que la fuente de voltaje se encuentre apagada y que la perilla este marcando en 0 voltios. Adicionalmente, se recomienda no tocar el cable con los dedos para evitar quemaduras.

1. Toma el alambre de cobre y conecta sus extremos a las terminales de la fuente de voltaje. Asegurate que los extremos del alambre estén pelados y aseguralos bien con las pinzas tipo caimán. Es importante que el cable quede algunos centímetros sobre la superficie.
2. Coloca la brújula sobre la mesa, directamente debajo del cable de cobre. Asegúrate que el cable se oriente paralelamente con la aguja de la brújula. Luego, enciende la fuente momentáneamente (encender y apagar), a un voltaje inferior a 5 voltios.
3. Repite los pasos anteriores, pero ahora colocando la brújula encima del cable. También repítelo invirtiendo la polaridad de las terminales de la fuente de voltaje con la brújula por debajo y por encima del cable.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al realizar el experimento de Oersted, ¿cómo describirías la relación entre la dirección de la corriente en el alambre y la orientación de la aguja de la brújula? ¿Cómo podrías explicarlo en términos de líneas de campo magnético? *El alambre, al pasarle corriente crea su propio campo magnético, donde la brújula señala la dirección del campo magnético.*
2. Si se utiliza un cable de diferentes materiales (por ejemplo, cobre y aluminio) en el experimento, ¿cómo crees que esto afectaría la desviación de la brújula?, justifica tu respuesta.
3. Si realizas el experimento de Oersted en un entorno donde hay otras fuentes de campos magnéticos (como imanes o dispositivos electrónicos), ¿cómo crees que esto afectaría las observaciones de la desviación de la aguja de la brújula?

Procedimiento 2

1. Coloca un segmento de cable conductor horizontalmente sobre una superficie plana. Conéctalo a una fuente de voltaje (como una batería o fuente de alimentación) para

2. no afectaría directamente la dirección o la magnitud del campo generado, ya que el campo magnético depende de la corriente que fluye y no del material del alambre.

3. La presencia de otros campos magnéticos como imanes o dispositivos eléctrico cercano, podrían interferir con la desviación de la brújula, debido a todos los campos magnéticos.

permitir que la corriente fluya a través del cable. Asegúrate de que el circuito esté cerrado, utilizando un interruptor si lo deseas para facilitar el encendido y apagado de la corriente.

2. Espolvorea uniformemente las limaduras de hierro sobre la superficie alrededor del cable conductor (el papel). Luego, enciende momentáneamente la fuente de voltaje (encender y apagar), para que la corriente fluya a través del cable. Observa las limaduras de hierro la configuración que tienen los patrones que forman las líneas que representan el campo magnético alrededor del cable.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al observar la disposición de las limaduras de hierro alrededor del cable conductor, ¿cómo describirías el patrón que se forma? ¿Qué relación puedes establecer entre la dirección de las líneas de campo magnético y la dirección de la corriente en el cable, y cómo se relaciona esto con la ley de Ampère?
2. Si la forma y el diseño del circuito se modifican (por ejemplo, usando un alambre en forma de espiral o bobina), ¿qué cambios esperas en el patrón del campo magnético? ¿Cómo podrías relacionar estos cambios con la ley de Ampère? Recuerda los efectos que evidenciaste en el electroimán.

Procedimiento 3

1. Dirígete al enlace del simulador de campo magnético para imanes y electroimanes: https://phet.colorado.edu/sims/html/magnets-and-electromagnets/latest/magnets-and-electromagnets_all.html?locale=es
2. Observa la dirección de la corriente para un voltaje negativo y para uno positivo en el electroimán. Adicionalmente, observa lo que ocurre en el campo magnético producido por dicha corriente.
3. Observa el comportamiento del campo magnético cuando aumenta el número de espiras de la bobina y cuando aumenta el voltaje de la batería.
4. Construye un electroimán conectando las terminales de la fuente de voltaje a una bobina de 620 vueltas con núcleo de hierro. Luego, en otra bobina de 620 vueltas conecta las terminales al galvanómetro con las pinzas de caimán. Una vez tengas las dos bobinas, realiza un movimiento de la bobina que está conectada al galvanómetro en las regiones cercanas al electroimán.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al observar la dirección de la corriente en el electroimán con voltajes positivos y negativos, ¿qué diferencias notas en la polaridad del campo magnético producido? ¿Cómo puedes relacionar esas observaciones con el principio de que la dirección del campo magnético es influenciada por la dirección de la corriente?
2. ¿Qué relación encuentras entre el campo magnético producido por una corriente con el número de espiras y con la intensidad de la corriente? ¿La intensidad del campo es la misma en todos los puntos del espacio?

1. Las limaduras de hierro se alinean formando círculos alrededor del cable conductor, representando las líneas de campo.
2. El campo magnético se concentrará y se alineará en el interior de la bobina, formando un campo similar al de un imán con un polo norte y un polo sur.

Procedimiento (3):

1. Cuando el polo negativo se encuentra a la derecha, la dirección del campo magnético va a hacer hacia esta dirección en caso de ir a la izquierda, las líneas van hacia ese sentido. El principio, es lo que sucede en el experimento, ya que en la dirección en la que se dirige la corriente, va el campo magnético.
2. De acuerdo a la intensidad de la corriente corriente, las espiras se vuelven más o menos fuertes. Entre más distantes haya la fuente electromagnética, menor será la fuerza del campo.
3. No, ya que a mayor movimiento, mayor será la marcación del galvanómetro.
4. La aguja del galvanómetro se mueve cuando se acerca o aleja la bobina del electroimán.

permitir que la corriente fluya a través del cable. Asegúrate de que el circuito esté cerrado, utilizando un interruptor si lo deseas para facilitar el encendido y apagado de la corriente.

2. Espolvorea uniformemente las limaduras de hierro sobre la superficie alrededor del cable conductor (el papel). Luego, enciende momentáneamente la fuente de voltaje (encender y apagar), para que la corriente fluya a través del cable. Observa las limaduras de hierro la configuración que tienen los patrones que forman las líneas que representan el campo magnético alrededor del cable.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al observar la disposición de las limaduras de hierro alrededor del cable conductor, ¿cómo describirías el patrón que se forma? ¿Qué relación puedes establecer entre la dirección de las líneas de campo magnético y la dirección de la corriente en el cable, y cómo se relaciona esto con la ley de Ampère?
2. Si la forma y el diseño del circuito se modifican (por ejemplo, usando un alambre en forma de espiral o bobina), ¿qué cambios esperas en el patrón del campo magnético? ¿Cómo podrías relacionar estos cambios con la ley de Ampère? Recuerda los efectos que evidenciaste en el electroimán.

Procedimiento 3

1. Dirígete al enlace del simulador de campo magnético para imanes y electroimanes: https://phet.co/orado.edu/sims/html/magnets-and-electromagnets/latest/magnets-and-electromagnets_all.html?locale=es
2. Observa la dirección de la corriente para un voltaje negativo y para uno positivo en el electroimán. Adicionalmente, observa lo que ocurre en el campo magnético producido por dicha corriente.
3. Observa el comportamiento del campo magnético cuando aumenta el número de espiras de la bobina y cuando aumenta el voltaje de la batería.
4. Construye un electroimán conectando las terminales de la fuente de voltaje a una bobina de 620 vueltas con núcleo de hierro. Luego, en otra bobina de 620 vueltas conecta las terminales al galvanómetro con las pinzas de caimán. Una vez tengas las dos bobinas, realiza un movimiento de la bobina que está conectada al galvanómetro en las regiones cercanas al electroimán.

¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. Al observar la dirección de la corriente en el electroimán con voltajes positivos y negativos, ¿qué diferencias notas en la polaridad del campo magnético producido? ¿Cómo puedes relacionar esas observaciones con el principio de que la dirección del campo magnético es influenciada por la dirección de la corriente?
2. ¿Qué relación encuentras entre el campo magnético producido por una corriente con el número de espiras y con la intensidad de la corriente? ¿La intensidad del campo es la misma en todos los puntos del espacio?

3. ¿El efecto que se muestra en el galvanómetro es igual cuando la bobina se mueve a cuando esta quieta?
4. ¿Qué crees que está pasando en la bobina que está conectada al galvanómetro para que muestre el efecto en la aguja?

Procedimiento 4

1. Ingrese al siguiente enlace en donde encontrará un simulador de inducción, dirígete a la bobina de captación:
https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-electromagnetic-lab/latest/faradays-electromagnetic-lab_all.html?locale=es
2. Observa las líneas de campo que pasan por el área de la bobina. Luego, observe las líneas que pasan por la bobina cuando aumenta su área y cuando se acerca el imán (fijando el eje).

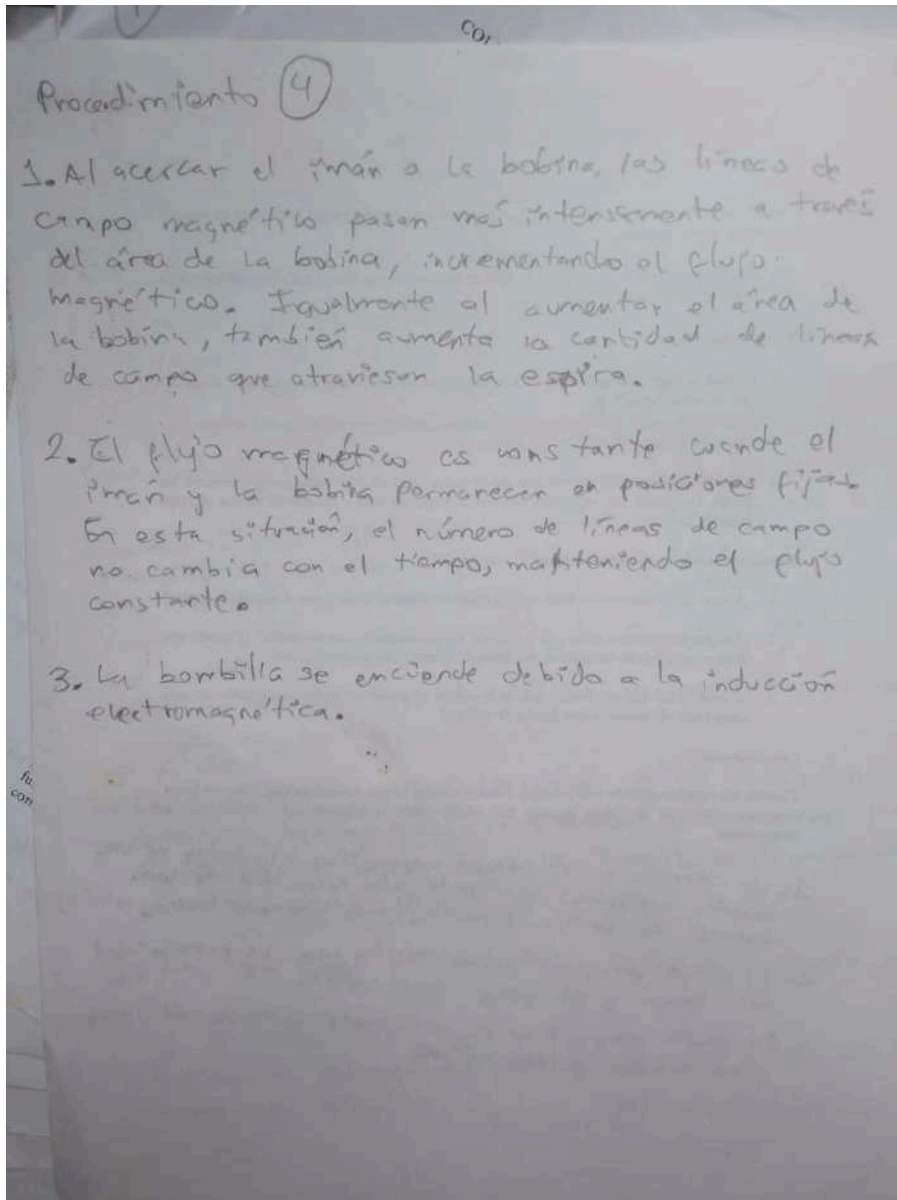
¡Pensemos sobre lo que observamos!

1. ¿Cómo se ve afectado el flujo campo magnético por el imán y por el área de la espira?
2. ¿En qué condiciones crees que el flujo de campo magnético es constante? ¿Cuándo este flujo magnético es variable en el tiempo? ¿Cómo puedes identificarlo?
3. ¿Cómo crees que es posible que la bombilla se puede encender aun cuando no está conectado el circuito a una fuente de voltaje?

Conclusiones

Elabora tus conclusiones de esta práctica. Puedes resaltar lo que aprendiste hoy y puedes hacer comparaciones con las ideas previas que tenías sobre la relación entre electricidad y magnetismo.

1. Un cambio en el campo magnético alrededor de una bobina genera corriente sin necesidad de una fuente de voltaje directa (inducción electromagnética)
2. El flujo magnético aumenta con la proximidad del imán y el área de la espira.
3. El flujo magnético es constante cuando el imán y la bobina están fijas

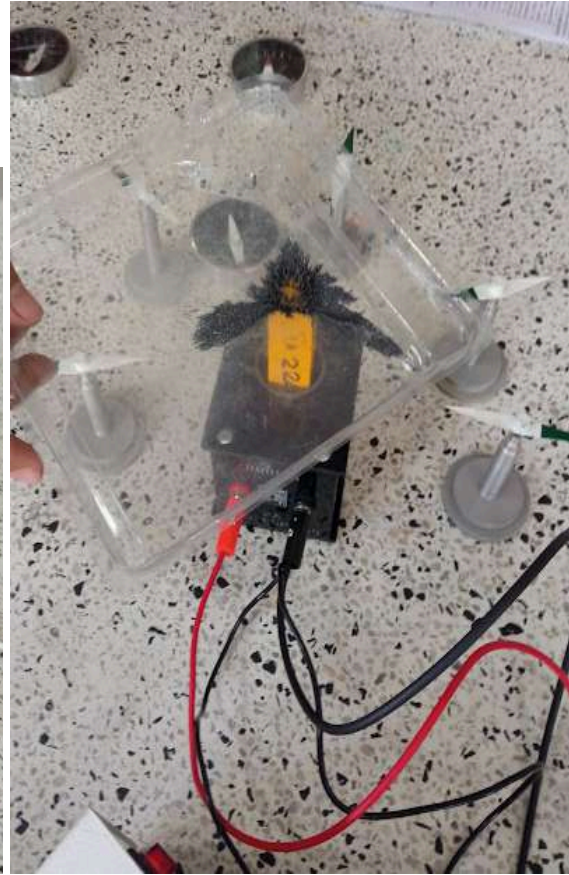
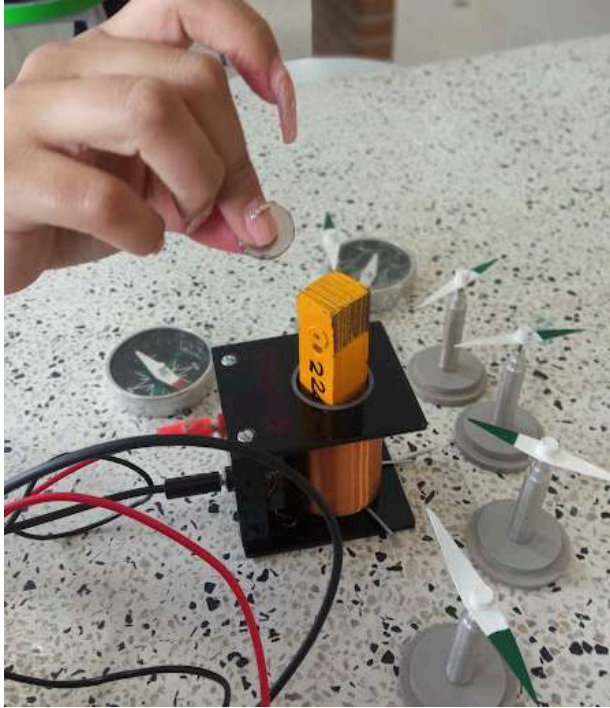


El duodécimo anexo corresponde al montaje experimental que desarrollaron los estudiantes para la sesión 1 sobre carga eléctrica y electrificación

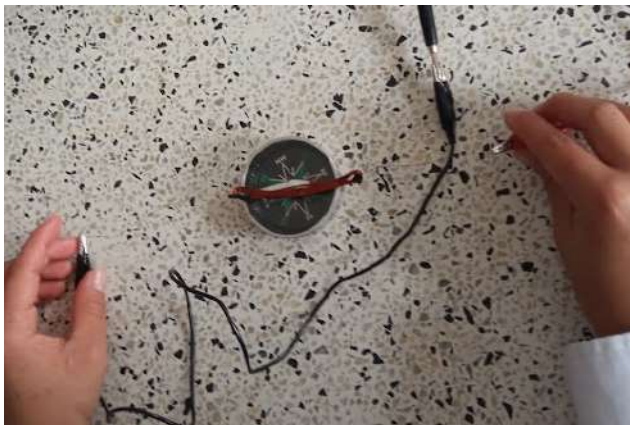


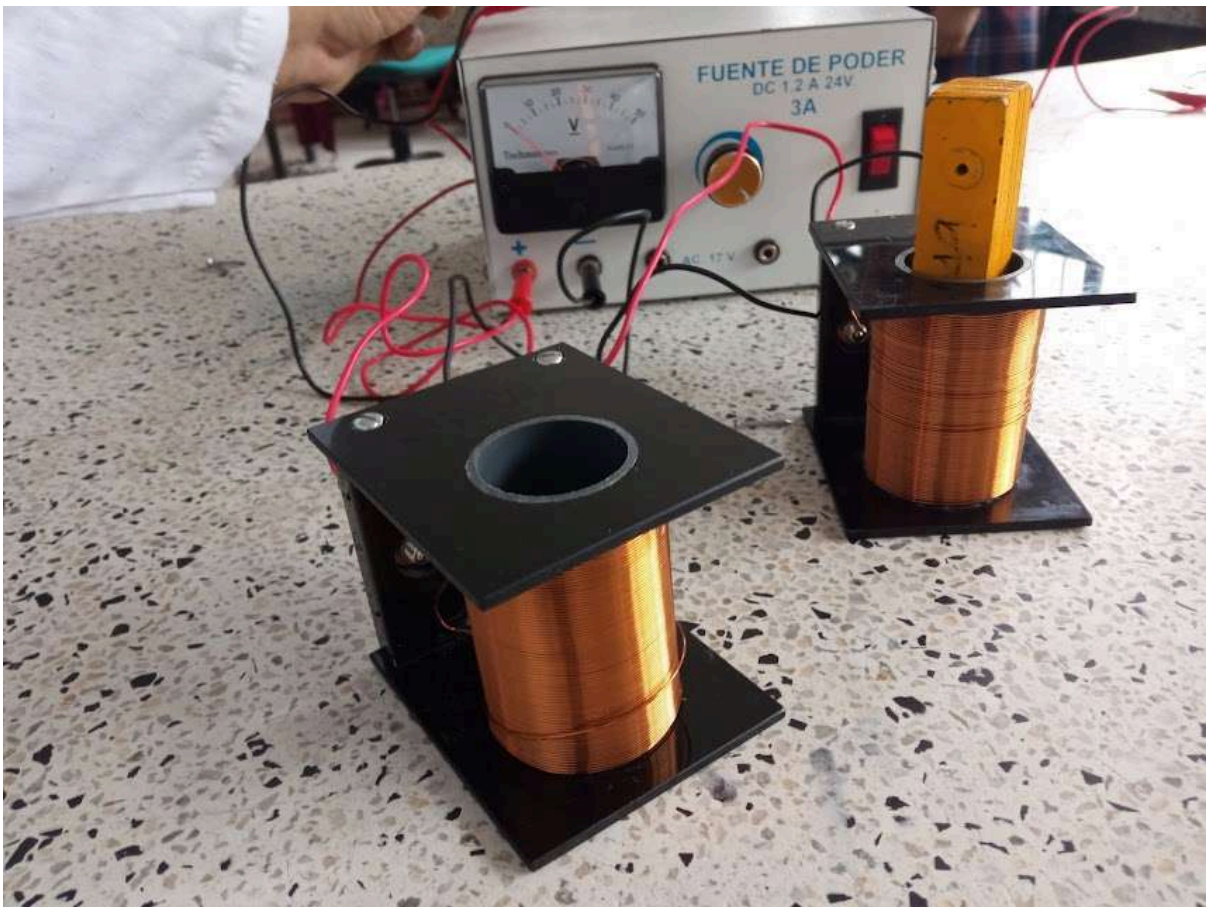
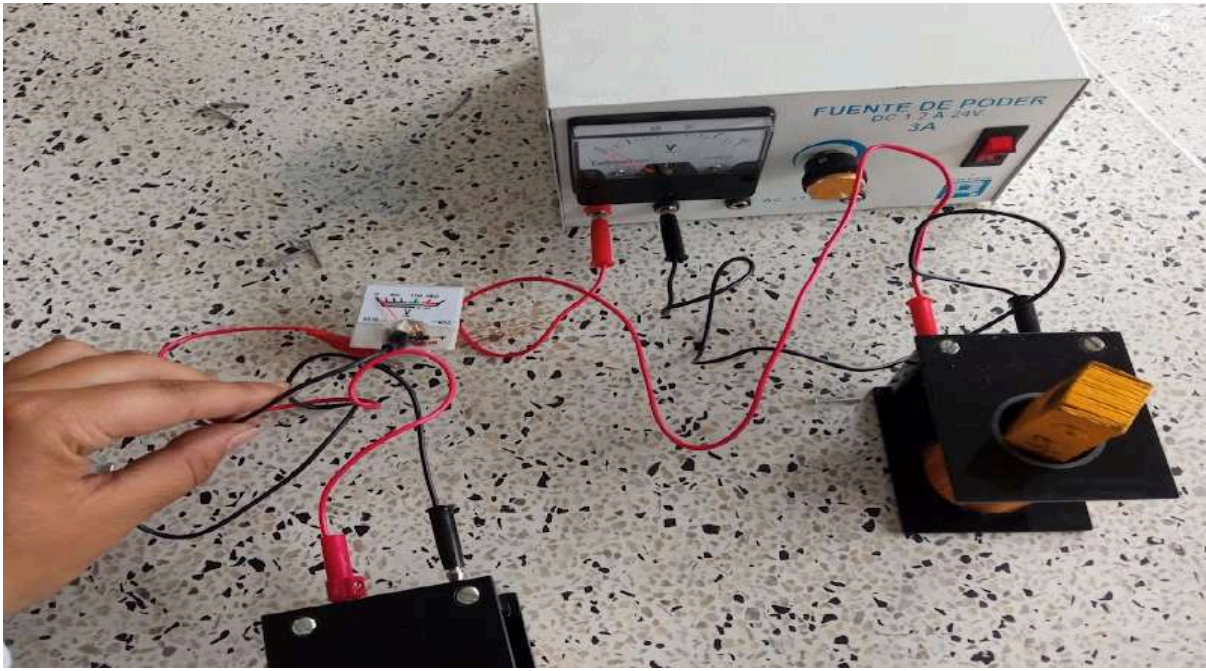
El decimotercer anexo corresponde a los montajes experimentales que desarrollaron los estudiantes para la sesión 3 sobre campo eléctrico y campo magnético.

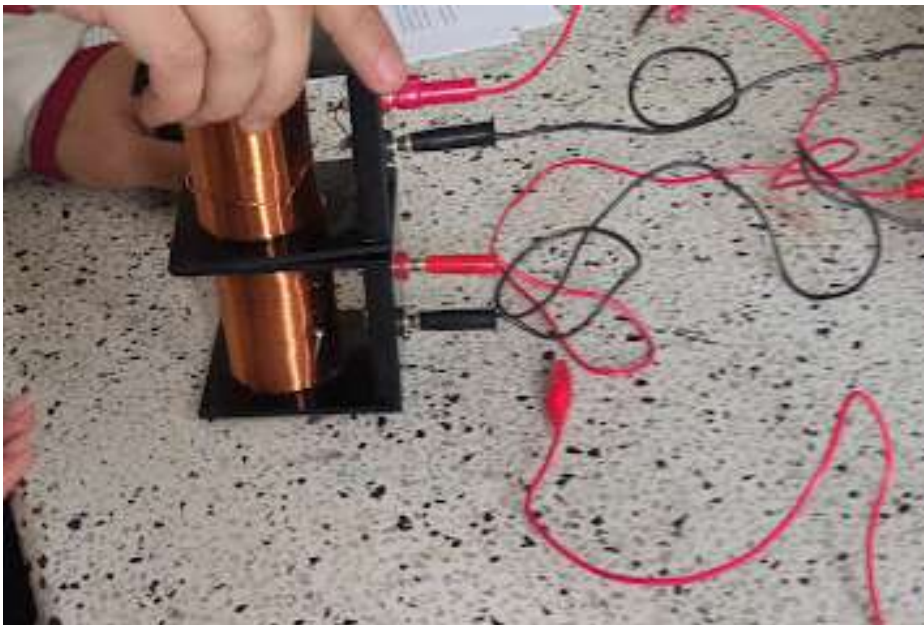
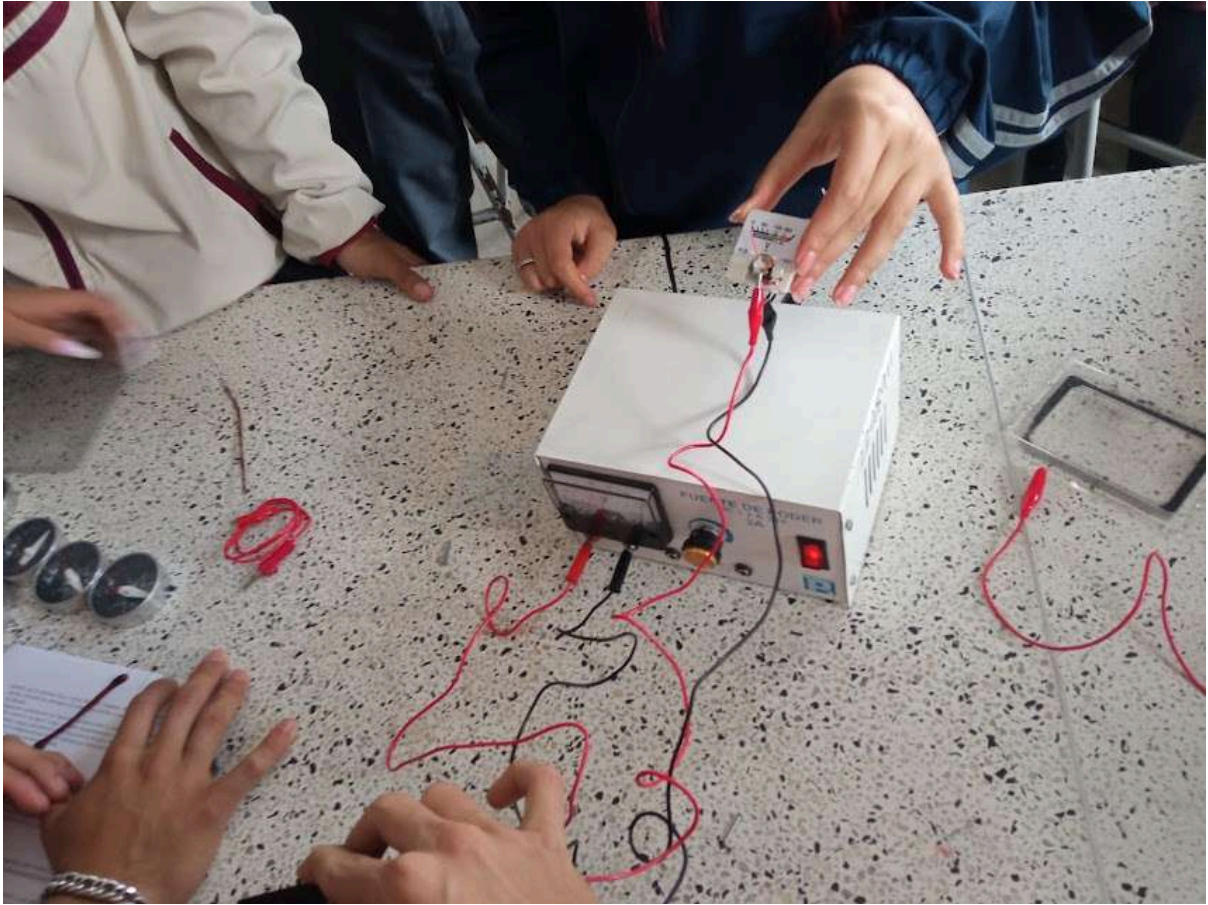




El decimocuarto anexo corresponde a los montajes experimentales que desarrollaron los estudiantes para la sesión 4 sobre flujo de campo magnético y ley de Faraday. En este anexo se presenta el montaje con el cual se trabajó el experimento de Oersted.







El decimoquinto anexo corresponde a los montajes experimentales que los estudiantes construyeron para la sesión 5 sobre la construcción de un transformador.



