



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Aprendizaje de las leyes de Maxwell a partir de experimentos caseros.

German Arturo García Cortes

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ciencias

Bogotá, Colombia

2020.

Aprendizaje de las leyes de Maxwell a partir de experimentos caseros.

German Arturo García Cortes

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en enseñanza de las ciencias exactas y naturales

Director:

Dr.rer.nat LEONARDO CASTAÑEDA COLORADO

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ciencias

Bogotá, Colombia

2020

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad por haber permitido estudiar esta excelente Maestría.

Agradezco a los estudiantes de grado 11 de la Institución Educativa León XIII por su colaboración en la implementación de la secuencia didáctica.

Tabla de Contenido

Resumen	1
Abstract	3
Introducción	5
Capítulo 1. Concepción general del problema	7
1.1. Antecedentes del objeto de estudio	7
1.2. Planteamiento del problema	11
1.3. Justificación	13
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos.	15
Capítulo 2. Marco Teórico	17
2.1. Marco contextual e institucional	17
2.2. Marco histórico	17
2.2. Marco Epistemológico	21
2.4. Marco Disciplinar	25
2.4.1. Metodología proactiva o activa.	25
2.4.2. Leyes de Maxwell.....	26
2.4.3. Campo eléctrico.....	35
2.4.4. Campo magnético.....	45
2.5. Análisis Didáctico	58

2.5.1. Saber científico	58
2.6. Estructura de la secuencia de aprendizaje.....	60
2.6.1. Fase de planificación.....	60
2.6.2. Fase de construcción	60
2.6.3. Fase de ampliación y aplicación.....	61
Capítulo 3. Metodología	65
3.1. Tipo de Investigación	65
3.2. Población y muestra	65
3.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de información.....	65
Capítulo 4. Resultados	67
Capítulo 5. Conclusiones y Discusión	83
Capítulo 6. Secuencia Didáctica.....	85
6.1. Unidad Didáctica I. La carga eléctrica y el campo eléctrico	85
6.2. Unidad Didáctica II. Visualización de líneas de campo eléctrico.....	90
Fuente: elaboración propia.....	¡Error! Marcador no definido.
6.3. Unidad Didáctica III. Ley de Gauss para el campo eléctrico.....	95
• Con los estudiantes	98
6.4. Unidad Didáctica IV Ley de Gauss para el Campo Magnético.....	101
• Vocabulario.....	103
6.6. Actividad Introductoria a la Inducción Electromagnética.....	120
Experimento de continuidad eléctrica.	120

➤ **Preguntas adicionales sobre la experiencia: 134**

Elaboración de un motor eléctrico de corriente continua 142

Bibliografía..... 147

Anexos..... 152

Tabla de figuras

Figura 1. Ciclo PODs.....23

Figura 2. Campo Eléctrico.....35

Figura 3. Campo Eléctrico.....38

Figura 4. Foto de campo eléctrico.....38

Figura 5. Campo eléctrico generado por una carga negativa.....	39
Figura 6. Representación gráfica de la ecuación.....	40
Figura 7. Flujo de campo eléctrico.....	43
Figura 8. Flujo de campo eléctrico.....	44
Figura 9. El campo magnético y la corriente que pasa por el conductor son perpendiculares entre si.. ..	48
Figura 10. Campo Magnético generado por un imán. Las líneas de campo salen del polo positivo y llegan al polo negativo.. ..	51
Figura 11. Ley de Faraday.....	53
Figura 12. Ley Ampere-Maxwell.....	56
Figura 13. Primera Unidad.....	78
Figura 14. Segunda Unidad.....	79
Figura 15. Tercera Unidad.....	79
Figura 16. Cuarta Unidad.....	80
Figura 17. Quinta Unidad.	80
Figura 18. Experimento.	118
Figura 19. Foto de montaje conductividad eléctrica.	121
Figura 20. Foto de Circuito.. ..	122
Figura 21. Foto de circuito con papel de aluminio.....	123
Figura 22. Foto de imán fuera del recipiente de aluminio.....	130
Figura 23. Ley de Lenz.	140
Figura 24. Foto de montaje del solenoide.. ..	144

Tablas de cuadros

Tabla 1. Ecuaciones de las leyes de Maxwell.	34
Tabla 2. Aplicación de las secuencias a los estudiantes.....	71
Tabla 3. Unidad Didáctica 1.....	85
Tabla 4. Hoja de predicciones.Unidad I.....	88
Tabla 5. Cuadro de resultados. Unidad I.....	89
Tabla 6. Preguntas finales.....	90
Tabla 7. Unidad Didáctica II.....	91
Tabla 8. Cuadro de Predicciones de la Unidad II.	94
Tabla 9. Hoja de resultados. Unidad II.	94
Tabla 10. Unidad Didáctica III.....	95
Tabla 11. Unidad Didáctica IV.	101
Tabla 12. Unidad Didáctica V.	109
Tabla 13. Actividad Introdutoria.	120
Tabla 14. Pregunta 1 de la figura 22.	133
Tabla 15. Pregunta 2 de la figura 22.	133
Tabla 16. Pregunta 3 de la figura 22.	133
Tabla 17. Dibujo de campo magnético.	133

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
Q	Carga	Coulomb(C)	
F	Fuerza	Newtón(N)	Ec, 2
E	Campo eléctrico	N/C	Ec. 1
K	Constante de Coulomb	$N \cdot m^2/C^2$	$8,99 \times 10^9$
R	Vector de dirección de campo	m	
dE	Campo generado por diferencial de Carga de dQ	-	Tabla 3-1
B	Campo magnético	Tesla(T)	
H	Intensidad de campo magnético de un solenoide		Ec, 11
N	Número de espira	-	
I	Corriente	Amperio(A)	
L	Longitud conductor	Metro(m)	
<i>PODS</i>	Predecir, Observar, Discutir, Sintetizar		
<i>C.I.D.</i>	Clases interactivas con demostración		
<i>I.A.P.</i>	Investigación acción participativa.		

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
ϕ_E	Flujo eléctrico	$Vm=Nm^2C^{-1}$	Ec, 5
Φ_B	Flujo magnético	wb= Tm^2	Ec,13

Resumen

El presente estudio se enmarcó dentro de un método investigativo cualitativo que tuvo como objetivo el diseño de una secuencia didáctica para el aprendizaje de las leyes de Maxwell aplicada a los estudiantes del grado once J.M. del Colegio León XIII de Soacha-Colombia, a través de experimentos sencillos de bajo costo. Para lograr el anterior objetivo se partió de la indagación acerca de la situación actual de los estudiantes de educación media, grado once J.M. de la Institución Educativa León XIII de Soacha- Colombia, con relación al área de física, específicamente a las leyes de Maxwell.

Por otro lado, se identificaron los conceptos más relevantes para la comprensión de las leyes de Maxwell a través de una revisión de literatura, se puntualizaron las estrategias para la construcción de la secuencia didáctica encaminada a la comprensión de las leyes de Maxwell, la cual se aplicó a 40 estudiantes de grado once de la institución.

Los resultados obtenidos, de la aplicación de la secuencia didáctica se analizaron, mediante entrevistas y charlas con los estudiantes, aplicando así la etnografía participativa y la entrevista semi-estructurada en la que evidenció un progreso en las actitudes y disposición de los estudiantes, como también en su comprensión del fenómeno electromagnético, y la importancia que este tiene en la vida cotidiana. Los estudiantes reconocieron hechos y establecieron ejemplos y los pudieron relacionar con las leyes de Maxwell.

por medio de un cuestionario de percepción aplicado a los docentes de física que participaron en las actividades propuestas de la secuencia didáctica, se pudo establecer que este tipo de actividades ayudan a las clases de física, pues el estudiante es un actor dinámico de su proceso de formación

Finalmente, se concluyó que los resultados fueron positivos al aplicar la secuencia didáctica diseñada para el aprendizaje de las Leyes de Maxwell dando consecución a los objetivos planteados y quedó la investigación abierta para otros nuevos estudios y la continuación de la misma.

Palabras clave: Inducción electromagnética, campo eléctrico, variación de campo magnético, fuerza electromagnética, experimentos demostrativos, aprendizaje activo.

Abstract

The present study was framed within a qualitative research method that aimed to design a didactic sequence for learning Maxwell's laws applied to eleventh grade students J.M. from the León XIII School in Soacha-Colombia, through simple low-cost experiments. To achieve the aforementioned objective, we started from the investigation about the current situation of the students of middle education, grade eleven J.T. from the León XIII Educational Institution in Soacha-Colombia, in relation to the area of physics, specifically to Maxwell's laws regarding electrical and magnetic phenomena, through participatory ethnography and a semi-structured interview.

On the other hand, the most relevant concepts for the understanding of Maxwell's laws were identified through a literature review, the strategies for the construction of the didactic sequence aimed at the understanding of Maxwell's laws, which were applied to 40 eleventh grade students of the institution.

Regarding the research results analyzed by means of descriptive statistics at the time of the investigation, it was found that the phenomena that describe Maxwell's laws in everyday life were not important to students, nor did they understand them with traditional methodologies in the classroom. After the application of the didactic sequence, it was demonstrated that the students were able to understand Maxwell's laws, they established examples of them, and they found their usefulness in everyday life and other important concepts in the area of physics; through a perception questionnaire applied to physics teachers who participated in the activities proposed in the didactic sequence.

Finally, it was concluded that the results were positive when applying the didactic sequence designed for learning Maxwell's Laws, achieving the stated objectives, and the investigation was open for other new studies and the continuation of it.

Key words: Electromagnetic induction, electric field, magnetic field variation, electromagnetic force, demonstration experiments, active learning.

Introducción

Para la enseñanza de la física, se han usado, en términos generales, metodologías tradicionales, como los usados en la enseñanza de las matemáticas en donde se explica de forma teórica un concepto y después se evalúa por medio de ejercicios Boaler, J. (2007, 28 de abril). “No obstante, en muy pocas ocasiones se introducen las temáticas con metodologías didácticas y dinámicas, que hacen que los estudiantes no solamente comprendan los conceptos, sino que se interesen por las diversas problemáticas en las Ciencias Naturales”.

Por lo anterior, esta investigación tiene como objetivo diseñar una secuencia didáctica para el aprendizaje las leyes de Maxwell aplicada a los estudiantes de grado once J.T. del Colegio León XIII en Soacha- Colombia, través de experimentos sencillos de bajo costo.

Se parte de una indagación, por medio de tres actividades que tienen como objetivo la explicación de conceptos relacionados con las leyes de Maxwell por parte de los estudiantes, a partir de tres experimentos utilizando recursos de bajo costo. Lo anterior con el fin de obtener datos sobre los conocimientos de las Leyes de Maxwell y así encontrar hallazgos sobre lo anterior. Por consiguiente, se recurre al uso de una etnografía participativa y una entrevista semiestructurada las cuales arrojan resultados como la participación activa e interés de los estudiantes, frente a la realización de las actividades propuestas; así mismo expresan que es más fácil adquirir el conocimiento de forma lúdica.

En consecuencia, se hace necesario diseñar una secuencia didáctica para explicar las leyes de Maxwell a los estudiantes de grado once y posteriormente pueda

ser usada a nivel nacional como propuesta didáctica de enseñanza en el aula. Para ello se requiere la identificación de los conceptos más relevantes en la comprensión de las leyes de Maxwell a través de una revisión de literatura, posteriormente se puntualizan las estrategias didácticas para tenerlas en cuenta en la construcción de la secuencia didáctica que consta de seis unidades de trabajo, utilizando recursos y elementos de bajo costo y luego ser aplicada a los estudiantes de grado once J.M.

Finalmente, se obtienen resultados favorables, por medio de una encuesta de percepción aplicada a los docentes de física.

Capítulo 1. Concepción general del problema

1.1. Antecedentes del objeto de estudio

La enseñanza del electromagnetismo ha sido un tema de estudio desde las áreas de pedagogía y didáctica. Por ejemplo, el estudio realizado por Sánchez (2012), se acerca a los estudiantes a la aproximación a los conceptos de electromagnetismo a través de distintos métodos en donde se da solución a distintas problemáticas, a través de teorías como el aprendizaje significativo y pequeños científicos. El trabajo tuvo como actores de investigación a 42 estudiantes de grado noveno de Institución Educativa Santa Juana de Lestonnac, ubicada en los límites del barrio Pedregal y Doce de Octubre de Medellín, niños entre las edades de 14 y 15 años, ya mayoría pertenecientes a los estratos socio económicos 1 y 2.

La metodología de pequeños científicos buscó que los estudiantes participaran activamente en el aprendizaje de las ciencias naturales a través de procesos de experimentación. Dentro de esta metodología, es importante realizar debates entre grupos y subgrupos, para propiciar la puesta en común de puntos de vista y resolver diferencias de tipo conceptual. En este estudio se inicio con la aplicación una prueba de iniciación que buscaba identificar las principales problemáticas con relación al electromagnetismo.

La implementación de esta metodología (Sánchez, 2012) “permitió mediante la indagación de preconceptos, situaciones problemas, actividades experimentales y la construcción de hipótesis; la transformación de la estructura cognitiva y la apropiación de los conceptos electromagnéticos de manera significativa en los estudiantes” (p. 27).

Este tipo de metodología permite la posibilidad de crear enlaces entre los conocimientos previos y la nueva información que se requiere aprender.

Dentro de este mismo orden de ideas, se encuentra la investigación realizada con estudiantes de grado once de la Institución Educativa Normal Superior de Neiva (Huila). A través de una metodología cualitativa. Rojas, et al (2016), "se busca observar el aprendizaje de un laboratorio interactivo, con experimentos sencillos para explicar conceptos del campo electromagnético". con el propósito de proponer herramientas distintas a las metodologías tradicionales para la enseñanza de las ciencias naturales.

La metodología utilizada en este estudio fue de carácter cualitativo buscó conocer la eficacia de la implementación de herramientas de bajo costo para la enseñanza de conceptos electromagnéticos.

La recolección de información se realizó mediante un cuestionario de escala Likert, que fue validado con otros cinco profesionales teniendo en cuenta el índice de validez de constructo. Por otra parte, se recoge información acerca de las libretas de apuntes que llevan los estudiantes durante la realización de cada uno de los experimentos, sumado a entrevistas estructuradas realizadas a los estudiantes antes y después del proceso de aplicación de la metodología.

Los resultados mostraron que los estudiantes que no se encontraban interesados en el área de física tuvieron interés por el aprendizaje cuando interactuaron con las herramientas pedagógicas de laboratorio para analizar fenómenos y conceptos propios del electromagnetismo.

La investigación realizada por Osorio, et al, (2012) analiza las dificultades en el aprendizaje de los conceptos claves dentro del campo del electromagnetismo en estudiantes de grado once. La metodología de la investigación es de tipo cuantitativa a través de encuestas a 94 estudiantes.

El estudio partió de la base de que los estudios en la didáctica de la física que se han desarrollado en los últimos años dan cuenta de la importancia de la investigación de la enseñanza y aprendizaje acerca de conceptos complejos en física como el electromagnetismo, tanto a nivel secundario como universitario.

Los resultados de la investigación encuentran que la mayoría de los estudiantes, sin importar el número de veces que haya cursado el curso de electromagnetismo, tiene inconvenientes en la comprensión de los conceptos relacionados con esta área de la física.

Continuando con esta línea de investigaciones, se encuentra la investigación realizada por López et al. (2016), que tuvo el objetivo de “proponer una estrategia metodológica con el fin de mejorar el entendimiento del electromagnetismo de los estudiantes a través de experimentos que se encuentran dirigidos a los docentes de la institución educativa El Remolino Sector el Remolino, Municipio Valmore Rodríguez Carretera Lara-Zulia, Estado Zulia, España”.

La metodología de esta investigación es de tipo descriptiva de carácter cuantitativo y cualitativo, apoyada en un diseño de campo no experimental. En este sentido, se estableció una propuesta para dar respuesta a esta necesidad específica. Para realizar de investigación, se pidió la colaboración de siete docentes de física.

La técnica utilizada fue la observación directa, y el instrumento para la recolección de datos fue el cuestionario de tipo dicotómico cerrado con alternativas de Sí y No. Además, estuvo compuesto por (17) diecisiete ítems para que los informantes se expresen de acuerdo a su criterio.

Para el análisis de la información, se hizo uso de estadística descriptiva y representada por gráficos de tipo cualitativo. Con relación a los objetivos, en este sentido los autores dijeron:

“La investigación permitió evidenciar que actualmente la planificación del docente que orienta el área de física basa su praxis en el contenido teórico más que en lo práctico, evadiendo las prácticas de laboratorio por la falta de espacios adecuados que estén dotados de instrumentos apropiados para desarrollar los experimentos; sabiendo que éstos se pueden realizar con materiales de fácil adquisición utilizándolos como instrumentos para demostrar el fenómeno a estudiar en cada caso y así, incentivar al educando constantemente con la finalidad de mejorar el rendimiento académico” (p. 17).

Ahora bien, dentro del campo del electromagnetismo, también se han desarrollado otros estudios acerca de la metodología de aprendizaje con aplicaciones móviles experimentales. Un ejemplo de esto es el estudio realizado por Fragoso et al (2017). en donde dice que “área de electromagnetismo es una de las materias de física que los estudiantes más desapruaban en el bachillerato”. Y La razón de esto, es que los conceptos del electromagnetismo suelen ser abstractos y desenfocados de la vida cotidiana, ellos afirman que “en muchas ocasiones, existe una enseñanza tradicional de estos conceptos que resulta poco efectiva”.

En la investigación se muestra un experimento cuyo objetivo es producir un plasma de manera controlada utilizando materiales al alcance de muchos laboratorios

escolares En este experimento, “los alumnos a lo largo de un curso de electromagnetismo de nivel superior, se muestra como se pueden aplicar los conceptos de campo eléctrico, diferencia de potencial, capacitancia, corriente directa, corriente alterna, transformadores y plasmas” (p. 23).

Las conclusiones de la investigación muestran que estas herramientas no solamente motivaron a los estudiantes a participar activamente y a interesarse por el área de física, sino que estableció una mejora significativa en el aprendizaje de conceptos relacionados con electromagnetismo. Además, se evidenció una disminución en la desaprobación de las áreas relacionadas con electromagnetismo y fenómenos electromagnéticos.

Por otra parte, existen investigaciones que se han interesado por el contexto profesional de la enseñanza desde perspectivas históricas en programas universitarios y escolares. Un ejemplo de esto es la investigación realizada por Zapata (2017), en donde dijo que:

“Evidenciar cambios en las formas de pensar y de actuar por parte de los dos profesores universitarios, visibilizados en algunos cambios en la epistemología del profesor y en su práctica de aula, en donde los profesores participantes reconocieron explícitamente la necesidad de identificar contextos profesionales para la enseñanza” (p265).

1.2. Planteamiento del problema

Para definir la problemática del presente estudio, se hace referencia a que la Institución Educativa León XIII, es un colegio ubicado en Soacha. El colegio, es de carácter público y cuenta con jornadas mañana, tarde y sábados. Los niveles educativos son preescolar, básica primaria, básica secundaria, media académica y

ciclo adultos. Por lo tanto, en primer lugar, se parte del análisis sobre los índices de pobreza que se encuentra en el municipio. En segundo lugar, se realiza una indagación con los estudiantes de grado once de la institución educativa para evaluar su nivel de desempeño en física, específicamente con el conocimiento, manejo y aprendizaje de las leyes de Maxwell por medio de actividades dinámicas y didácticas y por último se analizan otros datos para hallar otras problemáticas sobre la clase de física.

En cuanto a los índices de pobreza el informe de la Alcaldía Mayor de Bogotá del 2015 expresa que el municipio de Soacha se encuentra por debajo del nivel nacional en términos de pobreza monetaria, es decir el nivel de vida de su población, donde el índice de pobreza es de 35,5%. A nivel nacional, este índice es de 26,9%. Por su parte, el índice de pobreza multidimensional es del 23.9, lo cual indica según el informe (Boletín de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2015,). “que la población se encuentra en condición de pobreza por la privación de las siguientes dimensiones: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, trabajo, salud, acceso a servicios públicos y condiciones de la vivienda” (p. 2A).

A nivel nacional, el índice de pobreza multidimensional fue de 17.8% según un estudio DANE, del 2015. Es decir, en este aspecto Soacha se encuentra también por encima del promedio nacional.

Con relación a lo anterior en el municipio de Soacha se hace necesario desarrollar mecanismos didácticos y pedagógicos que con bajo costo puedan dar explicaciones de forma asertiva a conceptos complejos de la física. En este sentido y teniendo en cuenta los planteamientos de la Investigación Acción Participativa (IAP), donde se afirma que los procesos de investigación deben partir de una problemática de

carácter social y con participación de la comunidad, se busca que los estudiantes puedan comprender de la mejor forma los conceptos de física.

Respecto al segundo punto, como indagación, por medio de tres (3) experimentos los estudiantes intentan explicar qué sucede para luego entrar al proceso de enseñanza formal. Sobre esta aproximación se realiza una etnografía participativa y una entrevista semiestructurada, determinando que la problemática radica en que los estudiantes no asocian lo visto con las leyes de Maxwell y que a pesar de que pueden identificar algunos elementos de las mismas, no pueden conceptualizar las leyes.

Por último, en la entrevista se encuentra otra problemática que alude al desinterés por aprender conceptos y aplicarlos en su contexto diario; debido a que expresan que la educación en Colombia es censurada, que en el colegio sólo se enseñan las bases, que las materias más útiles para los planes de vida son español, biología, matemáticas e historia y frente a la clase de física los estudiantes manifiestan que muchas veces es difícil comprender procesos físicos por la forma como es impartido el conocimiento y que es importante involucrar el juego para interiorizar los conceptos. Por lo anterior, se ve la necesidad de abordar de una forma diferente la explicación en el aula de clase conceptos en física, para que los estudiantes los comprendan y establezcan la importancia para la cotidianidad.

1.3. Justificación

Para definir la justificación del presente estudio se parte de aspectos de conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas y utilidad metodológica.

Con relación a la conveniencia, se encuentra que partiendo de la exploración inicial que se profundiza en el título de la problemática del presente estudio, y según lo

expuesto por (Osorio et al., 2012) en donde dice “metodologías que se han utilizado de forma tradicional para explicar conceptos en el área de ciencias naturales no son útiles en la mayoría de los casos”, lo anterior se evidencia por experiencia propia, ya que se observa que los estudiantes no encuentran sentido de estos saberes y por tal motivo no cumple con su objetivo de acercar a la comprensión un fenómeno o un concepto. Por ende, generar metodologías diferentes proporciona una mirada diferente, logrando que se cumpla con el propósito de explicar adecuadamente una temática y, además, hacer que los estudiantes se interesen por diversos temas.

Con relación a la relevancia social, se parte del hecho que Soacha tiene problemáticas relacionadas con la pobreza y bajos niveles de educación en primaria y bachillerato. Además, tiene conflictos gracias a sus altos índices de deserción y por las estadísticas presentadas por el DANE del 2015, que indican poca probabilidad de ingresar a la educación superior. se propone utilizar mecanismos didácticos para que los estudiantes puedan comprender conceptos complejos con experimentos sencillos de bajo costo, y proporciona una base para que el estudiante vea en la electricidad y la electrónica una posibilidad social y de trabajo.

Con referencia a las implicaciones prácticas, este estudio pretende acercar a los estudiantes en la comprensión de conceptos de ciencias naturales, puntualmente en hechos que se explican a través de las leyes de Maxwell utilizando recursos de bajo costo; así los jóvenes de los colegios de las zonas más pobres del país se interesan por comprender desde otra perspectiva algunos conocimientos relacionados con la electricidad y el magnetismo.

Finalmente, con relación a la utilidad metodológica, la investigación proporciona algunas herramientas para la obtención de información y para la resolución de problemáticas relacionadas con la falta de interés y desconocimiento por parte de los estudiantes de fenómenos relacionados con las leyes de Maxwell.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar una secuencia didáctica para el aprendizaje de las leyes de Maxwell aplicadas a los estudiantes del grado once J.M. del Colegio León XIII de Soacha-Colombia, a través de experimentos sencillos de bajo costo.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- 1.4.2.1. Indagar sobre la condición actual de los estudiantes en cuanto a la comprensión de las leyes de Maxwell para la obtención de información por medio de la etnografía participativa y una entrevista semiestructurada.
- 1.4.2.2. Identificar los conceptos más relevantes para la comprensión de las leyes de Maxwell del área de física a través de una revisión de literatura.
- 1.4.2.3. Puntualizar las estrategias didácticas para la construcción de la secuencia didáctica que busca que los estudiantes comprendan las leyes establecidas.
- 1.4.2.4. Diseñar una secuencia didáctica utilizando elementos de bajo costo y estrategias de procedimiento para la comprensión de las leyes de Maxwell.

- 1.4.2.5. Analizar los resultados de la aplicación de la secuencia didáctica a los estudiantes, por medio de un cuestionario de percepción diligenciado por los docentes de física.
- 1.4.2.6. Evaluar la propuesta didáctica a través de la observación participante en clase y un cuestionario de percepción aplicado a los estudiantes antes y después de la intervención didáctica.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Marco contextual e institucional

La institución educativa León XIII se encuentra ubicada en el municipio de Soacha - Cundinamarca, comuna 3, su área es urbana rodeada de factorías de baldosas y de carácter público debido a que la Secretaria de Educación de Soacha es el ente regulador de dicha institución, su aprobación oficial fue mediante el decreto 002 de 2003 de la Alcaldía Municipal de Soacha. Actualmente, la institución maneja las jornadas mañana, tarde y fines de semana con niveles de educación preescolar, básica primaria, básica secundaria, media académica y ciclo adultos. La importancia de la educación básica primaria y bachillerato está encaminada a obtener un título de bachiller para entrar al mundo laboral.

Los estudiantes de grado once J.M. que asisten a la institución pertenecen a estratos uno, dos y tres en su mayoría, son personas que corresponden a familias compuestas por un solo progenitor. Son estudiantes que oscilan en edades entre 15 a 18 años de edad, algunos de ellos con necesidades educativas especiales, así como otros con problemas, como por ejemplo el consumo de sustancias psicoactivas.

2.2. Marco histórico

En primer lugar, es importante según (Beléndez, 2016).” comprender el aspecto histórico desde las primeras observaciones cualitativas hechas por los antiguos griegos de la existencia de la carga eléctrica, pasando por Volta, Faraday, Hertz, Gauss hasta la teoría presentada por James Clerk Maxwell en el siglo XIX”

El interés del fenómeno eléctrico data desde el año 800 A.C., aproximadamente cuando los griegos observaron que algunos materiales atraían al hierro. A estos materiales se les conoció posteriormente como imanes. La revisión del conocimiento y su historia pretende promover en los estudiantes inicialmente el interés por estos temas, e involucrarlos en la experimentación práctica de los fenómenos eléctricos y magnéticos, con el objetivo último de la comprensión de los hechos estudiados y la relación que estos tienen con su cotidianidad.

En lo disciplinar se profundizará en aspectos como: carga eléctrica, líneas de carga eléctrica, corriente eléctrica, campo eléctrico, campo magnético, y las relaciones que estos fenómenos tienen entre sí. Por ejemplo, que una corriente eléctrica origine un campo magnético y a su vez que un campo magnético variable origina una corriente eléctrica, es fundamental para la comprensión del fenómeno electromagnético. En este sentido, se pretende revisar estos conceptos para tener un sustento teórico válido, y así proponer unas actividades de fácil comprensión y realización para los estudiantes. según (EPEC, 2015).” Los fenómenos eléctricos son conocidos desde la época antigua pero no fue si no hasta el año 600 a.C cuando Thales de Mileto descubrió el ámbar, cuando frotó este material con lana y hubo atracción de pequeños objetos”. Posteriormente, los romanos realizaron los primeros ensayos de electroterapia en la historia, haciendo una inserción de paralíticos en lagunas donde existían peces eléctricos con el objetivo de que personas con problemas de movilidad recibieran descargas, que eran consideradas en su época benéficas

De acuerdo con (Freeman et al, 2014) “Guillermo Gilbert (1544-1603) es considerado como el padre del geomagnetismo”, ya que descubrió que las agujas

tomaban distintas posiciones sobre una esfera que estaba construida con piedras de imán, Es decir, que fue Gilbert fue quien descubrió la propiedad de la aguja de la brújula que apuntaba hacia el norte debido a la tierra que se comporta como un imán.

El físico alemán Otto von Guericke fue el desarrollador de la primera máquina electrostática que producía cargas eléctricas, al respecto afirma EPEC (2015), que “esta máquina consistía de una esfera de azufre que podía hacer girar con una mano y frotar con la otra. Además de atraer pequeños trozos de papel producía (lo cual era inesperado) crujidos y diminutas chispas mientras se la frotaba” (p. 6).

Hacia el siglo XVIII con la llegada de la revolución industrial, se desarrollaron inventos como el descrito por (Freeman , et al. 2014). “almacenador de carga eléctrica, que consistía en una botella de vidrio que se encontraba llena con un gancho metálico y que se encontraba colgada a un corcho”

Posteriormente se realizaron análisis teóricos como el propuesto por Benjamín Franklin, con la teoría de Du Fay, donde afirmó que la electricidad era un fluido único y se clasificaron estas sustancias de forma positiva o negativa teniendo en cuenta el exceso o la falta de este fluido.

A James Clerk Maxwell, nacido el 13 de junio de 1831 en Edimburgo en una de las familias más reconocidas de su época es considerado uno de los científicos más importantes de la historia de la humanidad como afirma Sánchez (2000)

“Maxwell es uno de los científicos más importantes de toda la historia de la ciencia. No se puede comprender el siglo xix [...] sin recordar a Maxwell, que nos dejó la teoría del campo electromagnético, una de las creaciones científicas más originales e importantes que se han hecho jamás, tanto desde el punto de vista

de la comprensión de los fenómenos naturales como en lo que se refiere a su aplicación al mundo de la técnica, y en particular al hoy omnipresente universo de las telecomunicaciones (p. 62)”.

En este mismo sentido, Feynman (1964) afirmó que:

Con una perspectiva muy amplia de la historia de la humanidad contemplada, pongamos por caso dentro de diez mil años, no cabe la menor duda de que se considerará que el hecho más significativo del siglo XIX es el descubrimiento realizado por Maxwell de las leyes del electromagnetismo. La Guerra de Secesión americana quedará reducida a algo insignificante comparada con este importante hecho científico que tuvo lugar en la misma década (P. 44).

Así, se afirma que Maxwell es uno de los grandes científicos de la humanidad que junto con Newton y Einstein están en la hipotética escala de la excelencia en la ciencia. Las contribuciones de Maxwell fueron numerosas en áreas como la teoría del color, la estructura de los anillos de Saturno, la física estadística, la geometría, la teoría de los sólidos, la óptica y la regulación automática. En términos eléctricos y magnéticos fue Maxwell quien realizó una formalización matemática de las líneas de campo de Faraday para que estas fueran completamente aceptadas.

Según (Beléndez, 2016, p. 7) En 1865 Maxwell publicó el artículo titulado “*A dynamical theory of the electromagnetic field*” este documento fue considerado una de sus aportaciones más grandes a la ciencia. También, propuso 20 ecuaciones que las denominó como ecuaciones generales del campo electromagnético en las que dio respuesta a los fenómenos electromagnéticos que hasta ese momento no se explicaban adecuadamente. El texto de Maxwell empieza hablando del electromagnetismo y sus relaciones matemáticas que lo describen, también reflexionó

sobre la luz en donde, propuso que la naturaleza de la misma era de origen electromagnético. Abordó las teorías de los condensadores, trato las corrientes y desplazamientos eléctricos y las ecuaciones para el campo magnético, ecuaciones de resistencia eléctrica y otras.

Las ecuaciones generales del campo electromagnético resumen las leyes experimentales del electromagnetismo y dan la base teórica completa para el tratamiento de los fenómenos electromagnéticos clásicos.

2.2. Marco Epistemológico

En este apartado, como lo dijo (Métioul et. al.2014) “se busca comprender los fenómenos electromagnéticos, las teorías asociadas y el desarrollo del aprendizaje desde la experimentación y no desde la explicación teórica del contenido”. La importancia de la comprensión de los fenómenos asociados al electromagnetismo es necesario para la elaboración de modelos formales en la enseñanza de la física, Además, como lo afirmo (Ibañez et al., 2014) “la experimentación en un recurso didáctico de gran valor en el proceso de enseñanza aprendizaje”

En este sentido, afirma (Alves et al., 2014), “proponer a los docentes la construcción de modelos experimentales de bajo costo, ayuda a los docentes a planificar su clase para que sea más variada en contenido y permite a los estudiantes un acercamiento real a los conceptos abstractos que trata los fenómenos electromagnéticos”

El uso de la experimentación entre otras cosas, tiene como objetivo:

- ✓ Promover el interés de los estudiantes por los fenómenos físicos

- ✓ Motivar la búsqueda de explicaciones por medio de la discusión sobre el fenómeno observado.
- ✓ Presentar fenómenos que los estudiantes no han visto antes
- ✓ Debatir sobre los preconceptos erróneos que poseen los estudiantes sobre un hecho físico.
- ✓ Hacer una clase de física más agradable.
- ✓ Ayudar a comprender situaciones cotidianas en donde se apliquen los conceptos físicos a partir de experimentos caseros

Aunque el uso de la experimentación es de suma importancia en la enseñanza de la física en general, según (Feynman et al., 2014). “ésta se debe hacer a partir de un plan o un contexto”. Por ese motivo, es necesario realizar una propuesta de aprendizaje activo Esta propuesta, busca la participación del estudiante, para que como digo (Hung, 2014). “Se pueda llegar de forma autónoma a la elaboración mental de los conceptos” En este caso, el papel del docente es solamente un facilitador del conocimiento. Por ejemplo, un profesor de física puede ayudarse de ejemplos contextuales para abordar conceptos, con preguntas como “¿por qué es más fácil destapar un tarro haciéndole palanca con un cuchillo?” (Ministerio de Educación Nacional, s.f.). Otro aspecto a tener en cuenta es la integración y la interdisciplinariedad (Ministerio de Educación Nacional, 1994), esto permitirá al estudiante generar conexión entre conocimientos de varias disciplinas y apropiarse de los conceptos para resolver problemas complejos (Ministerio de Educación Nacional, s.f.)

Por su parte, Mora (2010) define el aprendizaje activo de la física “como el conjunto de estrategias y metodologías para la enseñanza-aprendizaje de la física, en

donde los alumnos son guiados a construir su propio conocimiento mediante las observaciones directas del mundo físico” (p. 175). Lo anterior, está ligado a los estándares curriculares del Ministerio de Educación colombiano dado que permite la construcción del pensamiento científico, especialmente en el período holístico “en el que el estudiante es capaz de hacer explicaciones acudiendo a conceptos teóricos y a relaciones entre leyes interconectadas lógicamente” (Ministerio de Educación Nacional, s.f.) , esto se evidencia cuando el estudiante pueda explicar los diferentes fenómenos electromagnéticos con sus propias palabras, asimismo, establecer relaciones entre las diversas teorías generales de la física conformando así una gran teoría holística sobre el mundo que lo rodea (Ministerio de Educación Nacional, s.f.)

La metodología PODS (por las siglas: Predecir, Observar, Discutir y Sintetizar), se fundamenta en el ciclo PODS, en la siguiente figura se visualiza este ciclo:

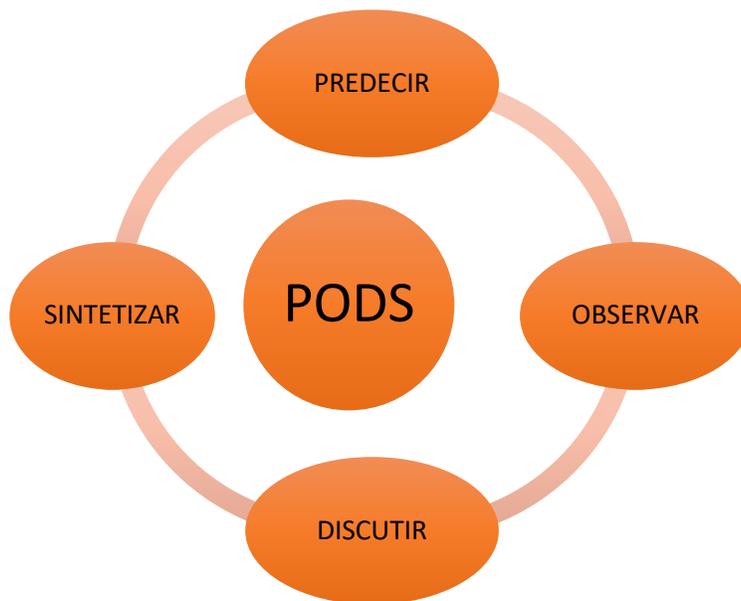


Figura 1. Ciclo PODs. Elaboración propia con base en (Orozco, 2004)

En el desarrollo de las clases con esta metodología se utilizan ocho pasos que fueron incluidos en las clases interactivas con demostración (C.I.D.) desarrolladas por Thornton (2003) que se describen a continuación (p. 75).

1. Se describe la demostración
2. Se solicita a los estudiantes que registren sus predicciones
3. Se les pide a los estudiantes que discutan sus predicciones con sus compañeros.
4. Se obtienen las predicciones comunes.
5. Se les pide a los estudiantes que anoten las predicciones finales en su hoja de predicciones.
6. Se lleva a cabo la demostración.
7. Se les pide a los estudiantes que describan los resultados y discutan en el contexto de la demostración. Para esta parte los estudiantes pueden llenar la hoja de resultados.
8. Se discuten situaciones análogas en diferentes contextos, es decir situaciones físicas basadas en el mismo concepto físico

Para el presente estudio es importante que los estudiantes usen la metodología PODS, que se describió en los párrafos anteriores, teniendo en cuenta las múltiples ventajas que esta presenta (Sánchez, 2000), salvo que los estudiantes construirán con ayuda del profesor algunos de sus montajes. Se espera que después de aplicar esta metodología, los estudiantes comprendan lo esencial del fenómeno eléctrico y magnético, en el contexto de la Investigación Acción Participativa (I.A.P).

2.4. Marco Disciplinar

Este apartado da cuenta de los conceptos sobre metodología proactiva y activa, las Leyes de Gauss (eléctrica y magnética), Ley de Faraday, Ley de Ampere-Maxwell, campo eléctrico, campo magnético y la relación que existe entre ellos, teniendo en cuenta los conceptos de carga, campo, flujo eléctrico, magnético.

2.4.1. Metodología proactiva o activa.

La metodología que se plantea desarrollar es conocida como de aprendizaje activo. De acuerdo con Fernández (2006), “la metodología proactiva o activa es un proceso educativo donde se intenta generar una interacción basada en la comunicación entre docente y estudiante, estudiante y estudiante, estudiante y material didáctico, estudiante y medio”. El objetivo del aprendizaje es enriquecer a estudiantes y docentes con elementos fuera de la educación formal que brinden una intervención a la comprensión adecuada y óptima de una temática en particular.

Este tipo de metodología está centrada en el estudiante, por lo que sus rasgos fundamentales se podrían inscribir en la actividad, la participación y la autodirección. Es importante reconocer que, dentro del aprendizaje auto dirigido, se le permite al estudiante la generación y fortalecimiento de habilidades de reflexión donde comprenda nuevas alternativas para evaluar la progresión y desarrollo de un tema, proceso o situación. Es de gran utilidad este tipo de enseñanza cuando se necesita plantear la comprensión de una temática a través de la comunicación y la experiencia. Es decir, el estudiante es el centro del proceso educativo y el profesor un orientador, no un dueño del conocimiento.

La importancia de este tipo de metodología se centra en el uso intensivo de información con la combinación de elementos físicos, actitudinales y cognitivos. El intercambio y la experiencia se combinan entre sí para generar un mayor funcionamiento cognitivo donde se logre una capacidad de aprendizaje, retención de información y reflexión a partir de un enriquecimiento conceptual y práctico por parte de docente y estudiante (Kraus, 2016). De acuerdo con Ridao (2012), “se mejora el grado de retención y comprensión de conceptos sumados a la motivación que se genera a la hora de cambiar los elementos dogmáticos de la educación tradicional”.

A continuación, se presentan y explican las leyes de Maxwell con la mayor rigurosidad posible, pues hace parte de unos de los objetivos ya que busca crear claridad absoluta de los que se va a enseñar haciendo la salvedad que la forma de presentarlas a los estudiantes no es la misma, pues se busca que a partir de las experiencias hechas logren llegar a descubrir lo que significan, sin realizar el tratamiento matemático riguroso que estas requieren.

2.4.2. Leyes de Maxwell.

A partir de esto, la idea de aplicar la metodología activa permite plantearse la comprensión de los fenómenos electromagnéticos mediante las leyes de Maxwell que son:

- Ley de Gauss para el campo eléctrico:

La forma integral de la ley de Gauss para el campo eléctrico utilizando el teorema de la divergencia es:

$$\int_V \nabla \cdot \vec{E} \, dv = \oint_{s(v)} \vec{E} \cdot \hat{n} \, ds = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho \, dv = \frac{Q}{\epsilon_0},$$

En donde:

- \vec{E} es el campo eléctrico.
- Q es la carga eléctrica encerrada en el volumen de integración.
- ϵ_0 es la permitividad eléctrica del vacío.
- \hat{n} es el vector unitario normal a la superficie que es frontera del volumen de integración.
- ρ es la densidad de carga eléctrica contenida en el volumen de integración.

El término ϵ_0 tiene un valor en el sistema internacional de unidades (MKS) de:

$$8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} \text{ (tipler Mosca 2005)}$$

Esta ley establece que el campo eléctrico de una región de cualquier superficie cerrada es equivalente a la carga encerrada por esa superficie dividida entre la permitividad del medio. Esto quiere decir que el campo eléctrico nace de las cargas eléctricas o llegan a ellas y estos campos son proporcionales a las cargas encerradas divididas por la permitividad del medio en que se encuentran. Si el campo eléctrico se puede representar por medio de vectores que salen o entran a una región, es posible hablar de flujo eléctrico como la cantidad de líneas de campo que pasa por una superficie determinada. Dependiendo de la superficie, y la distribución de líneas de

campo este puede llegar a ser cero en una región si las líneas de campo que entran a la superficie son la mismas que salen de dicha superficie, o si la superficie es paralela a las líneas de campo, pero si por el contrario la superficie es ortogonal o perpendicular a las líneas de campo entonces el flujo es máximo si la carga esta encerrada en esa superficie.

Otra forma de escribir la ley e Gauss para el campo eléctrico es acudiendo a su forma diferencial la cual se muestra a continuación:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

La ley diferencial para el campo eléctrico hace uso del término ρ el cual hace referencia a la densidad volumétrica de carga eléctrica.

Ley del Gauss para el campo magnético

La forma integral de la ley de Gauss para el campo magnético (\vec{B}) utilizando el teorema de la divergencia es:

$$\int_v \nabla \cdot \vec{B} dv = \oint_{s(v)} \vec{B} \cdot \hat{n} ds = 0$$

En donde:

- \vec{B} corresponde al campo magnético

- \hat{n} corresponde al vector unitario ortogonal a la superficie
- dv elemento del volumen.
- ds elemento de la superficie que es frontera del volumen de integración.

Esto significa que en un punto en donde exista un campo magnético, y sea representado por medio de líneas de campo. El flujo o la cantidad de líneas de campo por unidad de área que atraviese la superficie que encierre el punto es equivalente a cero. En otras palabras, quiere decir que las líneas de campo magnético que entran a una superficie son igual a las líneas de campo magnético que salen de la misma, y siempre esto se cumplirá. Esto implica que los materiales que tienen la propiedad de ser magnéticos están constituidos por dos regiones llamadas polos magnéticos, que no se pueden separar.

La ley de Gauss para el campo magnético en su forma diferencial se representa como:

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

Como se puede evidenciar la expresión establece la imposibilidad de que el campo magnético no tiene fuentes escalares. esto visualizado en la práctica da la imposibilidad de que existan imanes con un solo polo magnético

- **Ley de inducción de Faraday:**



Foto1 Al mover un imán dentro de un solenoide se percibe un cambio en la lectura del multímetro esto indica que existe una corriente que se indujo

Este importante fenómeno percibido en la experimentación fue estudiado por Faraday y plasmado matemáticamente Maxwell, en donde establece como es la circulación del campo eléctrico. En su forma integral toma la forma de:

$$\int_s (\nabla \times \vec{E}) \cdot \hat{n} ds = \oint_{c(s)} \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_{s(c)} \vec{B} \cdot \hat{n} ds$$

Una conclusión importante que se desprende de esta ecuación es el concepto de FEM (ξ) que equivale a la energía transportada en la unidad de carga, y cuyas unidades son Los voltios, según el (SI).

$$V = \frac{J}{C}$$

Entonces la FEM se puede expresar como se indica a continuación

$$\xi = \frac{E_{tr}}{Q} \left(\frac{\text{Julios}(J)}{\text{coulombios}(C)} \right)$$

Hay que recordar que la energía en el sistema internacional se expresa en Joule, y la carga en Coulomb.

En cuanto a la expresión que define la ley de inducción de Faraday es importante decir que:

El primer término corresponde a la integral sobre una superficie (S), orientada positivamente y cuya curva frontera es C(s). El teorema de Stokes nos proporciona la igualdad entre la integral de superficie y la integral línea a lo largo del contorno c(s). Lo anterior implica que dicha integral de línea es menos la variación temporal de flujo magnético en la misma superficie (S).

La ley de inducción de Faraday nos indica las diferentes maneras de cómo se puede obtener en un circuito una fuerza electromotriz inducida.

Otra forma en la que se expresa esta importante ley es su forma diferencial la cual se expresa como:

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

El signo menos (-) del lado derecho de la ecuación es la denominada ley de Lenz, Kraus (2016). la cual establece que la fuerza electromotriz se opone al cambio de flujo magnético.

- **Ley de Ampere- Maxwell**



Foto2. Se muestra un bombillo encendido gracias a la corriente eléctrica inducida por medio de campo magnético que se generó al hacer pasar electricidad por un solenoide.

En las experiencias con solenoides se perciben hechos importantes e interesantes como el mostrado en la foto 2 en la que al hacer pasar corriente eléctrica por un

solenoide se puede generar un campo magnético, situación que describe de forma precisa La ley de Ampere-Maxwell que en su forma integral esta determinada por:

$$\int_s (\nabla \times \vec{B}) \cdot \hat{n} ds = \int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int_{s(v)} \vec{J} \cdot \hat{n} ds + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot \hat{n} ds$$

μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío, y equivale a:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

La expresión $\mu_0 \int_{s(v)} \vec{J} \cdot \hat{n} ds$. corresponde a la intensidad de corriente (I),

Esta ley establece que la circulación del campo magnético, en analogía que se expuso en el caso de la circulación del campo eléctrico a través de una trayectoria cerrada, que es frontera de la superficie (S) está determinada por la suma de la corriente neta de conducción encerrada por la trayectoria y por la tasa de cambio del flujo eléctrico a través de la superficie (S) delimitada por esa trayectoria.

Como ya es costumbre Las leyes de Maxwell se expresan en su forma diferencial, la ley de Ampere-Maxwell escrita de dicha forma dice:

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.$$

Donde:

- \vec{J} se conoce como la densidad de corriente de conducción.

- El término $\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ es conocido como la densidad de corriente de desplazamiento. (Tipler Mosca 2005). Fue una de las contribuciones más importantes de Maxwell a la teoría electromagnética.

Estas importantes leyes que se muestran aquí en sus dos formas (integral y diferencial) enriquecen el documento, pero no hacen parte de lo tratado por los estudiantes del colegio directamente, sin embargo, se pueden tratar por medio de experimentos caseros en donde el estudiante verifica la existencia del fenómeno electromagnético y su explicación a partir de lo analizado en las observaciones.

A continuación, se presentan las ecuaciones que modelan todos los fenómenos del electromagnético presentes en la naturaleza.

Tabla 1. Ecuaciones de las leyes de Maxwell.

Nombre de la ley	Forma integral	Forma diferencial
Ley de Gauss para el campo eléctrico.	$\int_V \nabla \cdot \vec{E} dv = \oint_{s(v)} \vec{E} \cdot \hat{n} ds = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho dv = \frac{Q}{\epsilon_0}$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}.$
Ley de Gauss para el campo magnético.	$\int_V \nabla \cdot \vec{B} dv = \oint_{s(v)} \vec{B} \cdot \hat{n} ds = 0$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0.$
Ley de inducción de	$\int_s (\nabla \times \vec{E}) \cdot \hat{n} ds = \oint_{c(s)} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_{s(c)} \vec{B} \cdot \hat{n} ds$	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.$

Faraday.		
Ley de Ampere-Maxwell.	$\int_s (\nabla \times \vec{B}) \cdot \hat{n} ds = \int_s \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{J} \cdot \hat{n} ds + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot \hat{n} ds$	$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

Las expresiones anteriores hacen parte del sustento teórico de las ecuaciones de Maxwell, pero las mismas no son utilizadas explícitamente en las prácticas hechas.

A continuación, se detalla algunos aspectos importantes de la teoría electromagnética condensada en las ecuaciones de Maxwell, que servirán para entender mucho mejor las practicas hechas por los estudiantes

2.4.3. Campo eléctrico.

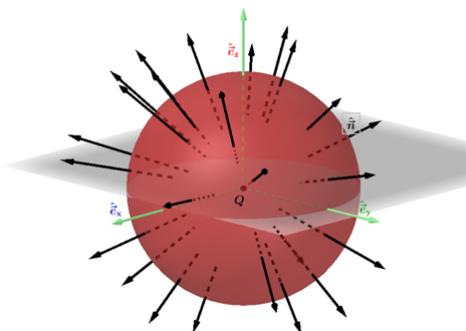


Figura 2. Campo Eléctrico. Producido por una caga positiva encerrada en una superficie

Los objetos o cuerpos tienen una propiedad conocida como carga eléctrica. Esta puede ser de dos naturalezas distintas, que se pueden identificar de la siguiente forma: si dos cuerpos que tienen la misma carga se acercan, estos se tratan de separar, pero si

poseen cargas contrarias los cuerpos se atraen, por convención a una de ellas se le llamo positiva y a la otra se le llamo negativa.

¿Pero, de dónde proviene las cargas? Los cuerpos en general y todo lo que conocemos este hecho de átomos, estos a su vez están constituidos por partículas mucho más pequeñas que son los protones, neutrones y electrones. se ha comprobado por diversas experiencias de laboratorio que los protones, y los neutrones hacen parte del núcleo de los átomos, y que los electrones permanecen en la periferia quizás girando alrededor del núcleo, este es el modelo atómico que se usará en este texto sin olvidar que en la física moderna actual se utiliza que en este texto no se abordará. Experimentalmente se ha comprobado que los electrones tienen carga eléctrica, y esta fue medida por vez primera por el físico estadounidense Robert Millikan, que, con ayuda de un experimento, el cual consistió en nebulizar con gotas de aceite una cámara que estaba entre dos placas cargadas eléctricamente, pudo suspender gotas entre las dos placas. Como sabia el valor de la fuerza de la gravedad, entonces pudo anularla con la fuerza eléctrica de cada gota suspendida, y se dio cuenta que la carga de cada gota es siempre un múltiplo de un valor único, según (Mosca, 2005) “este valor lo estableció aproximadamente como lo dice $e \approx 1.602 \times 10^{-19} C$.” Para los electrones se estableció que esta carga es negativa, y se acordó que si existía esa carga, entonces en el núcleo debía existir una carga igual pero contraria o de naturaleza contraria a la que se llamo carga positiva. Actualmente se acepta que las cargas positivas son los protones y las cargas negativas son los electrones.

En (Kraus, 2016) se dice que “campo eléctrico es la fuerza por unidad de carga que experimenta una carga positiva de prueba que se encuentren en el espacio

circundante, sus unidades son N/C. Como la fuerza, el campo eléctrico tiene carácter vectorial”. La dirección convencional para el campo eléctrico es la dirección en que esa fuerza actúa sobre un cuerpo cargado positivamente por otro lado (McIlroy & Mason, 2000). Afirma que “La fuerza sobre un cuerpo cargado negativamente actúa en la dirección opuesta al campo. Así mismo, un campo eléctrico tiene un número que define su intensidad y un vector que define su dirección”.

En la siguiente sección se estudia un caso particular del campo eléctrico que se visualiza en los experimentos hechos por los estudiantes.

UN CASO PARTICULAR: EL CAMPO ELECTROSTÁTICO

El caso de una carga positiva que la rodea un espacio, esta genera un campo eléctrico que se puede representar por medio de vectores que salen de la carga y que es perpendicular a la superficie que rodea la carga como se ilustra en la figura. El campo generado así se puede representar por medio de líneas conocidas como líneas del campo eléctrico

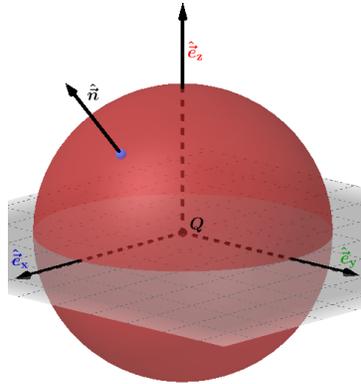


Figura 3. Superficie que encierra la carga eléctrica el vector dirección es perpendicular a la superficie

Este hecho se puede modelar si se analiza lo que sucede en el experimento del campo eléctrico en donde se enciende un pc que esta conectada a un alambre de cobre el cual a su vez conecta a una bola de aluminio sumergida en aceite las partículas de se te alinean proporcionando así la idea de campo eléctrico para los estudiantes.



Foto 3. se muestra la distribución de las partículas de te cuando se hace pasar corriente por un conductor el cual esta inmerso en aceite esto representa el campo eléctrico.

Ahora si la carga que genera el campo eléctrico es negativa, las líneas de campo estarían dirigidas hacia dicha carga, se debe aclarar que siempre se utiliza una carga de prueba positiva. A continuación, se muestra una carga positiva atraída por un campo eléctrico generado por una carga negativa.

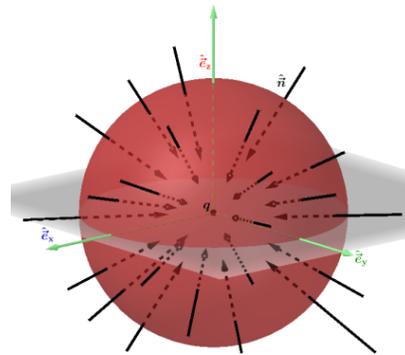


Figura 4. Campo eléctrico generado por una carga negativa. Las líneas de campo están dirigidas hacia el centro y cada línea es perpendicular a la superficie que encierra la carga.

El campo se puede medir y su magnitud se define como la intensidad de fuerza eléctrica que actúa sobre una carga de prueba positiva situada en ese punto dividido por la magnitud de la carga de prueba, Lo que implica que la fuerza eléctrica para una partícula de carga (Q) se puede establecer como:

$$\vec{F} = Q\vec{E}$$

Donde \vec{E} es el campo eléctrico en el lugar donde esta localizada la carga (Q).

Ahora la fuerza entre dos cargas eléctricas se puede establecer de la siguiente forma:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} (\vec{r} - \vec{r}')$$

A esta fuerza se le conoce como fuerza electrostática.

Los experimentos de Charles Agustín Coulomb mostraron que la magnitud de la fuerza con que se repelen dos cargas del mismo signo, Q_1 y Q_2 , depende del inverso del cuadrado de la distancia r entre ellas (Christiansen, 2004).

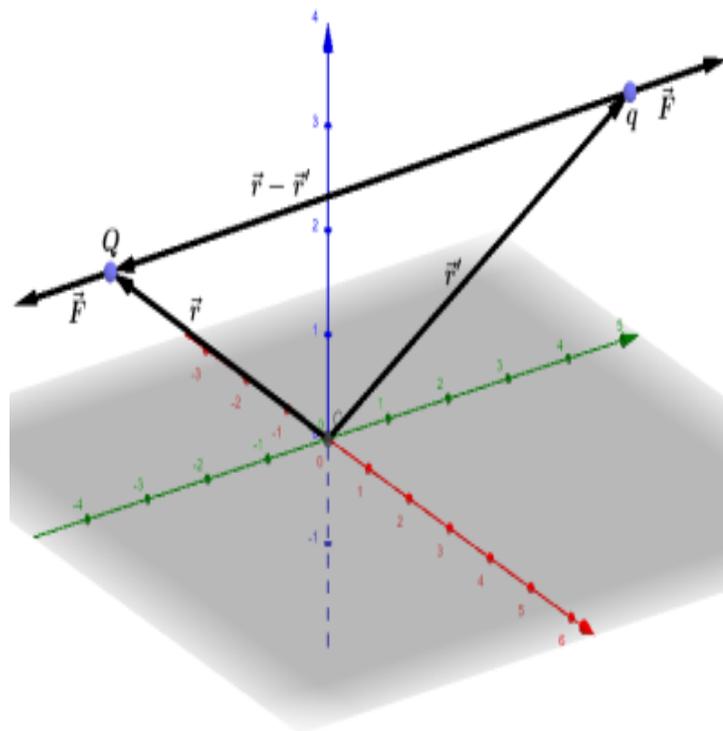


Figura 5. Representación grafica de la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales del mismo signo se observa que las dos cargas se repelen y que la intensidad de la fuerza depende de la distancia entre las cargas.

El caso practico se da cuando se realiza el experimento con el electroscopio de hojas paralelas en la que por medio del frotamiento de una bomba de látex se hace separar dos laminillas de aluminio al acercar la bomba de látex al electroscopio, indicando así que las laminillas están cargadas del mismo tipo de carga



Foto 4 Se acerca una bomba de látex previamente cargada a un electroscopio y lo que se observa es que las hojas se separan, esto muestra que las hojas se han cargado de la misma naturaleza de carga

Al igual que las fuerzas el campo eléctrico definido por la ecuación anterior admite un principio de superposición:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i(\vec{r})$$

Donde \vec{E}_i corresponde a la contribución del campo en la posición \vec{r} de la carga q_i localizada en la posición \vec{r}_i .

Para el caso de una distribución continua $\rho(\vec{r}')$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\rho(\vec{r}')(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} dV.$$

Otro concepto importante en el que se debe puntualizar, que ya ha sido explorado en la escritura de leyes en forma integral de Maxwell para entender el campo eléctrico es el concepto de flujo del campo eléctrico.

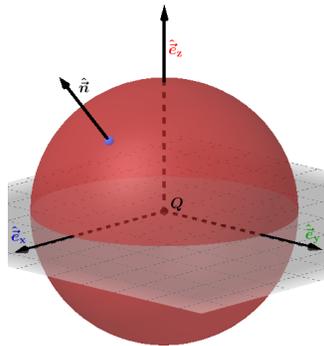


Figura 7. Superficie que encierra la carga eléctrica positiva muestra que el vector dirección de campo es perpendicular a la superficie.

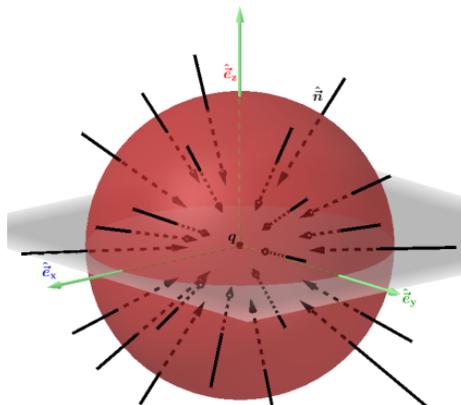


Figura 8. Campo eléctrico generado por una carga negativa. Las líneas de campo están dirigidas hacia el centro y cada línea es perpendicular a la superficie que encierra la carga.

Una carga puntual en las que se representan el campo por una línea de fuerza es llamada línea de campo. Si la carga se encierra en una superficie esférica, se observa que de ella desprenden esas líneas de campo eléctrico, si se varía el radio de la superficie, se observa que las mismas líneas salen de esa superficie y éstas dependen de la carga encerrada por la superficie (McIlroy & Mason, 1981). Para una idea de lo que significa el flujo se puede entender como la cantidad de líneas de fuerza que atraviesa esa superficie.

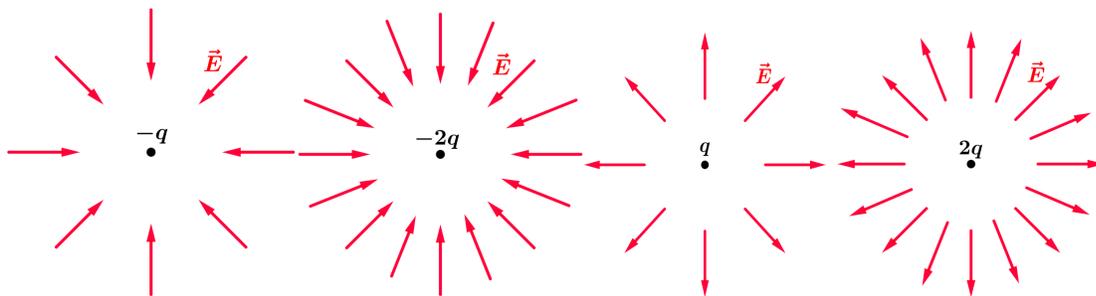


Figura 9. Descripción del campo eléctrico. La carga negativa $-q$ que se muestra genera un campo eléctrico E de una intensidad de atracción menor a que si se tuviese una carga de valor $-2q$ ya que las líneas de campo representadas son menos en cantidad. De modo análogo se tiene un razonamiento similar para las cargas q y $2q$ pero generando un campo eléctrico E en la dirección mostrada en la figura.

Ahora bien, si la carga que genera el campo no está dentro de la superficie cerrada, sino afuera, entonces el número de líneas de carga que entran a la superficie, es igual al número de líneas de carga que salen. Por consiguiente, el flujo eléctrico es cero en esa superficie cerrada

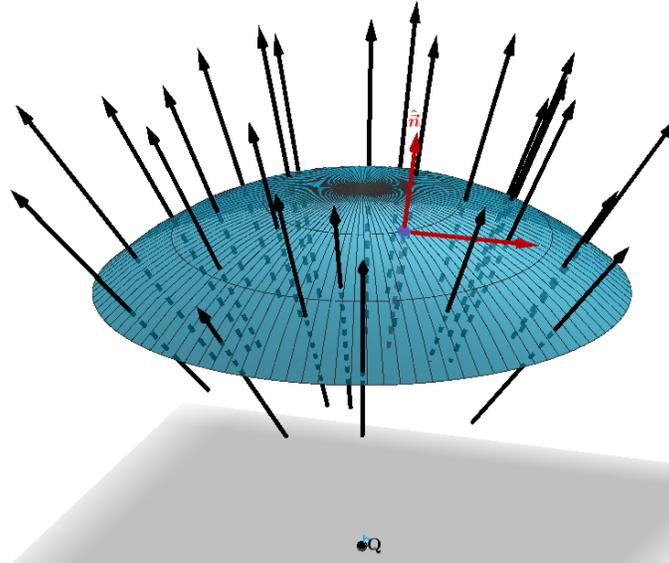


Figura 6. Flujo de campo eléctrico generado por una carga eléctrica que se encuentra fuera de una superficie las líneas de flujo que salen son iguales a las líneas que entran.

Si la superficie cerrada es paralela al campo eléctrico tampoco habrá flujo, ahora bien, si las líneas de campo son normales a la superficie entonces el flujo del campo es máximo, esto es cierto si la carga esta contenida dentro de la superficie. La intensidad del flujo depende de el área de la superficie que atraviesa las líneas de campo, y la cantidad de líneas de campo que la atraviesa esto se puede expresar mediante, según (Feynman 1971)” el flujo eléctrico se establece multiplicando las líneas normales a la superficie por el área que estas líneas atraviesan”.

Esto mismo se puede expresar de con ayuda de la siguiente expresión

- Ecuación 1

$$\Phi_E = \int_a \vec{E} \cdot d\vec{a}.$$

Otro concepto importante que se desprende del fenómeno electromagnético y que está relacionado con las ecuaciones de Maxwell es el concepto de campo magnético que se presentará a continuación

2.4.4. Campo magnético.



Foto 5 Al colocar un imán por debajo de una hoja de papel y luego esparcir limaduras de hierro, se observa que la limadura de hierro se organiza de forma particular da la idea de la existencia de líneas magnéticas.

Al experimentar con imanes y limaduras de hierro como se observa en la foto 5, se puede pensar en la existencia de un campo magnético. La existencia de un campo magnético va ligado necesariamente al concepto del magnetismo, esta ciencia, se desarrolló independientemente de la electrostática. Los orígenes se remontan en Asia menor, en una región llamada Magnesia, en donde se conocían ciertos pedazos de

rocas de origen volcánico que tenían una propiedad de atraerse entre sí o repelerse, como también podían atraer partículas de hierro (Gonzales, 2003). Estas interacciones, resultaban más intensas en ciertas regiones localizadas de los cuerpos rocosos a las que se les llamó polos. A estos cuerpos se les llamó imanes, y posteriormente se les conoció como imanes permanentes, para diferenciarlos de otros cuyos efectos eran temporales y dependían de la corriente eléctrica que circulaba por ellos (González, 2003).

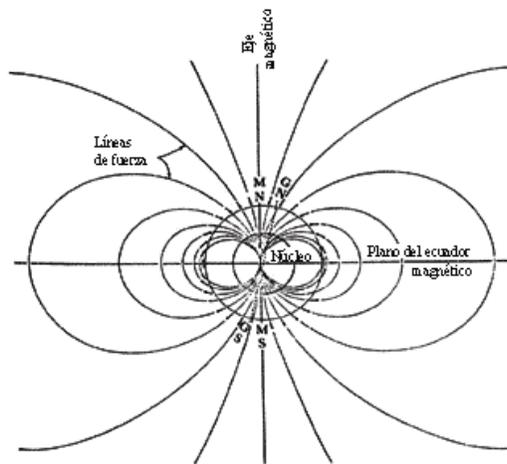


Figura 8 representación de las líneas de campo magnético de la tierra tomado de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/>

Se afirma que existe un campo magnético en una región del espacio cuando una brújula colocada en dicha región se orienta en una dirección determinada (Mosca, 2005). Se define la dirección del campo magnético como la dirección de la brújula, y el sentido de sur a norte de ésta. En la Tierra, el polo norte geográfico corresponde al punto en que el polo norte de la brújula indica hacia abajo y el polo sur geográfico corresponde a la región en que el polo sur de la brújula indica hacia arriba. En cualquier

otro punto geográfico, el campo magnético terrestre forma cierto ángulo con la horizontal, llamado ángulo de inclinación (Mosca, 2005). Las unidades del campo magnético en el sistema internacional (SI) es el Tesla. Que equivale a la relación existente entre la fuerza de un Newton dividida por la multiplicación de un Coulomb y la velocidad de un metro por segundo.

Cuando se trata de calcular la fuerza magnética sobre un conductor, esta es la conocida fuerza de Lorentz que se expresa como:

$$\Delta \vec{F} = I \Delta \vec{l} \times \vec{B}$$

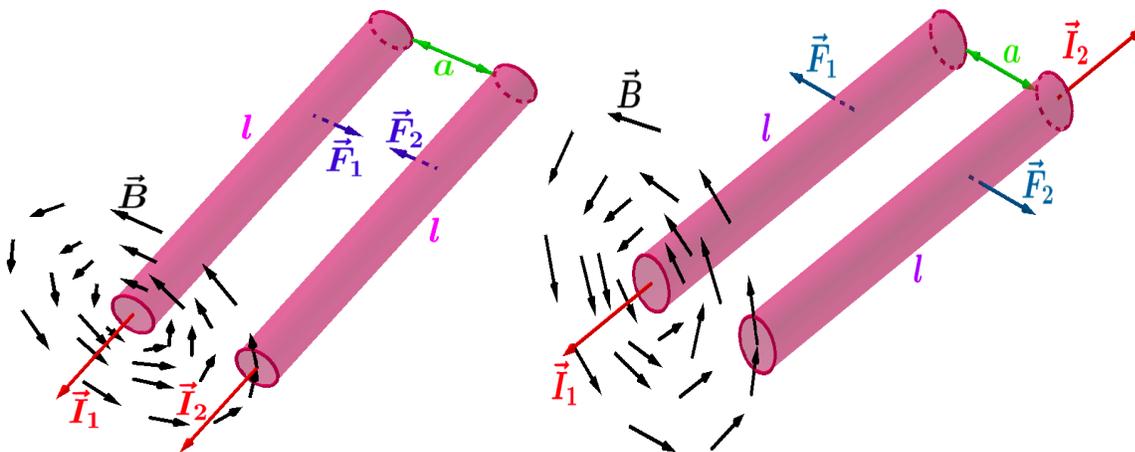


Figura 9 Descripción gráfica de la fuerza magnética. La corrientes I1 e I2 que pasa por ambas barras, dependiendo de la orientación que tengan, hace que la fuerza ejercida por acción del campo magnético B de cada una, cambie de orientación haciendo que se atraigan o se repelan mutuamente.

Existe una atracción o repulsión entre dos conductores es por hay una fuerza y esta se puede calcular con la ecuación anterior.

Ahora se analizará lo que sucede con un solenoide en lo que respecta al campo magnético, en donde su intensidad se puede calcular teniendo en cuenta el número de espiras que tiene, la corriente que pasa, y la longitud del conductor. La expresión matemática para la intensidad de campo en un solenoide largo se puede expresar como:

$$\vec{B} = \mu_0 \frac{nI}{L} \vec{e}$$

Donde (B) es la intensidad del campo en un solenoide, (n) el número de espira, (I) la intensidad de corriente que pasa, y (L) la longitud del conductor, \vec{e} es un vector unitario que esta en la dirección del eje de solenoide

Una representación grafica de lo anterior es:

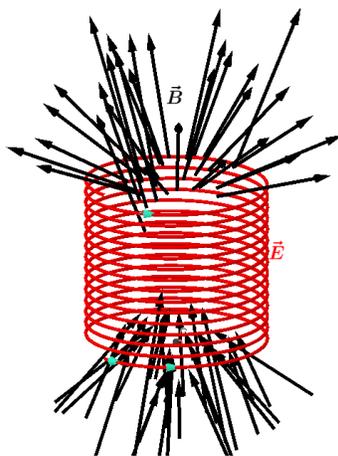


Figura 7. El campo magnético y la corriente que pasa por el conductor son perpendiculares entre si.

Por último, la ley que se propuso para la fuerza magnética sólo se dio a conocer después del descubrimiento de Oersted y los experimentos de muchos científicos en un periodo de 1820 a 1830; esta ley expresa la fuerza magnética entre dos conductores de corriente (Katzir, 2005).

Cuando por un alambre pasa una corriente eléctrica, el movimiento de estas cargas genera que en el alambre se produzca un campo magnético. Si se quiere aumentar su magnitud se puede lograr haciendo más espiras en el alambre, entre más espiras tenga el alambre el campo magnético será mayor. La intensidad de un campo magnético generado de esta forma depende necesariamente del número de espiras que tenga el cable. Como también de la corriente que pase por el conductor. En esta sección se está tratando la intensidad de corriente (I) como constante.

2.4.4.1. Ley de Gauss para el campo magnético.

Antes de presentar la ley de Gauss para el magnetismo es importante decir que el magnetismo se genera por cargas en movimiento y campos eléctrico variables, pero ¿qué es el magnetismo? Los fenómenos magnéticos los conocemos quizá desde la época de los griegos en donde se conocía la magnetita piedra que tenía la propiedad de atraer otros metales, que a través de los años se les denominó imanes. Experimentalmente se ha visto que al igual que la carga eléctrica genera campo eléctrico, también las cargas en movimiento generan campo magnético (Giancoli 1997), de hecho, un imán posee a su alrededor un campo que es más intenso cerca del imán y menos intenso lejos de él. Es posible dibujar alrededor de un imán líneas de campo magnético.

Una de las consideraciones importantes que se deben tener en cuenta es que el campo eléctrico es producido por un cuerpo cargado y puede encontrarse positivo o negativo, mientras que los imanes se encuentran en pares es decir no se han encontrado mono polos magnéticos.

Una de la experiencias importantes que se hicieron para corroborar este hecho es imaginar que un imán es una listón de madera como se hizo en la experiencia “división del palo ” en donde se ha establecido un región superior y una región inferior a la región superior se le marco con mas y a la región inferior con menos cuando se divide en dos partes aparece dos listones mas pequeños pero con las misma características lo que indica que un imán al ser dividido se convierte en otro imán más pequeño y esto seguirá indefinidamente. Si se continúa dividiendo.

En la experiencia de “amor a los imanes” se pudo establecer que dos imanes se atraen entre si o se repelen dependiendo de cómo se acerquen. Lo anterior indica que un imán genera alrededor un campo llamado campo magnético y que de igual manera se puede establecer el concepto de flujo magnético como se hizo con el campo eléctrico EL flujo de campo magnético se puede entender como la cantidad líneas de campo magnético que atraviesan una superficie. Un aspecto importante es que el flujo del campo magnético en una región del espacio en donde existe una carga encerrada, es cero en esa superficie (Poritsky, 1938) . Este aspecto se puede ejemplificar cuando se pone un imán sobre una superficie y se riegan pequeñas partículas de hierro sobre este. Frente a esto, se observa que estas se alinean junto a los dos polos o regiones magnéticas que tiene el imán. Esto demuestra de forma práctica que efectivamente en una región cerrada el flujo de campo magnético total es cero. Es decir, las líneas de

campo que salen de la región por un polo vuelven a la misma región por el polo opuesto.

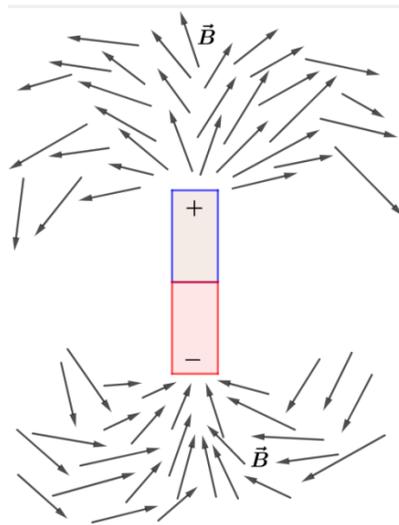


Figura 8. Campo Magnético generado por un imán. Las líneas de campo salen del polo positivo y llegan al polo negativo.

La no existencia de monopolos magnéticos implica que las líneas de campo no empiezan ni terminan en ningún lugar y por este motivo son bucles y se dibujan, así como se ilustran en la figura 10.

Recordemos que esto mismo se expresó en las ecuaciones de Maxwell donde al integrar sobre una superficie cerrada se tiene:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

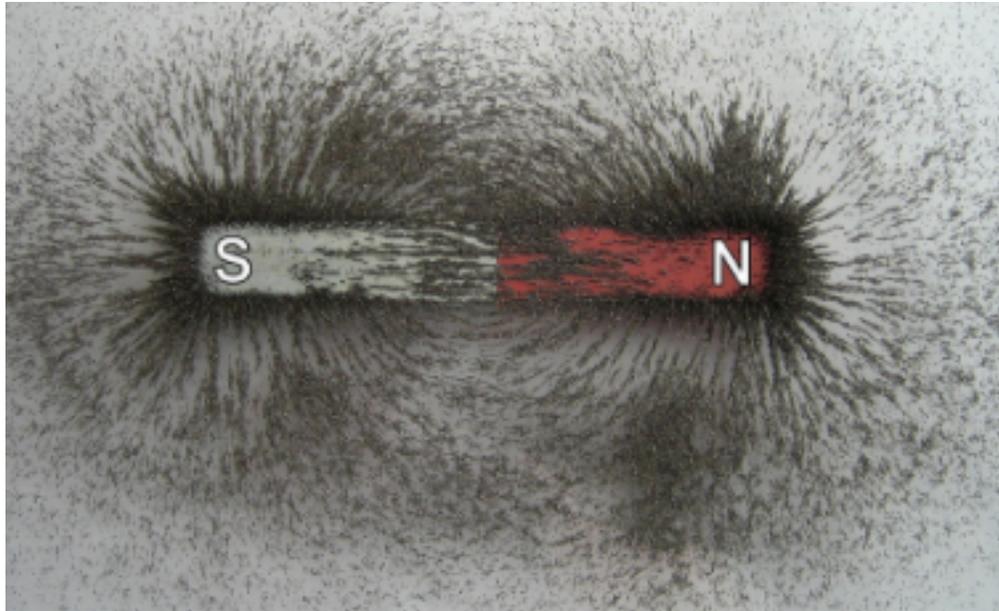


Foto 6 Se observa que las limaduras de hierro se organizan de tal manera, en la que se dibujan unas líneas que salen de un polo y llegan a otro. Tomado de bloging.com

La integral de superficie indica que la suma de todos los flujos en una superficie cerrada es igual a cero.

Esta importante conclusión tiene una consecuencia que se puede verificar experimentalmente, y es el hecho que los imanes poseen dos polos magnéticos, es decir se presentan en pares magnéticos. En este sentido, si se divide un imán en dos partes cada una de ellos genera un imán nuevo, y si tomamos una de ellas y la volvemos a dividir se generarán dos imanes, y así podemos continuar sucesivamente e indefinidamente. En la naturaleza, no se ha encontrado casos acerca de un mono polo magnético (Serway, 2009). En este sentido, es relevante mencionar actualmente es aceptada la ley de Gauss para el campo magnético sin ninguna modificación, lo que da como conclusión es que el flujo de campo magnético en una región cerrada es cero.

En el siguiente apartado se hablará de uno de los fenómenos mas importantes del fenómeno electromagnético que es la ley de inducción de Faraday

como también el descubrimiento de la inducción electromagnética (Serway, 2009). Faraday en 1831 condujo experimentos en electricidad que probaron que una corriente eléctrica podía inducirse (producirse) por medio de un campo magnético variable, estos descubrimientos hechos por Faraday dieron lugar a la importante ley que lleva su nombre *Ley de inducción de Faraday*. La expresión de Faraday afirma que cuando el flujo magnético presente en una superficie se encuentra limitada por una curva, varía respecto al tiempo y surge de ahí una fuerza electromotriz que se encuentra negativa con relación a la variación del flujo, posteriormente Maxwell sintetizó matemáticamente como se había mencionado en el primer capítulo como:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt}.$$

En donde:

$$\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{a}.$$

Recordando (S) es la superficie orientada positivamente cuyo borde es (C) como se observa en la figura 10. La integral de línea que representa la ley de inducción de Faraday es la matematización de la definición dada por Montero et al. (2005).

A continuación, se muestra una de las experiencias en donde se evidencia de forma práctica esta importante ley, en donde se observa el encendido del bombillo led

por causa de la fuerza electromotriz inducida sobre el circuito cuyos puntos terminales esta conectado el led



Foto 7 Cuando se hace pasar electricidad por un conductor este genera un campo magnético que a su vez genera un campo eléctrico inducido que origina el movimiento de cargas que hacen encender el bombillo led.

Cuando un campo magnético cambia de modo que el flujo en una superficie se encuentre limitada por un circuito o un alambre, este cambio del campo magnético genera un campo eléctrico. Es decir, si se quiere producir electricidad se puede hacer moviendo un imán alrededor de un alambre, de hecho, gracias a este principio es posible gozar de la electricidad domiciliaria, pues es así como funcionan los generadores eléctricos que proveen de electricidad a las ciudades (Wilson, Yang, & Kuang, 2015). El signo menos de la relación indica la oposición al cambio del flujo

magnético (Steinle, 1994). Esto implica que el campo producido siempre se opone al cambio del flujo magnético.

Otro de los puntos cumbres de la teoría electromagnética lo constituye la introducción de un termino conocido como la corriente de desplazamiento que se explicará en la ley de Ampere-Maxwell

2.4.4.4. Ley de Ampere Maxwell.

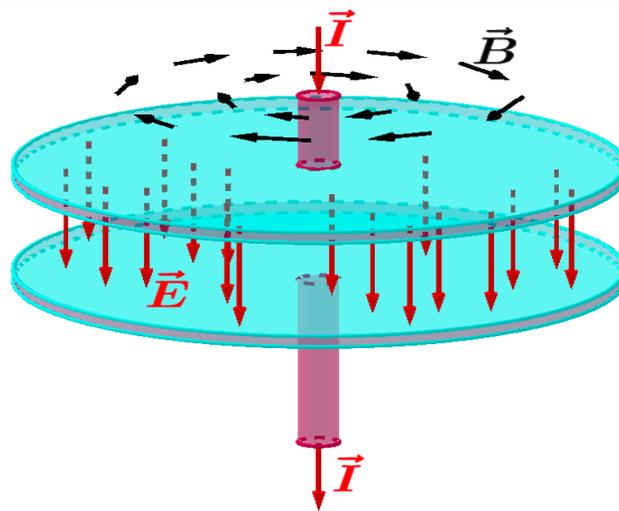


Figura 10. La corriente (I) de conducción es una de las fuentes de generación de campo magnético. al aplicar la conservación de carga a la carga eléctrica sobre las placas mostradas en la figura se presenta una acumulación de carga la cual es responsable de tener una corriente variable en el tiempo. Entre las placas del condensador no tenemos la corriente de conducción (i) y la ley de Ampere debe completarse con la corriente de desplazamiento de Maxwell descrita en el texto.

Una parte de la ley que se llama ahora *Ley de Ampere Maxwell* fue establecida originalmente por Ampere (1775-1836). Esta describe la relación entre un campo magnético y la corriente eléctrica que la origina. Es decir, que la electricidad produce magnetismo. Sin embargo, el aporte de Maxwell fue introducir un término nuevo que corresponde a la *corriente de desplazamiento* (Steinle, 1994). Este termino dará cuenta

de la conservación correcta de la carga eléctrica en la situación descrita en la (figura 11).

La ley original tenía una falla cuando las corrientes variaban, ya que en estas condiciones no se cumplía la ley de la conservación de la carga, que afirma que la carga que entra a una región es la misma que sale, es decir no se pierde. Si se considera unas placas paralelas, como las que se pueden determinar en un dispositivo como el condensador la *ley de Ampere*, se aplica la superficie primera como se observa en la figura, pero no a la segunda, ya que no existe paso de corriente alguna. Maxwell introdujo la teoría que alrededor del alambre existe un campo magnético por lo que el lado izquierdo de la superficie no es cero. En este sentido, Maxwell solucionó este inconveniente introduciendo un término más que llamo corriente de desplazamiento (I_D) (Steinle, 1994).

La relación establecida por Maxwell en su forma integral fue La siguiente, también escrita en el primer capítulo de forma integral y diferencial. Recordando su forma integral

$$\oint_{\partial S} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Donde recordemos el flujo de campo eléctrico esta definido por:

$$\Phi_E = \int_a \vec{E} \cdot d\vec{a}.$$

La parte izquierda de la expresión dice la suma de las componentes del campo magnético, a lo largo de una curva cerrada, equivale a la corriente de conducción que

pasa por dentro de esa curva. La segunda parte dice que existe una *corriente de desplazamiento*, término introducido por Maxwell. Hasta este apartado se expuso la parte teórica que sustenta el trabajo y responde a uno de los objetivos específicos que se plantearon al inicio. Es importante aclarar que, aunque la sección teórica pretende ser exacta en todas sus definiciones, y utiliza un modelo matemático bien argumentado. Este no hace parte de la experiencia directa con los estudiantes

2.5. Análisis Didáctico

2.5.1. Saber científico

Existen diversos estudios que hablan acerca de formas didácticas y pedagógicas para la enseñanza de la física, teniendo en cuenta distintos elementos como los paradigmas educativos, ejemplo de estos estudios es el realizado por Kleir (2012) que tiene como objetivo describir la enseñanza de la física y proponer un diseño metodológico que mejore los aspectos que no se encuentran bien.

En el saber científico existe una relación entre lo experimental y la teoría (Ramírez, 2009). Por esta razón, es importante proponer métodos y modelos que permitan dar como resultado el entendimiento de los estudiantes de los fenómenos de su cotidianidad. En la enseñanza de la física en temas electromagnéticos se han propuesto algunas hipótesis que vale la pena mencionar.

La primera de estas hipótesis es que, en la enseñanza del electromagnetismo, debe relacionar todos los niveles de la enseñanza. Estos son: las teorías, el campo experimental, los modelos y las aplicaciones. Así mismo, es importante que, de acuerdo con Kleir (2012)

- Exista total coherencia entre los modelos a enseñar y el campo experimental.
- Los modelos hechos deben ser tratados como constructos del saber científico que deben tener un proceso de validación.
- Los resultados obtenidos deben ser validados a la luz de teorías previas, se trata de entender la teoría no de generar otra teoría.

Igualmente es relevante realizar una ampliación del campo experimental que tendrá una actividad de reconocimiento que profundice sobre los contenidos.

- Objetivos conceptuales: describir de forma precisa el comportamiento del fenómeno electromagnético y relacionarlo con la vida cotidiana.
- Objetivos cognitivos: apropiación de conceptos de carga eléctrica, corriente eléctrica campo eléctrico, campo magnético, por medio del desarrollo de los modelos adecuados para cada caso.

Las sesiones de clase están basadas en el siguiente esquema: una actividad inicial, una actividad de exploración y descubrimiento y actividades complementarias.

- Actividad de inicio: el propósito de esta actividad es conocer los conceptos previos que tienen los estudiantes sobre el fenómeno a tratar, esto se hace mediante un cuestionario de 5 preguntas que se resuelven de forma individual, posteriormente, se proponen grupos no mayores a 4 estudiantes para que comparen sus respuestas y socialicen ante la clase sus respuestas.
- Actividad de exploración y descubrimiento: En esta parte los estudiantes trabajan en equipos realizando observaciones del montaje propuesto por el profesor en el que pueden manipular materiales y construyendo el suyo, aquí es importante la socialización de las observaciones.

- Actividades complementarias: Los estudiantes en esta sesión hacen uso de lo aprendido y lo relaciona con el contexto de la vida diaria, esta sesión tiene la oportunidad de compartir lo aprendido con la comunidad y discutir con sus compañeros del tema.

2.6. Estructura de la secuencia de aprendizaje

La secuencia didáctica consta de las siguientes fases:

2.6.1. Fase de planificación

El punto de partida de este modelo se basa en la constatación de las ideas previas de los estudiantes, y el interés que tengan para aprender. Aquí, el estudiante escribe o comenta las ideas previas que tenga con relación al tema a tratar. Se puede partir de una evaluación diagnóstica o la presentación del modelo experimental por parte del docente para así abrir la discusión. En esta fase el docente deberá promover la participación activa entre los estudiantes, para así tener una idea desde donde es importante comenzar y orientar el aprendizaje.

2.6.2. Fase de construcción

Para facilitar la formulación de hipótesis se presentan ejemplos y contraejemplos, cuyo objetivo es el intercambio de ideas, aunque en principio puede que estas sean erróneas o ambiguas. Lo relevante de esta etapa es que sirva como insumo para interpretar observaciones experimentales y formular a partir de ellas hipótesis, tanto personales como grupales para así hacer una puesta en común, en donde el docente por medio de preguntas orientadoras facilite el descubrimiento del concepto visto en ese instante. El estudiante junto con sus pares tendrá la posibilidad

de realizar la experiencia por grupos siempre que esta se preste para ello. Esta etapa es probablemente la más difícil porque los estudiantes deberán construir un concepto a partir de la experiencia vista o simulada, y contrastarla con las opiniones de sus compañeros. El docente en esta etapa deberá tener material de apoyo como preguntas escritas que los estudiantes deberán responder de forma grupal.

Al finalizar esta fase el estudiante debe estructurar los conocimientos involucrados, y obtener una conclusión clara de los temas tratados. El docente debe ser consiente, que en este proceso se comenten errores.

2.6.3. Fase de ampliación y aplicación.

En esta fase es necesario plantear nuevos problemas para así favorecer el significado de los conceptos, se da a los estudiantes la viabilidad para utilizar las nuevas ideas y adquirir confianza en la mismas, en algunas situaciones será necesario una nueva información en donde se requiera el reinicio del ciclo de aprendizaje nuevamente. También, se debe diseñar algunas actividades que muestre la utilidad de los principios físicos y contribuyan a que el estudiante vea la relevancia de lo aprendido. Al finalizar el proceso, se hace reflexionar a los estudiantes sobre el cambio y evolución de sus ideas, realizando algunas comparaciones pertinentes entre su pensamiento inicial y su pensamiento actual, para ello es importante implementar diagramas conceptuales antes y después de la temática a tratar, para que el estudiante pueda hacer una reflexión de lo aprendido.

El ciclo planteado anteriormente puede ser utilizado con diversos grados de profundidad y estructuración por parte del profesor, pues la interacción maestro-estudiante, estudiante-estudiante son de suma importancia en el proceso de

enseñanza aprendizaje. Por tal motivo, se propone trabajo en grupos de cuatro estudiantes, en los que se favorece el diálogo y en donde se alternen sesiones de aula donde cada grupo da explicaciones de su trabajo. Lo explicado anteriormente consta de lo siguiente:

La razón por la que se toma esta vía es para proponer una forma más precisa para comprender las leyes de Maxwell. Esta propuesta tiene varios pasos que son en su orden:

- a. Conocimientos previos: Son los temas que los estudiantes deben tener como requisito para el desarrollo de la secuencia didáctica
- b. Objetivos: tiene que ver con lo que se busca obtener al desarrollar la secuencia didáctica.
- c. Materiales: son todos aquellos objetos que se utilizan para realizar el montaje del experimento de bajo costo.
- d. Introducción: Hace referencia al inicio de la clase y esta puede partir de una pregunta hecha al iniciar o puede partir de la observación por parte de estudiantes de un pequeño experimento.
- e. Vocabulario: tiene que ver con el léxico que se utiliza en la secuencia y generalmente está asociado a los conceptos que se quieren ver
- f. Procedimiento: es la forma como se desarrolla la clase, tanto en los momentos previos a la clase como la actividad propiamente dicha, es decir con los estudiantes.

- g. Preguntas de investigación: hace referencia a los interrogantes presentados por el docente y que el estudiante debería responder de forma adecuada.
- h. Evaluación: La evaluación esta discriminada en tres partes:
 - a. Previa a la actividad: Que consiste en revisar los aportes hechos a los estudiantes en la etapa de presentación de la secuencia didáctica.
 - b. Evaluación integrada: Hace referencia a la revisión por parte del docente dentro del desarrollo de la actividad de los procedimientos hechos por los estudiantes.
 - c. Evaluación post- actividad: Es la parte final de la evaluación que comprende una valoración por parte del docente de la actividad terminada, esta se hace con la producción de los estudiantes sobre el tema tratado.
 - d. Conclusiones: En esta parte se explica de forma clara los resultados obtenidos y se recoge los aportes hechos por los estudiantes, para así hacer un cierre de la actividad
 - e. Agradecimientos: Este espacio es de importancia, pues se hace un reconocimiento a los estudiantes y a los grupos por el trabajo realizado.
 - f. Extensión de la actividad: Se da una propuesta al docente para que sea utilizada con los estudiantes más adelantados o para

otros cursos buscando que los temas queden suficientemente comprendidos

- g. Escalamiento: Se da una propuesta al docente para profundizar un poco sobre los temas vistos y que sirvan como guía para el desarrollo otros temas afines.

Capítulo 3. Metodología

3.1. Tipo de Investigación

El presente estudio se enmarcó dentro del paradigma cualitativo, que buscó obtener información sobre aspectos a través de técnicas como la entrevista y la observación participante; teniendo en cuenta la investigación acción participativa (IAP) que propone que todos los estudios, especialmente orientados a las ciencias sociales, como la educación, deben generar una transformación de carácter positivo en la comunidad. En este caso, se buscó que los estudiantes pudieran comprender un concepto que, históricamente, ha sido problema en su aprendizaje. Además, se espera que los estudiantes se sientan motivados a aprender conceptos y técnicas, con el propósito de que en años posteriores puedan desarrollar aprendizajes de forma autónoma.

3.2. Población y muestra

La institución educativa León XIII en el momento del presente estudio tenía como población a 120 estudiantes de grado once en la jornada mañana, de los cuales se tomó una muestra de 40 estudiantes.

3.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de información

La metodología se dividió en dos partes principalmente: en un primer momento, se realizó una indagación diagnóstica acerca de la comprensión que tienen los estudiantes con relación a las leyes de Maxwell a través de ejercicios en clase donde se pusieron a prueba los conocimientos de los estudiantes dentro de estrategias didácticas. Por tanto, se utilizó la técnica de observación y como instrumentos de

recolección de información, la etnografía participativa y la entrevista semiestructurada, donde expresaron de manera libre las mejores formas de enseñanza de la física con el objetivo de que esta resultará atractiva e interesante para ellos. (Anexo 1).

En un segundo momento, se aplicó un instrumento de percepción para docentes y estudiantes donde se indagó sobre las didácticas que fueron aplicadas en clase para comprender y aplicar las leyes de Maxwell a través de experimentos de bajo costo.

Anexo 2.

Capítulo 4. Resultados

El objetivo general de la investigación fue diseñar una secuencia didáctica para el aprendizaje de las leyes de Maxwell a los estudiantes de la Institución Educativa León XIII de Soacha - Colombia, a través de experimentos sencillos y de bajo costo. Para dar respuesta a este objetivo, en primer lugar, se describió la situación actual de los estudiantes de la institución con relación a la comprensión de las leyes de Maxwell a través de una etnografía participativa, que consistió en la descripción de los saberes de los estudiantes a partir de su contexto social en donde el mismo participante hace parte activa por medio una entrevista semiestructurada enfocados a los conocimientos que los estudiantes tienen.

En este punto, se encontró que la Institución Educativa León XIII, es un colegio ubicado en Soacha. El colegio, es de carácter público y cuenta con jornadas en la mañana y en la tarde. Los niveles educativos con los que cuenta son preescolar, básica primaria, básica secundaria, media académica y ciclo adultos. Así mismo, se encontró que el índice de pobreza monetaria de Soacha es de 35,5%. A nivel nacional, este índice es de 26,9%. Es decir, el municipio de Soacha se encuentra por debajo del nivel nacional en términos de pobreza monetaria. Por su parte, el índice de pobreza multidimensional es del 23.9, lo cual indica la población se encuentra, en términos generales, bajo condiciones de pobreza.

Para la caracterización de los estudiantes, se realizaron los experimentos llamados el amor y los imanes; la división del palo y la brújula de la nación del agua, descritos en el anexo 1. En estos experimentos, se encontró que los estudiantes no daban explicación a los fenómenos vistos y las leyes que los involucraban.

Posteriormente al hacer uso de la secuencia didáctica en donde se involucraron experimentos de bajo costo se percibió que los estudiantes se acercaron de forma significativa a la comprensión de algunos conceptos involucrados en las leyes de Maxwell.

Así mismo, durante la etnografía participativa y la entrevista indagatoria a los estudiantes, se encontró que, en la mayoría de los casos, pudieron explicar de forma acertada algunos fenómenos con la ayuda de metodologías didácticas. Esto reafirma la importancia de generar una secuencia didáctica que explique las teorías de Maxwell, ya que los estudiantes supieron dar respuesta a las preguntas relacionadas con el tema antes mencionado.

Por otra parte, se evidenció que las metodologías tradicionales para explicar estos conceptos de física no habían sido eficaces y por eso, se encontró la necesidad de generar innovación en la pedagogía del aula de clase, para que los estudiantes comprendan los conceptos y establezcan su importancia para la cotidianidad.

Con relación al segundo objetivo específico, que buscó identificar los conceptos más relevantes para la comprensión de las leyes de Maxwell del área de física a través de una revisión de literatura, se encontró que los más importantes son: 1) *Campo Eléctrico* que es definido, en términos generales, como una región donde se interactúa la fuerza eléctrica. 2) *Campo Magnético*, que se define grosso modo como una descripción de tipo matemática que genera una influencia en las corrientes eléctricas y en los materiales de tipo magnético. 3) *Ley de Gauss* que afirma que el flujo en algunos campos en una superficie que es de característica cerrada es proporcional a la magnitud de este campo al interior de la misma superficie. 4) La fuerza electromotriz

es la diferencia de potencial establecida a lo largo de un circuito cuando se varia el flujo de campo magnetico a través del mismo.

Con relación al objetivo específico tres, que busca puntualizar las estrategias didácticas para enseñar las Leyes de Maxwell a los estudiantes, se profundizó acerca del saber científico, en donde existe una estrecha relación entre la teoría y lo experimental. Es decir, que debe existir en el aprendizaje una relación estrecha entre los contenidos de tipo teórico y la experimentación. Igualmente, se diseñó una estrategia donde existía una actividad de inicio, una actividad de exploración y actividades complementarias.

Continuando con el objetivo específico cuatro, el cual fue diseñar una secuencia didáctica utilizando elementos de bajo costo y estrategias de procedimiento para la comprensión de las leyes de Maxwell aplicada a los estudiantes de grado once de la institución, se realizaron cinco unidades didácticas. En cada una de ellas, se propusieron objetivos generales y específicos, se detallaron los materiales que se requerían para cada sesión, se realizó la fase de planificación, construcción, desarrollo y evaluación de la misma.

Teniendo en cuenta el quinto objetivo, que buscó evaluar cada unidad didáctica, por medio de un cuestionario de percepción aplicado (Ver Anexo 2) a los docentes que habían implementado las secuencias didácticas, se obtuvo en términos generales que los mecanismos usados tradicionalmente para enseñar conceptos complejos del área

de física no son suficientes y, muchas veces, no son eficaces en el correcto aprendizaje de los estudiantes (María, comunicación personal, 2018)¹.

También se encontró en los cuestionarios de percepción a los docentes que la propuesta implementada en el presente proyecto de investigación se acerca de forma asertiva a los estudiantes y, estos a los conceptos. También se evidenció que los elementos más relevantes dentro del aula de clase son, que los estudiantes participen en clase, que los estudiantes creen sus propios prototipos, que las clases sean mas participativas por parte de los estudiantes, y que los experimentos sean de bajo costo (Andrés, comunicación personal, 2018)².

De forma paralela, los docentes afirmaron que los estudiantes con las estrategias didácticas implementadas se sentían menos estresados comparados con las formas tradicionales. Los profesores de la institución afirmaron que era relevante que los estudiantes realizaran por ellos mismos los experimentos e indagaran sobre las razones de las conclusiones. No obstante, también se afirmó que era importante formalizar convenios con universidades o colegios para tener acceso a laboratorios de poco acceso a la población con bajos recursos.

Otro resultado que se encontró fue que, en algunas ocasiones, el número de estudiantes por curso es amplio y resulta difícil tener acceso personalizado a cada grupo de trabajo y a cada estudiante otras consideraciones y sugerencias están en el Anexo 2.

¹ Se cambiaron los nombres por solicitud de los docentes

² Se cambiaron los nombres por solicitud de los docentes

Para terminar con los resultados del quinto objetivo especificó con respecto a la aplicación y evaluación de la secuencia didáctica se halló que algunas actividades no alcanzaron a tener una incidencia importante en la comprensión de los temas propuestos, y es posible que haya que replantearse para futuros estudios.

Con relación a las leyes de Maxwell en su forma integral como se presentan en muchos textos son mucho más comprensibles y explícitas que en su forma diferencial, pues esta forma última requiere un conocimiento matemático más profundo.

Finalmente, para dar respuesta al último objetivo específico se presenta la siguiente tabla:

Tabla 2. Aplicación de la secuencia a los estudiantes.

Secuencia	Objetivo	Aplicación a estudiantes
Unidad Didáctica I La carga eléctrica y el campo eléctrico.	Reconocer la existencia de la carga y del campo eléctrico	<p>Al indagar sobre lo que sucedería al prender el computador con la bola de aluminio, los estudiantes afirmaron que “los elementos cargados generan alrededor de una fuerza a distancia que según los libros se llama campo eléctrico) (apuntes estudiantes, 2018).</p> <p>Cuando se indagó acerca de la función del cable que conecta el aluminio los estudiantes manifestaron de forma general es que este actuaba como conector y que por ese camino transitaba la energía de la pantalla.</p> <p>Frente a la pregunta de que, si las partículas de té tenían alguna organización especial antes de</p>

		<p>encender el pc, los estudiantes en su mayoría respondieron que no existía ninguna organización especial, lo cual indicó que ellos se encontraban atentos al experimento</p> <p>Frente a la pregunta de si existía algo que salía de la pantalla cuando se encendía el pc, los estudiantes manifestaron en su mayoría que lo que sale de la pantalla del pc son partículas cargadas con electricidad. Sin embargo, algunos estudiantes afirmaron que lo que salía de la pantalla era energía. Lo anterior evidencia que muchos estudiantes se empiezan a acostumbrar que los objetos poseen carga eléctrica y que esta no se ve pero que existe.</p> <p>Frente a la pregunta acerca de la función del papel de aluminio, los estudiantes manifestaron que, aunque tenían claro que el aluminio tenía el objetivo de acumular elementos, no sabía cuáles eran esos elementos. Se puede evidenciar con esta respuesta que, aunque no se haya hablado específicamente de corriente tienen una idea ambigua de lo que es corriente eléctrica.</p> <p>Frente a la pregunta acerca de lo que les sucede a las partículas de té si coloca un dedo tocando el embace de vidrio, los estudiantes manifestaron que lo que ocurriría es que les daría una descarga eléctrica. Otros grupos dijeron que las partículas de té se moverían. Al ser cuestionados con esta</p>
--	--	--

		<p>pregunta, los estudiantes dejan ver que le temen a la electricidad, seguramente por que han tenido experiencias desagradables con la misma o por lo visto en sus casas. No obstante, coincidieron que las partículas de té se moverían.</p> <p>Para la etapa de resultados, los estudiantes coincidieron es que el cable tiene la función de conector y que por este se desplazan las cargas eléctricas. Así mismo, se evidencia que los estudiantes en su mayoría conocen el concepto <i>conector eléctrico</i> y que por este camino se desplazan lo que se acordó que eran las cargas eléctricas</p> <p>Frente a la pregunta de la afectación de la bola de aluminio frente al computador, los estudiantes coincidieron que, si fue afectada, y que en esta se llenó de lo que se llamó carga. Es claro que los estudiantes respondieron dando conceptos aparentemente aprendidos en la práctica. El concepto de carga se estableció como una propiedad que tiene los cuerpos que hace que atraigan a otros cuerpos o los rechacen, como lo hace un imán.</p> <p>Frente a la pregunta de la función que cumplía el aluminio, los estudiantes manifestaron que el aluminio tiene la función de conducir, es decir, que por su estructura viajan las partículas cargadas. Es claro que los estudiantes en su</p>
--	--	--

		<p>mayoría conocen que lo que realmente sucede, y es que de la pantalla del computador por alguna razón salen partículas que se desplazan por el aluminio y se alojan en la esferita que esta en el otro extremo.</p> <p>Frente a la pregunta de cómo se habían comportado las partículas de té cuando se acercaba el dedo en el frasco, los estudiantes manifestaron que algunas partículas se alinearon junto al dedo, dijeron que eso era porque el dedo también tenía algunas partículas cargadas, otros grupos manifestaron que esto era debido a que el cuerpo tenía estática. Las respuestas dadas por los estudiantes coinciden en que el movimiento de las partículas de té es debido a la existencia de cargas, estas respuestas dan por sentado que, aunque las cargas no se ven existen y sus efectos se pueden sentir y posiblemente se pueden medir.</p> <p>En términos generales, en esta práctica se hizo dos experiencias cuyo objetivo fue desde el comienzo que los estudiantes percibieran la presencia de cargas eléctricas, objetivo que se cumplió, se tendrá que evaluar hasta donde los estudiantes tienen claro la existencia de cargas eléctricas mediante situaciones problema de contexto que involucren este tema. Por otro lado, los estudiantes notaron que la carga eléctrica genera campo eléctrico que se puede dibujar como líneas de campo eléctrico</p>
--	--	---

<p>Unidad Didáctica II Visualización de líneas de campo eléctrico</p>	<p>Visualizar la disposición de las partículas de Te y hacer reflexiones</p>	<p>Frente a la pregunta de cómo se distribuyen las partículas de té, los grupos contestaron que al ser conectado las partículas de té adquieren un movimiento y al parecer se forman líneas. De las respuestas obtenidas se puede concluir que los estudiantes efectivamente observaron la distribución de las partículas de té, y de acuerdo a lo mostrado, existe una aproximación por parte de los estudiantes de la idea de campo eléctrico, aunque algunos estudiantes el término <i>campo</i> no es utilizado propiamente.</p> <p>Frente a la pregunta de la forma en la cual los tornillos afectaban las distribuciones, los estudiantes coincidieron que los tornillos se cargaban. En este sentido, es evidente que la mayoría de los estudiantes ya conocen el concepto de carga eléctrica, aunque no ven por ningún lado la carga manifiestan que esta existe y que lo que se percibe es sus efectos.</p> <p>En la pregunta de la modificación de los tornillos, los estudiantes manifiestan que existe la carga eléctrica y que esta es producida por la raqueta al ser accionada. De las respuestas de los estudiantes se concluye que se conoce la existencia de carga eléctrica y que esta es producida entre otras cosas por el tránsito de electrones de un lugar a otro. Se utiliza el</p>
---	--	--

		<p>concepto de corriente, aunque no se cuestionó su utilización. Por otro lado, otros estudiantes manifiestan que hay algo que fluye. Finalmente se puede decir que efectivamente la experiencia tuvo un buen grado de aceptación entre los estudiantes, pues la mayoría de grupos lograron ver los efectos en las partículas de té.</p>
<p>Unidad didáctica III Ley de Gauss para el campo eléctrico</p>	<p>El objetivo ver que las bolitas de aluminio son atraídas o repelidas por una bomba de látex después de ser frotada observar el comportamiento del electroscopio</p>	<p>Al realizar la actividad los estudiantes aportaron lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Que la bolita de aluminio da vueltas al acercarle la bomba frotada2. Que al cambiar la bolita por otra más grande hace lo mismo pero que aparentemente un poco más despacio pero que esto no se podía medir con exactitud.3. Que existe una fuerza o algo que hace que las bolitas se muevan4. Que cuando giran las esferas en hay partes que se separan de la bomba, pero que hay regiones que se acercan a la bomba.5. Que hay dos tipos de carga y que es por esto que la bolita de aluminio se separa y se aleja6. Que la fuerza con la que es movida aparentemente va a depender de la bolita y de la carga <p>Las observaciones de los estudiantes al hacer esta actividad hacen ver que si se entiende que existen fuerzas eléctricas y que estas dependen</p>

		<p>de cómo es que se carga pero que también influye la bolita de aluminio pues lograron determinar una relación del movimiento de las esferitas y el tamaño. No obstante, este experimentó no logró determinar efectivamente que los estudiantes se den cuenta de que el campo eléctrico va depender de la carga, y menos que existe un medio que posee una propiedad que hacen que por alguna región pase ese campo con facilidad o no.</p> <p>Se puede concluir que la experiencia no fue afortunada para que los estudiantes vieran estas cosas.</p>
Unidad Didáctica IV Ley de Gauss del Campo Magnético	Reconocer el campo magnético generado por un imán y explicar la forma en la cual actúa el campo magnético cuando un imán se acerca a otro	En esta secuencia, los estudiantes reconocieron los conceptos de imán, brújula; campo magnético y fuerza. Así mismo, los estudiantes respondieron asertivamente frente a la pregunta de que el imán no siempre es constante y que depende de la distancia donde se encuentre el objeto. De forma paralela, los estudiantes comprendieron que los imanes pueden crearse artificialmente mediante varios métodos y que los imanes tenían aplicación industrial.
Unidad Didáctica V Inducción electromagnética	Identificar las características principales del campo	Con la actividad propuesta los estudiantes pudieron visualizar el comportamiento de las partículas a causa del campo eléctrico. También, los estudiantes identificaron que el efecto del

	eléctrico. Y su relación con el campo magnético.	campo eléctrico se puede medir mediante la fuerza eléctrica. Con respecto a la inducción eléctrica se pudo evidenciar que a partir del movimiento de un imán dentro de una laso es posible generar electricidad.
--	--	---

En las anteriores tablas se describieron los análisis de las diferentes actividades hechas por los estudiantes con respecto a los montajes que se construyeron (ver Anexo 1)

Al indagar a los estudiantes, en las entrevistas y charlas que se tuvieron, afirmaron de manera general que la secuencia didáctica había ayudado en el entendimiento de los principales conceptos de las leyes de Maxwell. Así mismo, manifestaron interés en esta secuencia, en la medida en que resultó atractiva para ellos ya que podían participar de forma activa en la clase.

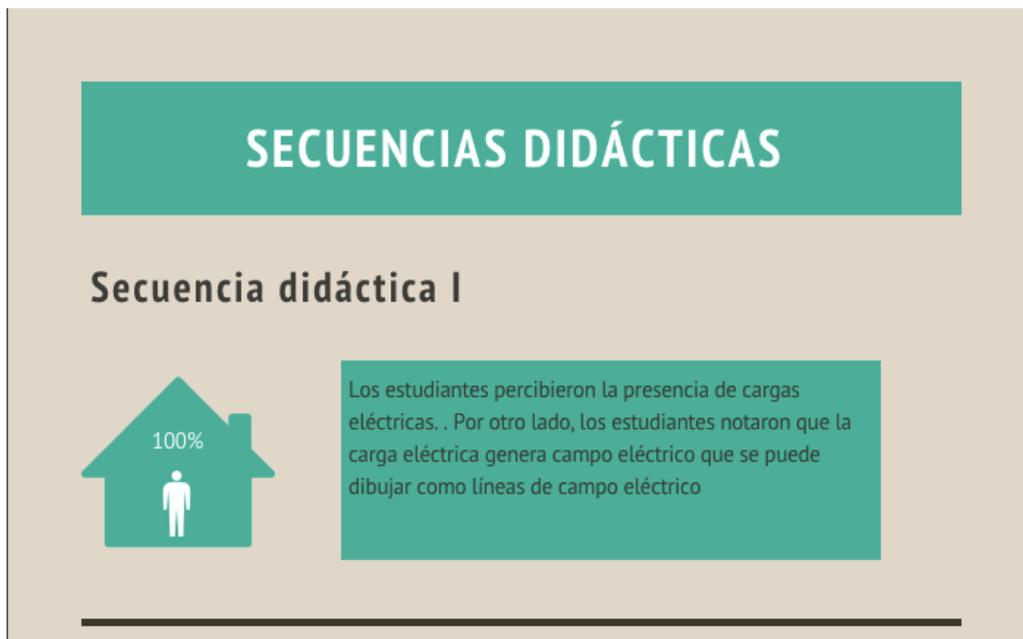


Figura 11. Primera Unidad. Fuente: Elaboración propia.

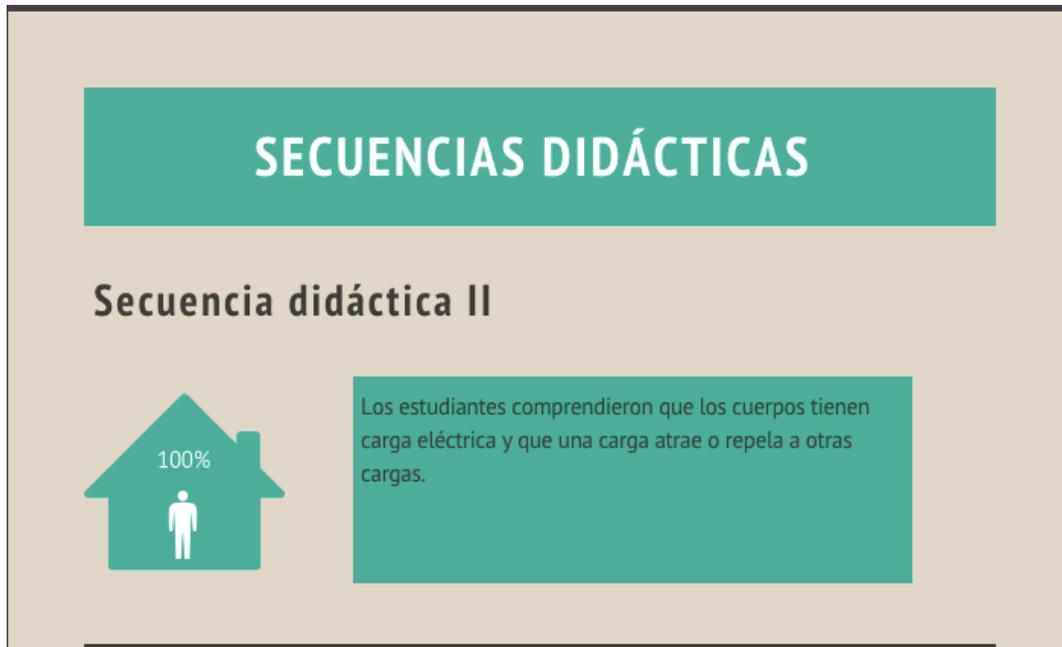


Figura 12. Segunda Unidad. Elaboración propia.

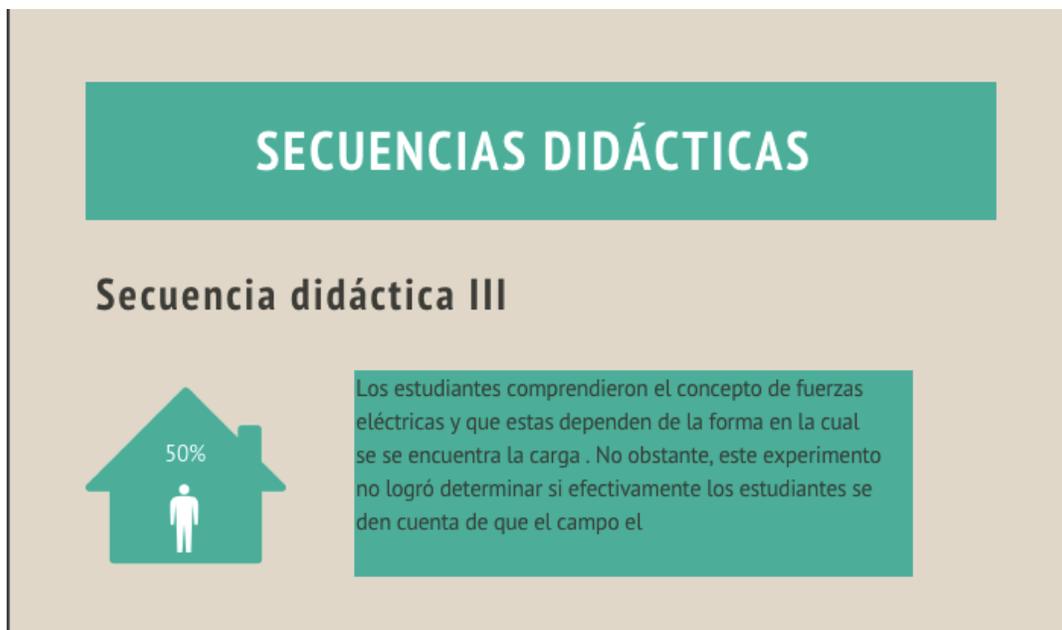


Figura 13. Tercera Unidad. Fuente: Elaboración propia.

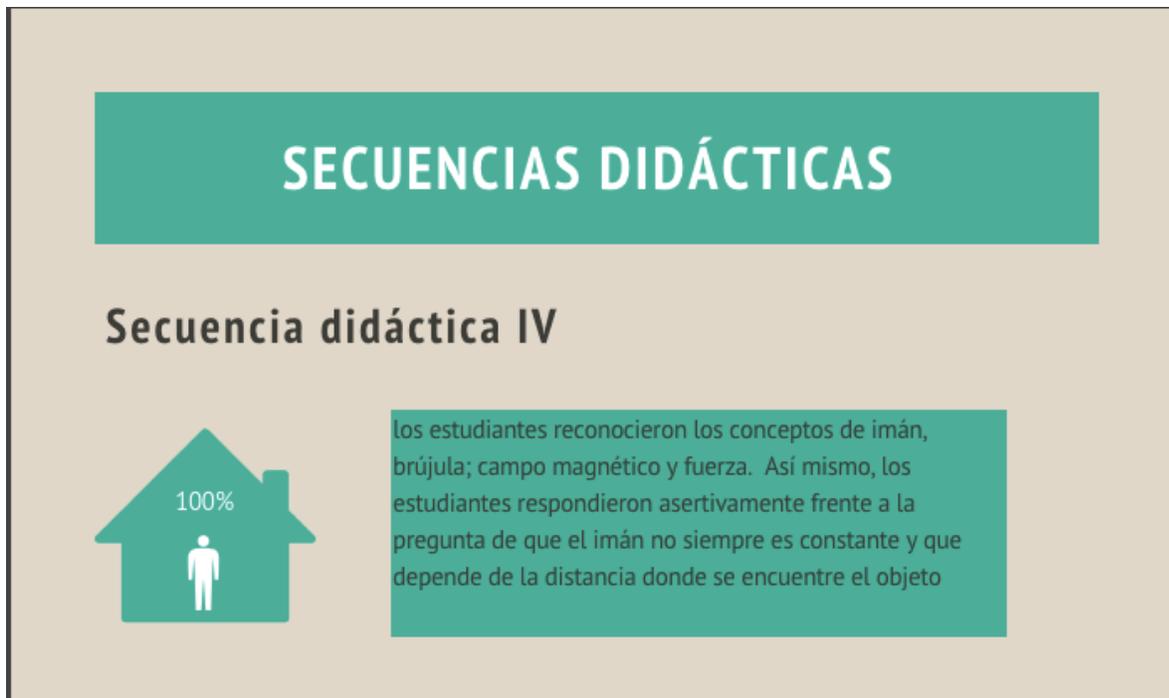


Figura 14. Cuarta Unidad. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Quinta Unidad. Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la mayoría de las secuencias didácticas se obtuvo resultados positivos y se cumplió con el objetivo propuesto, a excepción de la propuesta didáctica III donde no se logró determinar si efectivamente el campo electromagnético depende de la carga.

El presente estudio, se partió de una indagación de tipo exploratoria de la situación actual de los estudiantes de grado once del Colegio León XIII de Soacha, con relación al área de física, específicamente acerca de las leyes de Maxwell y los fenómenos eléctricos y magnéticos. Se encontró con la exploración indagatoria, que hizo uso de entrevistas semiestructuradas a docentes, estudiantes y actividades didácticas, que los estudiantes no comprenden los conceptos relacionados ni ven una aplicación en la vida cotidiana.

En este orden de ideas, la presente investigación tuvo como objetivo diseñar una secuencia didáctica que explicara de forma entretenida las leyes de Maxwell a los estudiantes del Colegio León XIII en Soacha, Colombia, a través de experimentos sencillos de bajo costo institucional.

Para realizar lo anterior, en primer lugar, se describió la situación actual de los estudiantes con relación a la comprensión de las leyes de Maxwell a través de etnografía participativa, entrevistas, como la aplicación de las diferentes actividades. Posteriormente, se identificaron los principales conceptos para la comprensión de las leyes de Maxwell del área de física a través de una revisión de literatura. De forma paralela, se puntualizó acerca de las estrategias didácticas para la construcción de la secuencia que busca que los estudiantes comprendan las leyes establecidas y

finalmente se diseñó una secuencia didáctica que explicó de forma participativa las leyes de Maxwell a los estudiantes de la institución educativa.

Entre los principales resultados, se encontró que se han desarrollado ya investigaciones, como la de Sánchez (2012), que demuestra que conceptos y teorías complejas en el área de física como las leyes de Maxwell son muy difíciles de comprender con estrategias de aula tradicionales. Es decir, clases magistrales donde existe poca participación de los estudiantes y el docente se encarga de definir cada uno de los conceptos.

Es por esta razón, que se desarrolló la presente investigación. El desarrollo de las secuencias didácticas tuvo, en términos generales, resultados positivos en la medida en que los objetivos se cumplieron y los estudiantes pudieron comprender los algunos conceptos y teorías, ya que pudieron evidenciar con experimentos en el aula de clase. Existió una participación activa, dinámica y didáctica por parte de los estudiantes.

En las entrevistas a los docentes y a los estudiantes, se logró evidenciar que las secuencias didácticas tuvieron una aceptación positiva, en la medida en que resultó entretenida para los estudiantes y de fácil aplicación para los docentes.

A modo de recomendación para futuras investigaciones, es necesario indagar sobre otros temas relevantes y de difícil comprensión en el área de física y otras áreas de las ciencias naturales, con el objetivo de mejorar la calidad en la educación de los niños y niñas, especialmente aquellos que no cuentan con laboratorios especializados en los colegios.

Capítulo 5. Conclusiones y Discusión

El presente estudio, se partió de una indagación de tipo exploratoria de la situación actual de los estudiantes de grado once del Colegio León XIII de Soacha, con relación al área de física, específicamente acerca de las leyes de Maxwell y los fenómenos eléctricos y magnéticos. Se encontró con la exploración indagatoria, que hizo uso de entrevistas semiestructuradas a docentes, estudiantes y actividades didácticas, que los estudiantes no comprenden los conceptos relacionados ni ven una aplicación en la vida cotidiana.

En este orden de ideas, la presente investigación tuvo como objetivo diseñar una secuencia didáctica que explicara de forma entretenida las leyes de Maxwell a los estudiantes del Colegio León XIII en Soacha, Colombia, a través de experimentos sencillos de bajo costo institucional.

Para realizar lo anterior, en primer lugar, se describió la situación actual de los estudiantes con relación a la comprensión de las leyes de Maxwell a través de etnografía participativa, entrevistas, como la aplicación de las diferentes actividades. Posteriormente, se identificaron los principales conceptos para la comprensión de las leyes de Maxwell del área de física a través de una revisión de literatura. De forma paralela, se puntualizó acerca de las estrategias didácticas para la construcción de la secuencia que busca que los estudiantes comprendan las leyes establecidas y finalmente se diseñó una secuencia didáctica que explicó de forma participativa las leyes de Maxwell a los estudiantes de la institución educativa.

Entre los principales resultados, se encontró que se han desarrollado ya investigaciones, como la de Sánchez (2012), que demuestra que conceptos y teorías

complejas en el área de física como las leyes de Maxwell son muy difíciles de comprender con estrategias de aula tradicionales. Es decir, clases magistrales donde existe poca participación de los estudiantes y el docente se encarga de definir cada uno de los conceptos.

Es por esta razón, se realizó la presente investigación. El desarrollo de la secuencia didáctica tuvo, en términos generales, resultados positivos en la medida en que los objetivos se cumplieron y los estudiantes pudieron comprender los algunos conceptos y teorías, ya que pudieron evidenciar con experimentos en el aula de clase. Existió una participación activa, dinámica y didáctica por parte de los estudiantes.

En las entrevistas a los docentes y a los estudiantes, se logró evidenciar que las secuencias didácticas tuvieron una aceptación positiva, en la medida en que resultó entretenida para los estudiantes y de fácil aplicación para los docentes.

A modo de recomendación para futuras investigaciones, es necesario indagar sobre otros temas relevantes y de difícil comprensión en el área de física y otras áreas de las ciencias naturales, con el objetivo de mejorar la calidad en la educación de los niños y niñas, especialmente aquellos que no cuentan con laboratorios especializados en los colegios.

Capítulo 6. Secuencia Didáctica

6.1. Unidad Didáctica I. La carga eléctrica y el campo eléctrico



Figura 18 montaje para campo eléctrico fuente https://www.youtube.com/watch?v=2GDh7Zi_qQo

Tabla 3. Unidad Didáctica 1.

Objetivo General	Reconocer la existencia de la carga y del campo eléctrico.
Objetivo Específico	Realizar un montaje sencillo y de bajo costo que permita identificar la existencia de carga eléctrica.
Materiales	<ol style="list-style-type: none">1. Botella de un cuarto de litro con tapa a la que previamente se le ha hecho un agujero.2. Cable de cobre desnudo.3. Aceite de cocina (1/4L).4. Papel de aluminio,5. Tres aromáticas de té,6. Un computador,

7. Cinta.
8. Una bomba elástica de látex.
9. Bolsa de plástico delgada.
10. Tijeras.
11. Lata de gaseosa vacía.
12. Cuaderno de apuntes.
13. Hoja de predicciones.
14. Hoja de resultados.

Fase de Planificación

En esta parte, se explica el procedimiento.

Inicialmente, se llena el recipiente con aceite hasta los tres cuartos de su capacidad y partículas de té en botella. Posteriormente, se hace una esfera de papel de aluminio en la que se introduce el cable desnudo de cobre, y este montaje se introduce en la botella. El extremo del alambre se pega a la pantalla del computador que previamente se ha forrado con papel aluminio.

Durante esta etapa, los estudiantes contestan de forma individual la hoja de predicciones preparada para la exploración acerca de las ideas a tener en cuenta, consignando allí las ideas que los estudiantes tienen de lo que creen que va a suceder cuando se prenda la pantalla del computador. Se da tiempo para que los estudiantes por grupos de cuatro miembros compartan sus ideas y se les solicita que discutan sobre sus ideas para así formar ideas comunes sobre lo que se va presenciar. Finalmente, se les

	<p>pide a los estudiantes que llenen una hoja de predicciones por grupos.</p>
Fase de Construcción	<p>En esta etapa se hace la demostración por parte del docente. Esta consiste en prender el ordenador y esperar que los estudiantes observen lo que sucede con las partículas de té. Después de esta observación, se solicita a los estudiantes por grupos de cuatro que revisen sus predicciones y que modifiquen en la hoja de resultados de forma comparativa con sus resultados propuestos. En este momento, el profesor permite a los estudiantes participar con ideas de lo sucedido. Se busca que los estudiantes se den cuenta de la existencia de cargas. Al observar que la pelota de aluminio hace reaccionar a las partículas de té. Se generan las preguntas: 1. ¿De qué forma se comportan las partículas de té?; ¿Por qué razón se comportan así las partículas? Finalmente, se hace una plenaria y con participación de los estudiantes se escribe en el tablero los aportes que se hacen con respecto a la experiencia hecha.</p>
Fase de Ampliación y Aplicación	<p>En este momento los estudiantes realizan el siguiente procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none">• Inflar la bomba de látex• Recortar un aro en la bolsa de plástico con las tijeras.

- Frotar la bomba de látex con un saco o con el cabello
- Suspender en el aire el aro.
- Colocar debajo del aro suspendido la bomba que previamente se ha frotado
- Escribir en el cuaderno lo que se observa

Una parte importante del proceso es permitir a los estudiantes discutir sobre lo sucedido y dar razones acerca de: ¿Por qué razón la bomba no deja caer el aro y por el contrario este se distancia de la bomba? El profesor deberá hacer preguntas orientadoras con el objetivo de que los estudiantes comprendan que esto se produce debido al desbalance de la carga, es decir, debido al campo eléctrico. En conclusión, se deberá llegar a una idea generalizada de cómo actúa la carga con relación a otros cuerpos, que para el caso de la bomba y el aro lo que hace es apartarla.

En este momento se les pide a los estudiantes que por grupos expongan de forma breve sus respuestas y se hace una puesta en común, para concretar lo aprendido.

Tabla 4. Hoja de predicciones. Unidad I.

Preguntas	Predicciones
Al encender el computador ¿qué cree que sucederá en la bolita de aluminio que está en el frasco?	
¿Qué función tiene el cable que conecta las bolitas de	

aluminio con la pantalla con el computador?	
¿Las partículas de té tienen una organización especial antes de encender el computador?	
¿Existe algo que sale de la pantalla al encender el computador?	
¿Qué función cumple el papel de aluminio?	
¿Qué cree que les pasa a las partículas de té, si coloca un dedo, tocando el envase?	

Las tablas son utilizadas para que los estudiantes escriban las respuestas de las preguntas orientadoras.

Tabla 5. Cuadro de resultados. Unidad I.

Preguntas	Resultados
Después de ver lo sucedido ¿Qué función cumplió el cable que conecta la pantalla con la bolita de aluminio?	
Al observar lo sucedido ¿Puede decir que a la bolita de aluminio la afectó el hecho de encender el computador?, ¿Cómo fue esta afectación?	
¿De qué forma se han distribuido dentro del aceite después de encender el computador las partículas de té?	
¿Qué función cumple el aluminio?	
¿Cómo se ha comportado las partículas de té, cuando ha acercado el dedo al frasco?	
Después de haber observado lo que pasa al encender el computador con las partículas de té y lo que pasa al acercar el dedo al frasco ¿Qué puede decir de nuestro cuerpo con relación a la carga?	

Al frotar la bomba de látex ¿Qué cambio se ve a la bomba al acercarlo al aro de plástico?	
¿Qué pasa con el aro de plástico al intentar acercarlo a la bomba de látex? Explique	
Es evidente que existe algo que aleja al aro de plástico ¿Qué es?	

Tabla 6. Preguntas finales.

Preguntas	Respuestas
¿Cómo se disponen las partículas de té?	
Si se asume que existe algo que cambia la disposición de las partículas de té y que esto proviene de la bolita de aluminio, ¿Qué es lo que proviene de la bolita de aluminio?	
¿Qué puede decir del campo eléctrico, al visualizar la forma como se disponen las partículas de té?	
¿El cuerpo humano tiene carga según lo observado al colocar el dedo?	

6.2. Unidad Didáctica II. Visualización de líneas de campo eléctrico

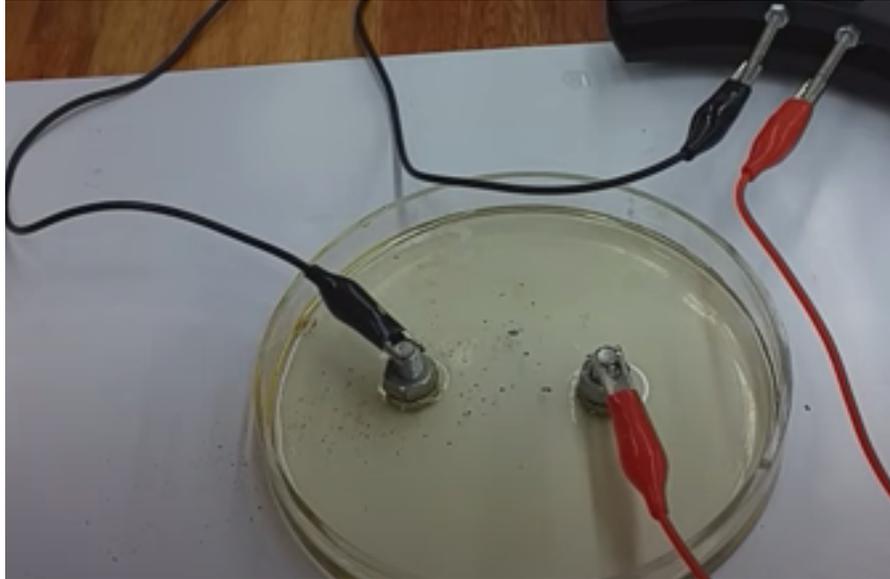


Foto19 de montaje de visualización de líneas de campo eléctrico

Tabla 7. Unidad Didáctica II.

Unidad Didáctica II	
Objetivo General	Visualizar las líneas de campo por medio de la modelación a partir de una actividad práctica.
Objetivo Específico	Realizar una práctica sencilla y de bajo costo que permita hacerse una idea visual de la forma de las líneas de campo eléctrico.

Materiales

- ✓ Tapa de plástico o de caja de Petri.
- ✓ Caimanes (terminales eléctricos) rojo y negro.
- ✓ Fuente de poder (raqueta eléctrica).
- ✓ Aceite.
- ✓ Partículas de té.
- ✓ Dos Tornillos con tuerca.
- ✓ Hoja de predicciones.
- ✓ Hoja de resultados.
- ✓ Cartulina por pliegos.
- ✓ Marcadores.
- ✓ Lápices.
- ✓ Regla.
- ✓ Colores.
- ✓ Cinta.

Fase de Planificación

En esta parte, el docente muestra a los estudiantes el siguiente montaje:

Se ponen los tornillos a través de la tapa de plástico, con su respectiva tuerca de tal manera que queden uno paralelo al otro. Dentro de la tapa de plástico se vierte aceite y se conecta los caimanes a los tornillos, el otro extremo de los caimanes se conecta a la raqueta. Finalmente, se espolvorea las partículas de té sobre la tapa de plástico con el aceite.

En esta etapa y previa al encendido del dispositivo los estudiantes de manera individual contestan la hoja de predicciones. Posteriormente, el docente pide a los

estudiantes que discutan sus predicciones con los compañeros del grupo, y que consignen en una hoja por grupos sus predicciones.

Fase de Construcción

de En esta etapa el profesor hace funcionar el montaje permitiendo a los estudiantes observar lo sucedido. Se les pide a los estudiantes que revisen sus hojas de predicciones, para que contrasten lo observado con lo consignado, se les da tiempo suficiente para que contesten la hoja de resultados que el profesor distribuye por grupos. Se hace una plenaria para orientar las respuestas y sacar una conclusión común sobre las líneas de campo eléctrico.

Fase de Ampliación y Aplicación

El profesor pide a los estudiantes que dibujen la forma en la que se distribuyen las partículas de té dentro de la tapa de plástico. Se hace la plenaria para consolidar la información de lo visto. Posteriormente, se les pide a los estudiantes que realicen una cartelera por grupos en la que se muestre como se distribuyen las partículas de té y que dentro de la cartelera

expliquen con sus palabras el fenómeno visualizado. Paralelamente, se les pide a los estudiantes que realicen su propio montaje y que verifiquen los resultados observados en la fase anterior. Finalmente se da un tiempo para que los estudiantes muestren en plenaria las carteleras pegándolas en las paredes del salón.

Tabla 8. Cuadro de Predicciones de la Unidad II.

Preguntas	Predicciones
¿Cómo se distribuirán las partículas de té dentro de la tapa antes de conectar el dispositivo?	
¿Los tornillos tienen algún tipo de fuerza antes de encender la raqueta eléctrica?	
¿Cómo cree que se distribuirán las partículas de té al conectar el dispositivo?	
¿Alrededor de que parte estarán dispuestas las partículas de té dentro de la tapa de plástico?	

En las tablas se consignan las respuestas de los estudiantes a las preguntas orientadoras.

Tabla 9. Hoja de resultados. Unidad II.

Preguntas	Resultados
¿Cómo se distribuyeron las partículas de Te?	
¿Qué forma tiene esta distribución?	
¿De qué manera los tornillos afectan las distribuciones de las partículas de té?	

<p>En los tornillos que antes de encender la raqueta no presentaban ningún efecto, y al encender la raqueta se observa que si producen un cambio ¿Cómo se han modificado los tornillos?</p>	
<p>Al ver la distribución de las partículas de té entre las regiones que separa los tornillos se puede decir que existe una fuerza ¿De qué otra forma llamaría esta fuerza?</p>	
<p>Realice un esquema de cómo se ven las partículas de té cuando hay un campo eléctrico.</p>	

6.3. Unidad Didáctica III. Ley de Gauss para el campo eléctrico

Tabla 10. Unidad Didáctica III.

<p>Conocimientos Previos</p>	<p>Los estudiantes deben estar familiarizados con los conceptos de campo eléctrico, carga eléctrica, también deben ser capaces de entender las líneas de campo eléctrico.</p>
<p>Objetivo General</p>	<p>Explicar que los cuerpos tienen carga eléctrica, y que una carga atrae o repele a otras cargas.</p>
<p>Objetivos Específicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar que los cuerpos tienen carga eléctrica, y que una carga atrae o repele a otras cargas. - Que el flujo de carga depende de la carga y del medio en que está encerrada dicha carga. - Crear un modelo y usarlo para hacer una predicción.

- Realizar un montaje casero que pueda explicar el comportamiento de las cargas eléctricas.

Materiales

Cada grupo de trabajo necesita de los siguientes elementos:

- ✓ Hilo
- ✓ Papel de aluminio
- ✓ Vaso de vidrio
- ✓ Bomba de goma de látex
- ✓ Cuaderno
- ✓ Esfero
- ✓ Peine.
- ✓ Papel cartulina (1/2 de pliego)

Introducción a la actividad

Se introduce la actividad realizando a los estudiantes preguntas como: ¿quiénes de ustedes han jugado con un peine atrayendo pedacitos de papel después de pasar el peine por el cabello?; ¿Sabían que algunos elementos al ser frotados con otros estos reciben cargas eléctricas?; ¿Qué entienden por campo eléctrico? Posteriormente, se explica a los estudiantes que la carga eléctrica de los objetos se relaciona con los electrones que se encuentran en la superficie y que al ser frotado con otro puede ganar electrones o perderlos. La fuerza eléctrica está asociada a la capacidad que tiene un cuerpo de atraer o repeler a otro

dependiendo de si gana o pierde electrones. Se tiene en cuenta el siguiente vocabulario para la aplicación

Carga eléctrica: Es aquella propiedad de la materia que se manifiesta cuando interactúan entre si dos objetos en donde se pueden atraer o repeler de acuerdo a esta propiedad.

Campo eléctrico Se define como la fuerza eléctrica por unidad de carga de prueba. La dirección del campo se establece como la dirección de la fuerza que ejercería sobre una carga positiva de prueba, y establece una función definida en una región del espacio. El campo eléctrico está dirigido radialmente hacia fuera de una carga puntual positiva y radialmente hacia el interior de una carga puntual negativa (Katzir, 2005).

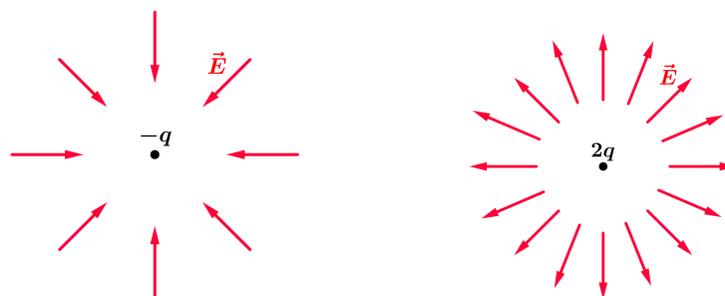


Figura 9

Procedimiento

Se les solicita a los estudiantes que corten un hilo de aproximadamente 50 cm de largo, después que realicen pequeñas esferas de aluminio de diferentes tamaños y que las peguen con cinta al hilo. Se suspende una de ellas con ayuda de un soporte de laboratorio y se infla la bomba de látex suficientemente. Posteriormente, se solicita a los estudiantes que froten las bombas con el cabello y que acerque poco a poco la bomba a la esfera suspendida. Con esta actividad, se espera que los estudiantes se den cuenta de la existencia de fuerzas que presumiblemente son originadas por la bomba al ser frotada, y que atraen las bolitas de aluminio debido al desbalance de carga que tiene la bomba de látex al ser frotada. Se hace un electroscopio

- **Con los estudiantes**

1. Se debe presentar la motivación como el contenido de introducción incluyendo un espacio para la apertura de la discusión, que sirve como insumo para la aproximación de los conceptos de carga y campo
2. Se distribuye el material dando suficiente tiempo a los estudiantes para que realicen sus propios montajes.
3. Se solicita a los estudiantes que escriban en los cuadernos lo que conocen los conceptos de carga eléctrica, campo eléctrico y discuta con ellos estos

conceptos esto tomara por lo menos una sesión de clase.

4. Pida a los estudiantes que realicen observaciones con las diferentes esferitas de aluminio.
5. Entregue a cada grupo de trabajo test correspondiente.

Preguntas para los estudiantes

1. ¿Qué es una carga?
2. ¿A qué se refiere cuando se habla de campo eléctrico?

Evaluación

❖ **Evaluación previa a la actividad:**

Revisión: Durante la presentación del contenido y la motivación se realiza una evaluación de los aportes de los estudiantes, y el conocimiento base que estos poseen.

❖ **Actividad de evaluación integrada:**

Procedimiento y documentación. Durante la actividad se solicita a los estudiantes que consignen en el cuaderno el procedimiento que se utilizó para realizar la experiencia con las esferitas de aluminio y la bomba de látex, incluyendo en este lo observado cuando se cambian las esferas de aluminio. Examine los montajes que los estudiantes realizaron haciendo las respectivas observaciones.

❖ **Evaluación Pos-actividad**

Cartelera de resumen: se asigna a cada grupo una cartelera sobre la actividad y sus hallazgos explicando lo encontrado,

se usa una escala adecuada para evaluar cada cartelera en donde se establezca coherencia y claridad en los conceptos, como ítem de calificación. Explique a los estudiantes como se debería hacer apropiadamente una cartelera de acuerdo con lo siguiente:

- Introducción: describa una carga eléctrica, explique por qué los cuerpos poseen cargas eléctricas.
- Desarrollo: explicar cómo se hizo el experimento detallando que pasa con los cuerpos cargados cuando estos tienen mayor área.

Conclusión

Agradecimiento

Extensión de la actividad

La presencia de la carga no se percibe directamente hasta que no existe un objeto cerca que produce el campo. Cuando se acerca un objeto que inicialmente está balanceado eléctricamente a otro que no lo está se puede evidenciar fuerza en la región cercana, que puede ser de repulsión o de atracción. En el caso específico de la actividad propuesta anteriormente se evidencia que dicha fuerza es atractiva. La razón de este comportamiento se da porque la bomba de látex se ha desbalanceado eléctricamente y cuando se acerca a las esferitas de aluminio, estas a su vez también se desbalancean. Esto da como resultado una

atracción entre la bomba de látex y las bolitas de aluminio hasta el punto que en ocasiones se peguen..

6.4. Unidad Didáctica IV Ley de Gauss para el Campo Magnético

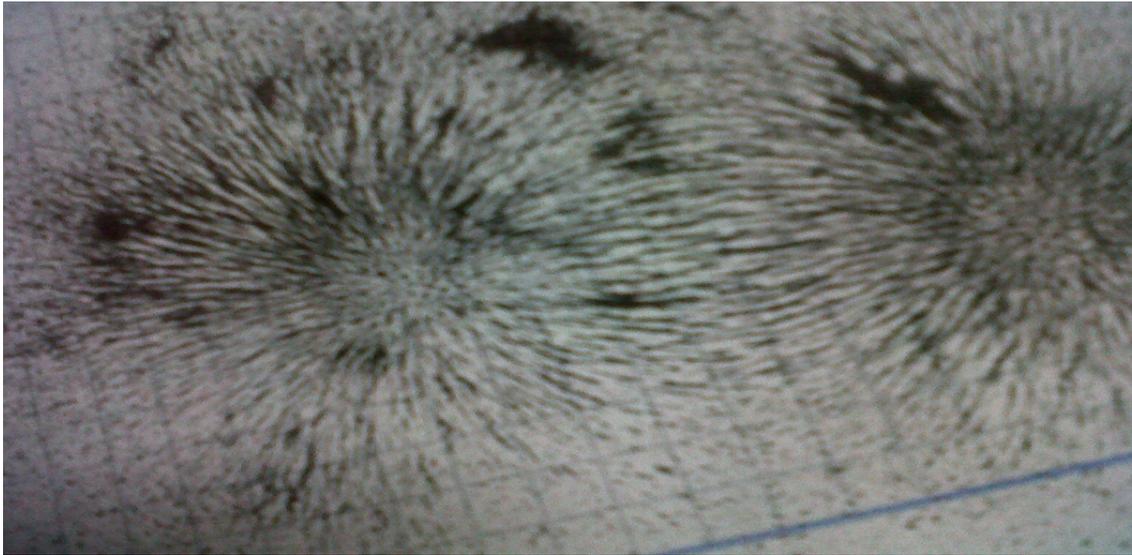


Figura 20 Representación de líneas de campo magnético producidas por dos imanes separados en donde se les ha colocado una hoja de cuaderno y posteriormente se a puesto polvo de hierro especido en dode se observa la disposición de el hierro, mostrando una idea de campo magnético

Tabla 11. Unidad Didáctica IV.

Conocimientos Previos	Para el estudio de los campos magnéticos es necesario que los estudiantes tengan nociones de los conceptos de fuerza y carga eléctrica.
Objetivo General	Reconocer el campo magnético generado por un imán y explicar la forma en la cual actúa el campo magnético cuando un imán se acerca a otro.
Objetivos Específicos	- Identificar las líneas de fuerza de un campo magnético

- Realizar experimentos caseros en donde se muestre el campo magnético.

Materiales

Para la realización de la secuencia didáctica es necesario que los estudiantes tengan como insumos:

- ✓ Dos imanes o más.
- ✓ Limaduras de hierro.
- ✓ Hojas de papel blanco.
- ✓ Cuaderno.
- ✓ Papel cartulina (cartón paja).
- ✓ Brújulas.

Introducción a la actividad

Para introducir la actividad, se pueden realizar preguntas como las siguientes: ¿Quiénes de ustedes poseen en este momento un teléfono celular, o un reproductor de mp3? Posteriormente, se les informa a los estudiantes que esos aparatos tecnológicos tienen la capacidad de generar campos magnéticos. Así como las brújulas. Finalmente, se indaga acerca de los imanes, preguntas como ¿Saben que es un imán? ¿Alguno de ustedes alguna vez ha jugado con un imán? Puede hacer que los estudiantes se interesen por el tema de campo magnético.

Paralelamente, se puede mostrar que en la medicina también se han usado distintos elementos eléctricos para tratar enfermedades. Un ejemplo de esto son los marcapasos

que son que son dispositivos que regulan los latidos del corazón, y que estos son afectados en materia importante en presencia de campos magnéticos. Es preciso decir que los campos magnéticos pueden alterar el funcionamiento de estos aparatos poniendo en peligro la salud de personas que usan habitualmente estos aparatos como por ejemplo se les restringen el uso de celulares cerca al corazón de estos pacientes, para evitar alteraciones en el ritmo cardiaco (Tur, 2010).

- **Vocabulario**

Imán: mineral de hierro de color negrozco, opaco, casi tan duro como el vidrio, cinco veces más pesado que el agua, y que tiene la propiedad de atraer el hierro, el acero y en grado menor que otros cuerpos. Es combinación de dos óxidos de hierro, a veces cristalizada (RAE).

Brújula: Instrumento consistente en una caja en cuyo interior una aguja imantada gira sobre un eje y señala el norte magnético, que sirve para determinar las direcciones de la superficie terrestre (RAE).

Campo Magnético: Es una descripción de la influencia magnética de las corrientes eléctricas y de los materiales magnéticos. El campo magnético en cualquier punto está especificado por dos valores la dirección y la magnitud, por tal

motivo es un campo vectorial.

Fuerza: Es una magnitud de tipo vectorial, y se refiere a toda causa capaz de cambiar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo. La causa de una fuerza puede ser eléctrica, magnética gravitacional o esfuerzo muscular (Mosca, 2005).

Procedimiento

En un primer momento se solicita a los estudiantes que sobre una hoja blanca sitúen un imán. Posteriormente, acerquen a la hoja otro imán. En este momento, algunos grupos notaran que los imanes se acercan, pero otros notaran el fenómeno opuesto. Luego, se solicita a los estudiantes que describan lo sucedido. Después de esto, se pide a los estudiantes que sitúen un imán encima de la hoja y otro por debajo y realicen movimientos circulares. Con esta actividad se pretende que el estudiante se dé cuenta que existe una fuerza de atracción o repulsión entre los imanes. Al pedir que dibujen lo que sucede se espera que los estudiantes tengan una idea mental de cómo es la fuerza de atracción o repulsión que existe entre los imanes. El modelo que se adapta con mayor claridad es representar la fuerza por medio de líneas que posteriormente se les llamará líneas de fuerza.

También se solicita a los estudiantes que ubiquen el

octavo de cartón sobre dos cuadernos de tal forma que quede un espacio entre ellos, para ubicar allí un imán, luego que espolvoreen limaduras de hierro, y que observen como se configuran las limaduras de hierro. Los estudiantes deberán escribir en sus cuadernos de notas lo que observan, y dibujar dicha observación.

Con esta sencilla actividad se quiere que el estudiante evidencie que efectivamente existe una fuerza que es generada por un imán, y que esta fuerza se puede modelar mediante líneas. Otro aspecto importante sobre los imanes es las fuerzas que se presentan son originadas en los polos con mayor intensidad, si solo se considera la cantidad de partículas de hierro que se distribuyen en los extremos de imán.

- **Con los Estudiantes**

1. Se presenta la motivación, como el contenido de introducción incluyendo un espacio para la apertura de la discusión, que sirve como insumo para la aproximación de los conceptos campo magnético y fuerza.
2. Se rectifica que presenten el material y que lo dejen visible para así verificar que la clase se puede desarrollar de forma acertada

3. Se solicita a los estudiantes que escriban lo que entienden por imán brújula, campo magnético, y discuta con ellos estos conceptos, esto tomara por lo menos media sesión de clase.
4. Se propicia la discusión con los estudiantes de los efectos que tienen los imanes y las propiedades que estos tienen de atraer o repeler a otros imanes.
5. Se organiza la clase en grupos de 4 estudiantes cada uno.
6. Se dirige a los estudiantes para que realicen los procedimientos que se explicaron en el procedimiento.
7. Se les pide a los estudiantes que hagan las observaciones y que consignen en el cuaderno lo observado.
8. Se verifica que cada grupo realice la practica propuesta

Preguntas para los estudiantes.

- ¿Qué es un imán? (Respuesta: es un mineral que tiene la propiedad de atraer el hierro, y otros minerales)
- ¿El campo que genera un imán es siempre constante? (Respuesta: No, este depende de la distancia en donde se encuentre el objeto que es afectado por la fuerza ya sea de atracción o de repulsión)
- ¿Solamente existen imanes naturales? (Respuesta Esperada No los imanes pueden crearse artificialmente)

- ¿Para qué sirven los imanes? (Respuesta: Los imanes tienen aplicación industrial como por ejemplo en fabricación de motores eléctricos y en otros campos

Evaluación

❖ Evaluación previa a la actividad

Revisión: Durante la presentación del contenido y la motivación evalué los aportes de los estudiantes hacen del tema como, el conocimiento previo que estos poseen.

❖ Evaluación pos actividad

Cartelera de resumen: Se asigna a cada grupo la realización de una cartelera sobre la actividad y sus hallazgos explicando lo encontrado. Se utiliza una escala de 1 a 5 para evaluar cada cartelera en donde se establezca coherencia y claridad en los conceptos, como ítem de calificación. Explique a los estudiantes como se debería hacer apropiadamente una cartelera de acuerdo con lo siguiente:

- Introducción: Describa un campo magnético, dibuje en la cartelera cómo se comportan las limaduras de hierro.
- Desarrollo: Explicar cómo se hizo el experimento detallando lo encontrado, modelando por medio de un dibujo la disposición de las partículas de hierro alrededor del imán.

➤ **Conclusión:** Explicar las principales conclusiones del experimento.

Conclusiones

Se explica el propósito de la actividad. Se incluye en este apartado los conceptos que los estudiantes tenían del tema del campo magnético. Es importante hacer que los estudiantes se den cuenta que el campo magnético depende de la distancia del imán.

Agradecimientos

Se agradece al grupo por su trabajo y se menciona especialmente a los grupos que mejor hicieron su trabajo, animando a aquellos que tuvieron alguna dificultad. Finalmente, se listan las citas de las referencias usadas.

Extensión de la actividad

La presencia de campo magnético no se puede evidenciar hasta que se sobrepone un cuerpo en la región en donde existe dicho campo. El campo magnético se puede medir a través la fuerza con que un objeto con propiedades denominadas magnéticas de atraer o repeler a otros cuerpos, dependiendo de las propiedades de estos. El campo magnético de una región va a depender del cuerpo que lo produce, y este campo va a disminuir con la distancia. Esta actividad si bien es cierto no pretende calcular un campo magnético como tal, si muestra que existe un campo magnético alrededor de un objeto magnético.

Escalamiento de la actividad

Para grados inferiores el docente debe hacer el experimento y pedir a los estudiantes que realicen las conclusiones. Previamente se debe haber mencionado el concepto de magnetismo y explicar la forma en la cual funcionan las brújulas.

Para estudiantes avanzados se pide que realicen la actividad utilizando dos imanes, cambiándolos de posición para que dibujen las líneas de campo que estos producen sobre la cartulina. Otra alternativa, es pedirles a los estudiantes que utilicen otras formas de imanes para hacer el mismo experimento y dibujen las diferentes configuraciones.

6.5. Unidad Didáctica V. Inducción Electromagnética

Tabla 12. Unidad Didáctica V.

Objetivos Generales	Diseñar actividades enfocadas en los conocimientos previos necesarios para presentar este tema.
Objetivo Específico	Abordar contenidos conceptuales de inducción electromagnética propiamente dichos.
Revisión de conceptos	<p>Para la apertura de la secuencia es prudente que se recuerde algunos conceptos ya estudiados con antelación. Se hace una plenaria entre los estudiantes y el profesor sobre las ideas que poseen para los siguientes conceptos:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Carga eléctrica.2. Corriente eléctrica.

3. Potencial eléctrico.

Después de que los estudiantes hayan participado en la plenaria, el profesor dirige la clase dando algunas precisiones sobre las ideas expuestas en este momento, teniendo en cuenta lo siguiente:

a. Explicaciones de ejemplos en donde se manifieste la aplicación de estos conceptos.

b. Se muestra en la clase experimentos de bajo costo como: frotar una bomba de plástico y acercarla al cabello. La construcción de baterías caseras con Zumo de limón, pequeñas placas de Zinc (Zn) y cobre (Cu) que actúan como electrodos, y cables conectados a un led haciendo un circuito sencillo, con el objetivo de encender el led. En esta parte el profesor habla que el funcionamiento de una pila tiene como principio básico la transformación de la energía química en eléctrica, se debe hacer hincapié que la carga se conserva y que, aunque las pilas se descarguen ellas no pierden su carga solo que pasa de un lugar a otro es decir hay un movimiento de cargas.

c. Se hace una lectura por grupos para profundizar en los conceptos:

Se utiliza el libro de Hewitt (2007) donde se habla acerca de la carga eléctrica, carga por contacto y por inducción en donde se define este concepto como el procedimiento por el cual se cargan dos materiales conductores que inicialmente están en contacto, en presencia de otro que está cargado, y que luego se separan

quedando uno cargado positivamente y otro negativamente. Como una actividad complementaria, los estudiantes realizan una cartelera de lo analizado y se expone en la clase. (Cap.22)

Experimentos de Campo Eléctrico

➤ **Objetivo**

Identificar las características principales del campo eléctrico. Para lograr este objetivo se plantean dos experimentos

➤ **Materiales**

- ✓ Encendedor eléctrico.
- ✓ Aromáticas de Té
- ✓ Recipiente de vidrio
- ✓ Cables de Conexión
- ✓ Cuaderno de apuntes

➤ **Procedimiento**

1. En el recipiente de vidrio se vierte aceite y se diseminan las partículas de té
2. Se instalan los electrodos que conectan el encendedor.
3. Se observa que las partículas de té por causa del campo eléctrico producido modifican su disposición.

Con esta actividad se busca que los estudiantes visualicen el comportamiento de las partículas de té a causa del campo eléctrico generado por los electrodos conectados a la raqueta. El campo eléctrico lo producen partículas que están cargadas eléctricamente y esta presente en la región que rodea la carga (Katzir, 2005). El campo eléctrico es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las partículas. Finalmente, el

Aprendizaje de las Leyes de Maxwell a partir de experimentos caseros.

efecto del campo eléctrico se puede medir mediante la fuerza eléctrica.

Experimento de potencial eléctrico

➤ **Objetivo**

Identificar el potencial eléctrico en una región que separa dos electrodos conectados a una pila eléctrica

➤ **Objetivo específico**

Dibujar algunas líneas equipotenciales evidenciadas en la práctica.

➤ **Materiales**

- ✓ Cubeta de plástico
- ✓ Agua
- ✓ Electrodo rectos de 5 cm de longitud (laminas de cobre)
- ✓ Batería de 9 voltios o de 1,5 V
- ✓ Papel milimetrado
- ✓ Cables
- ✓ Multímetro
- ✓ Cuaderno de apuntes.

➤ **Procedimiento**

Los estudiantes realizan la experiencia de acuerdo a las indicaciones dadas por el profesor.

1. Poner la hoja de papel milimetrado por debajo de cubeta de plástico.
2. Llenar la cubeta de agua, posteriormente se ubican los electrodos de forma paralela en cada extremo de la cubeta.
3. Conectar la pila eléctrica a los electrodos ubicados en la cubeta.
4. Conectar una punta del multímetro al polo negativo de la pila y el otro se deja libre que es el que se moverá dentro de

la cubeta.

5. Localizar 5 conjuntos de lugares de un mismo potencial, pero para otros valores de potencial.
6. Graficar los puntos en un plano cartesiano y unirlos con una línea que representan las líneas equipotenciales (es decir con el mismo potencial).
7. Graficar las líneas de campo eléctrico estas se grafican de formas perpendicular a las líneas equipotenciales.

Así mismo, se discute con los estudiantes las observaciones y se explica las características del campo eléctrico y las líneas equipotenciales. En esta parte, se debe hacer referencia con ejemplos de la vida diaria. Igualmente, es importante discutir con los estudiantes si existe un campo eléctrico alrededor de una pila eléctrica, como también en circuitos eléctricos y en otros dispositivos. Se invita a los estudiantes a que participen dando ejemplos de aparatos que puedan generar campos eléctricos, un ejemplo de esto es cerca de líneas de conducción de potencia eléctrica (alta tensión).

A continuación, se dice que la fuerza eléctrica es el producto del campo eléctrico y la carga eléctrica. Este campo permite describir la acción a distancia de las cargas sobre otras cargas. Por último, se muestra campos eléctricos por medio de imágenes.

Experimento de campo magnético

➤ **Objetivo General**

Evidenciar la existencia de una fuerza de atracción o de

repulsión entre dos imanes

➤ **Objetivo específico**

Identificar materiales que son atraídos por un imán y materiales que no son atraídos.

➤ **Preguntas orientadoras**

Antes de iniciar la actividad el profesor realiza unas preguntas orientadoras acerca de los imanes:

1. Los materiales que tiene la propiedad de atraer al hierro
¿Qué nombre reciben?
2. ¿Alguna vez ha tenido un material que atraiga al hierro, o a otros metales?
3. Toda la materia esta compuesta por átomos y estos a su vez están compuestos por partículas más pequeñas. ¿Diga cuáles son esas partículas?
4. ¿La materia que se denomina imán de que esta compuesta esencialmente?

➤ **Materiales**

- Soporte de laboratorio.
- 2 imanes o más.
- Hilo de coser (2 m)
- Diferentes tipos de metales que se puedan suspender en el hilo
- Cuaderno de apuntes
- Cinta adhesiva

➤ **Procedimiento**

1. Cortar aproximadamente 60 cm de hilo.
2. Sujetar un imán al hilo. Esto lo puede hacer pegándolo con cinta adhesiva.
3. Suspender el hilo al soporte.
4. Acercar el otro imán.
5. Representar gráficamente lo que considere que puede estar pasando con los imanes.

➤ **Preguntas sobre el experimento**

En este experimento se toman las ideas de los estudiantes por medio de las siguientes preguntas:

- a. ¿Cómo se comporta el imán suspendido?
- b. Cuando cambia la posición del imán que acerca ¿Cómo se comporta el imán suspendido?
- c. Realice un esquema:



- d. ¿Qué ocurre cuando se invierte la dirección del imán que posee en la mano?
- e. Dibuje lo que ve al imán suspendido cuando se gira el imán que tiene en la mano
- f. Dibuje lo que ve al imán suspendido cuando se gira el imán que tiene en la mano



Para continuar con la actividad el docente pide a los estudiantes que suspendan otros metales y que les acerquen el

imán que poseen en la mano

De acuerdo con lo observado, el profesor realiza las siguientes preguntas

g. ¿Qué materiales son atraídos por el imán?

Para promover la participación de los estudiantes el profesor puede pedir que identifiquen en la tabla periódica los metales Hierro, Cobalto, Níquel, Aluminio y que identifiquen sus características más importantes el profesor puede hacer referencia de los materiales que son atraídos fuertemente, los que son atraídos con menor intensidad y finalmente los que son repelidos por los imanes

Uno de los materiales que son repelidos por los imanes más abundantes es el agua.

Experimento repulsión del agua

➤ Materiales

- Recipiente plástico.
- Tapa de gaseosa plástica pequeña
- Imán de Neodimio.
- Pequeño pedazo de fomi, o tarjeta plástica.

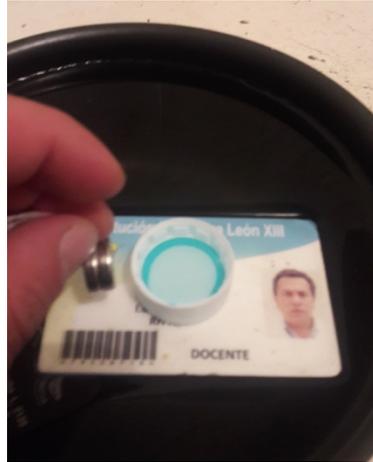


Figura 20 Experimento.

Se observa en la imagen el efecto del diamagnetismo del agua fuente propia.

➤ Procedimiento

1. Llenar un recipiente de agua
2. Colocar un pedazo de fomi o tarjeta de plástico no muy grande de tal forma que este quede suspendido en el agua.
3. Llenar una tapa de plástico de gaseosa pequeña con agua y colocarla sobre el fomi o tarjeta de plástico.
4. Colocar un imán cerca de la tapa sin tocarla.
5. Observar lo que pasa.

Se observa que la tapa suspendida se aleja del imán demostrando así que el agua es repelida por el imán. Para cerrar la actividad de visualización, el profesor puede hablar sobre el las propiedades de algunos materiales. Por último, el profesor comenta con sus estudiantes la importancia

de los campos magnéticos y su utilización en la industria, y da ejemplos concretos de su utilización como en equipos médicos de resonancia magnética que sirven para diagnosticar enfermedades o el estado de los pacientes con respecto a algunas enfermedades como por ejemplo el cáncer.

Como complemento de la actividad se pide a los estudiantes que realicen en su casa lo siguiente:

- Hacer el montaje en casa, cambiando los imanes, es decir, el que el estudiante utilizó para suspender es el que debe tener en la mano.
- Suspender otros objetos metálicos como por ejemplo monedas, clips y demás objetos que se puedan suspender en el hilo.
- Escriba lo que sucedió:

--

- Identifique hasta donde sean posibles los materiales que utilizó en su casa.

Atraídos por el imán	No atraídos por el imán.

➤ **Conclusión**

En plenaria el profesor recoge las respuestas de los estudiantes discutiendo con ellos algunas conclusiones.

Finalmente, el profesor expone las razones principales del funcionamiento de los imanes atendiendo a la pregunta ¿Por qué los imanes tienen la propiedad de atraer a algunos metales?

6.6. Actividad Introdutoria a la Inducción Electromagnética

Tabla 13. Actividad Introdutoria.

Experimento de continuidad eléctrica.	
Objetivo General	Observar la conductividad eléctrica de algunos materiales.
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• 50 cm de alambre de cobre• Papel de aluminio 20 cm• 2 Pilas eléctricas de 1,5 voltios• Conectores tipo caimán• 10 cm de plástico• Una puntilla• Un bombillo pequeño de linterna• Un led• Cinta adhesiva• Lápiz (sacar el grafito)• Cuaderno de apuntes• Agua• Sal• Limón

- Azúcar
- Recipiente de plástico

Procedimiento

1. Conectar las pilas de 1.5 V a dos alambres mediante la cinta adhesiva.
2. Sujetar el bombillo por medio de un conector tipo caimán en el sector donde se encuentra la rosca.
3. Conectar los caimanes a los alambres.
4. Conectar el extremo del bombillo a uno de los caimanes libres.
5. Observar lo que pasa.

Procedimiento

- ✓ **Procedimiento de realización de circuito**

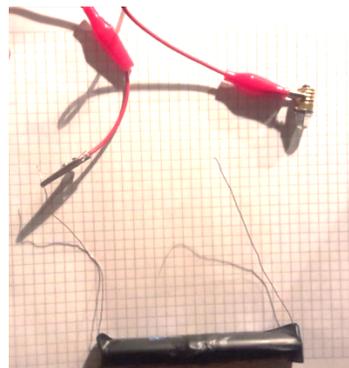


Figura 16. Foto de montaje conductividad eléctrica..

Preguntas a estudiantes

1. Al conectar el extremo de el bombillo con el alambre que está suelto ¿qué sucede?

3. ¿Los alambres de cobre son conductores?

✓ **Conectar un bombillo a una fuente de corriente**

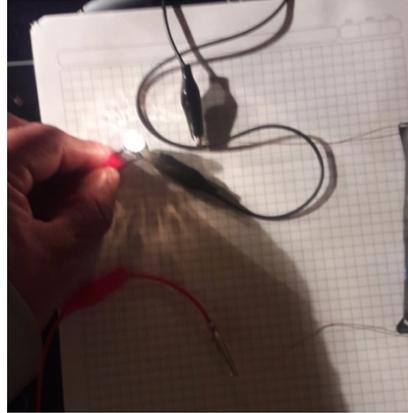


Figura 21. Foto de Circuito..

Posteriormente, el profesor pide a los estudiantes que realicen el siguiente procedimiento:

1. Conectar un caimán a un pedazo de papel de aluminio.
2. Poner la parte posterior del bombillo haciendo conexión con el papel.
3. Observe lo que sucede.

✓ **Conectar un bombillo realizando el circuito con un papel de aluminio**



Figura 22. Foto de circuito con papel de aluminio.

Después de realizar este procedimiento los estudiantes contestan las siguientes preguntas:

1. ¿El bombillo se enciende?

2. Las pilas eléctricas junto con los cables, el papel de aluminio y el bombillo conectados ¿forman un circuito cerrado?

3. Según su observación ¿qué puede decir del papel de aluminio?

4. En la actividad de conectar las pilas eléctricas al alambre de cobre se observó que el bombillo encendió, lo que se puede decir del alambre de cobre es que es conductor de cargas eléctricas ¿con relación al papel de aluminio ¿qué puede decir después de observar lo

que sucedió?

El profesor pide a los estudiantes que realicen el mismo experimento, pero utilizando los otros elementos como son el grafito de lápiz, el zumo de limón, el agua con sal, agua con azúcar y que escriba lo observado. Cambiar el bombillo por el led si el bombillo no prende

De acuerdo con lo observado con cada uno de los elementos, conteste a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué elementos condujeron la electricidad?

2. ¿Qué nombre podrían recibir los elementos que permitieron el paso de corriente eléctrica?

En esta parte el profesor realiza una plenaria hablando acerca de las observaciones de los estudiantes, en la que se puede establecer que existen elementos que son buenos conductores eléctricos como el aluminio, el grafito; pero otros como la madera, agua azucarada no lo son

Experimento magnético

freno

➤ **Objetivo**

Visualizar el efecto que tiene un imán que se mueve cerca de un conductor eléctrico

➤ **Materiales**

- Rollo de papel de aluminio de 10 metros
- Dos imanes
- Soporte de laboratorio
- Un metro de hilo de coser
- Cuaderno

➤ **Procedimiento**

El profesor propone a los estudiantes que realicen el siguiente montaje

1. Sobreponer el soporte del laboratorio.
2. Realizar un péndulo con los imanes y el hilo.
3. Amarrar el péndulo al soporte.
4. Hacer oscilar un poco el péndulo.
5. Observar lo que sucede.

Después de realizar el experimento el profesor realiza las siguientes preguntas:

1. Al hacer oscilar el péndulo ¿este se detuvo rápidamente?

2. ¿Por qué considera que el péndulo se detuvo?

El profesor pide a los estudiantes que coloquen debajo del péndulo el rollo de papel de aluminio, teniendo en cuenta que este quede muy cerca de los imanes sin que este roce el

péndulo y que oscilen el péndulo de la misma forma que lo hicieron anteriormente.

1. ¿El péndulo tardó el mismo tiempo para detenerse?

2. Al hacer oscilar el péndulo ¿Qué observó en el comportamiento del péndulo?

3. Si el aluminio es un conductor eléctrico como se estableció anteriormente entonces ¿en el aluminio se desplazaron cargas eléctricas?

4. A causa del movimiento de los imanes ¿qué efecto se produce en el rollo de aluminio?

El profesor realiza una plenaria para socializar las respuestas de los estudiantes.

Experimento de creación de campo magnético

➤ **Objetivo**

Identificar el campo magnético producido en un solenoide al hacer pasar corriente.

➤ **Materiales**

- 1.5 m de alambre de cobre esmaltado, calibre 18
- Solenoide de laboratorio (entregado por el profesor)
- Dos imanes circulares de 1 cm de diámetro

- Cables tipo caimán
- Dos pilas eléctricas de 1.5 v de tamaño C
- Cinta adhesiva
- Cuaderno.
- Lija
- Hilo de coser (50 cm)

➤ **Procedimiento**

1. Con el alambre de cobre realizar un solenoide de 11 espiras de diámetro 4 cm.
2. Inhibir el esmalte aislante de las puntas del alambre del solenoide.
3. Pegar el hilo de coser a los imanes
4. Acercar los imanes al solenoide

A los estudiantes se les pide predecir el comportamiento de los imanes cuando se acerquen al solenoide, se discuten sobre las predicciones, que ellos tengan, seguido a esto se les pide contestar las siguientes preguntas

1. Al acercar el imán al solenoide ¿este es atraído o repelido por el imán?

2. ¿Qué puede decir del alambre de cobre con relación a su atracción o no con el imán?

3. En su casa los cables que se utilizan para las instalaciones eléctricas ¿De qué material son?

4. Con relación a la pregunta anterior ¿Qué puede concluir del alambre de cobre?

Ahora el profesor pide a los estudiantes que realicen el siguiente procedimiento:

1. Conectar las pilas eléctricas al solenoide por medio de los caimanes
2. Acercar el imán suspendido del hilo al solenoide por el que ahora pasa corriente
3. Describir, discutir y escribir lo que observa

El profesor pide a los estudiantes que contesten la siguiente actividad:

1. Dibuje el fenómeno observado

2. El cobre es un material de tipo conductor. Explique esta afirmación con sus propias palabras

3. ¿Qué sucede si acerca el imán al solenoide

conectado a las pilas?

4. Al pasar la corriente por el solenoide ¿cómo se comporta el alambre de cobre?

5. ¿Qué puede concluir al realizar el experimento anterior?

El profesor socializa las conclusiones de los estudiantes, y da unas ideas finales tratando de concretar los hechos que se evidenciaron.

Experiencia de inducción electromagnética

➤ **Objetivos**

- Exponer un ejemplo de inducción electromagnética.
- Evidenciar los conceptos que subyacen en esta actividad.
- Reconocer las ideas que pueden tener los estudiantes para explicar de forma acertada el fenómeno de inducción.

Para iniciar la presentación del fenómeno de inducción electromagnética el docente pide a los estudiantes que realicen el montaje que se describe a continuación:

➤ **Materiales**

- Recipiente con agua.
- Papel de aluminio.
- 2 m de hilo.
- dos imanes de 1 cm de diámetro (aunque puede ser solo un imán).
- cuaderno de apuntes.
- Pocillo.

➤ **Procedimiento**

Procedimiento para determinar si el papel de aluminio cerca de un imán es atraído por este.



Figura 23. Foto de imán fuera del recipiente de aluminio. Fuente: Elaboración propia.

1. Con el papel de aluminio se forra el pocillo de tal manera que el aluminio tome la forma del pocillo en su parte interna.
2. Se pone el recipiente hecho con el papel de aluminio dentro del recipiente con agua.
3. Se dobla el hilo a la mitad aproximadamente.

4. Se sujeta los imanes con el hilo de tal forma que el hilo quede entre los dos imanes.
5. Se suspende el hilo con la mano colocando los imanes cerca del recipiente de aluminio.

Los estudiantes realizan sus predicciones a partir de lo observado en esta parte del experimento.

Los estudiantes contestan las siguientes preguntas:

1. ¿Cuándo usted coloca los imanes cerca al pocillo existe algún cambio significativo del pocillo?

2. De acuerdo con lo observado en este momento el ¿campo magnético afecta al pocillo?

3. De acuerdo a lo observado ¿qué puede decir del aluminio con relación a su comportamiento con los imanes?

4. ¿Si se orientara los imanes al contrario de como los dispuso anteriormente ¿Existe un cambio apreciable en el pocillo de aluminio?

El profesor realiza una plenaria en donde los estudiantes comparten sus respuestas obtenidas hasta el momento. Así mismo, se pide a los estudiantes que realicen el siguiente

procedimiento:

1. Colocar los imanes suspendidos dentro del espacio interno que hay en el recipiente de aluminio

Preguntas adicionales:

1. Al colocar los imanes suspendidos dentro del pocillo de aluminio ¿Existió algún cambio en el pocillo?

2. ¿El campo magnético de los imanes al tenerlos solo suspendidos dentro del pocillo de aluminio ha cambiado?

3. ¿El pocillo ha sido atraído o repelido por los imanes en algún instante?

El profesor pide a los estudiantes que compartan sus respuestas en una plenaria. Con esto, se busca detectar si hubo algún cambio en el comportamiento tanto de los imanes como del pocillo de aluminio. Paralelamente, el docente pide a los estudiantes que realicen el siguiente procedimiento:

1. Sacar los imanes del recipiente de aluminio
2. Hacer girar los imanes para retorcer los hilos, tanto como se pueda
3. Introducir los imanes girando dentro del recipiente de aluminio

Después de hacer la experiencia los estudiantes anotan las predicciones en su hoja de predicciones y contestan las siguientes preguntas:

Tabla 14. Pregunta 1 de la figura 22.

¿Qué ocurrió al acercar los imanes al vaso sin que este estuviera girando en el aluminio?
Observación:

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Pregunta 2 de la figura 22.

¿Qué ocurrió al hacer girar los imanes he introducirlos en el vaso de aluminio?
Observación:

Tabla 16. Pregunta 3 de la figura 22.

¿Qué ocurrirá si los imanes giran para el lado contrario?
Observación:

Tabla 17. Dibujo de campo magnético.

Dibuje las líneas de campo magnético que cree que se presentan tanto en los imanes
Observación:

➤ **Preguntas adicionales sobre la experiencia:**

1. Al acercar el imán por fuera del al vaso de aluminio ¿este es atraído?

2. Al introducir el imán dentro del vaso de aluminio ¿este es atraído por el imán?

3. Los imanes atraen materiales de tipo ferromagnético como se observó en la experiencia de magnetismo, pero no a otros materiales que, aunque pueden ser de tipo metal no son atraídos o repelidos con suficiente fuerza como para observar el fenómeno, entonces ¿según lo que observó que tipo de metal es el aluminio?

4. Únicamente al ubicar el imán cerca al vaso de aluminio ¿el campo magnético generado por este cambia? Trate de justificar su respuesta

Finalmente, el docente comparte las respuestas que dieron los estudiantes en relación con el experimento, y así puede dar

algunas conclusiones, que son generadas con la participación de los estudiantes. Después de realizar el experimento casero se propone discutir en debate grupal las respuestas dadas por los estudiantes, para luego establecer algunas precisiones importantes.

Marco Teórico

En esta parte de la unidad se propone orientar al estudiante en el manejo conceptual para que logre explicar correctamente el fenómeno de inducción electromagnética. De tal manera que pueda describir de forma acertada los fenómenos presentados en el experimento.

Ley de Faraday

Para mostrar el concepto de corriente inducida se propone que los estudiantes realicen un pequeño experimento.

Experimento de corriente inducida

➤ **Objetivo**

Observar lo que sucede al pasar un imán entre un solenoide

➤ **Materiales**

- Un solenoide de once espiras de 4 cm de diámetro
- Solenoide tipo laboratorio de 400 espiras
- Un imán fuerte
- Un multímetro
- Cables tipo caimán para conectar
- Cuaderno de apuntes

➤ **Procedimiento**

1. Conectar los caimanes a las dos terminales del solenoide.
2. Encender el multímetro en la medida de micro voltios.
3. Conectar las puntas del multímetro a los otros dos terminales de los caimanes
4. Pasar el imán entre el solenoide
5. Observar lo que ocurre.

El profesor pide a los estudiantes que pasen el imán entre el solenoide y observen la lectura del multímetro. Así mismo, se solicita que se responda a las siguientes preguntas

1. Según lo observado para que la lectura del multímetro se de ¿que debe pasar?

2. Si se realiza nuevamente la experiencia, pero con el imán orientado al contrario ¿Existe algún cambio en la lectura del multímetro?

El profesor da a los estudiantes un solenoide de laboratorio y pide a los estudiantes que realicen el mismo experimento y que escriban lo observado.

3. En el solenoide suministrado por el profesor ¿qué puede decir de la lectura del multímetro?

4. ¿qué puede decir de la cantidad de espiras y la corriente que se registro en el multímetro?

5. Con relación al experimento que se hizo inicialmente con el vaso de aluminio y los imanes, y sabiendo que el aluminio es un material que no es atraído por los imanes ¿Qué relación puede establecer entre los que pasa con el multímetro y lo que posiblemente puede suceder en el vaso?

6. Describa lo que sucedió en el vaso de aluminio al hacer girar el imán y luego introducirlo en el vaso

7. Cuando analizamos con detenimiento lo sucedido tanto en el experimento del solenoide, el vaso de aluminio y el imán, como del péndulo magnético, en esos experimentos cambió en el tiempo el campo magnético. En el experimento del solenoide se registro una corriente con el multímetro. ¿Para lograr esta corriente que cree que se necesita que este ocurriendo?

8. ¿Considera que en el vaso de aluminio se produjo una corriente? Trate de explicar su respuesta

El profesor recoge las ideas de los estudiantes y en plenaria el profesor discute con ellos los resultados. A continuación, se presenta una actividad complementaria de conceptualización sobre inducción electromagnética.

Introducción electromagnética

En este apartado se da una explicación de la ley de inducción y el concepto de fuerza electromotriz, a partir de una lectura en donde los estudiantes toman algunas notas y relacionan lo leído con la experiencia vista del vaso de

aluminio y el imán

Actividad de conceptualización: Lea, Identifique en Intente resolver.

▪ **Ley de inducción:**

Cuando un campo magnético varía en el tiempo al rededor de un conductor cerrado, y este siendo parte de un circuito, es posible medir una corriente mientras el campo magnético este variando en el tiempo. Para que haya un movimiento de portadores de cargas es preciso que se genere una fuerza electromotriz inducida esta es generada por el campo eléctrico causado por la variación del campo magnético.

Se debe analizar lo que ocurrió en los experimentos del imán con el vaso de aluminio, y el imán con el solenoide y el multímetro. Cuando se hizo mover el imán por el solenoide se registró en el multímetro una lectura, esta lectura evidenció la presencia de una corriente, es de notar que este fenómeno se produce sin que haya una fuente conectada, por tal motivo se puede concluir con este sencillo experimento que es posible generar una corriente en un conductor si se varia un campo magnético. En el caso del vaso de aluminio y el imán, al hacer rotar este dentro del vaso, también genero una fem lo que generó un movimiento de portadores de carga, y se produjo una corriente.

▪ **Ley de Lenz**

La ley de Lenz permite predecir el sentido de la fuerza electromotriz inducida en un circuito eléctrico. Establece que el sentido de la fuerza electromotriz inducida es tal que sus efectos se oponen a la variación del flujo magnético que la produce. Gráficamente se puede evidenciar como se muestra a continuación:

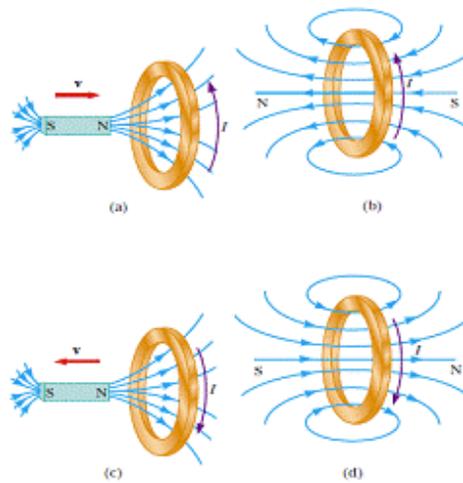


Figura 17. Ley de Lenz. Fuente: Serway (2009, p.908)

Evaluación

Analice la lectura y responda la evaluación:

1. ¿Es posible que una corriente eléctrica sea generada por un campo magnético?

2. ¿Es posible que un campo magnético sea generado por una corriente eléctrica?

3. ¿Es posible que un campo magnético el cual no varié

en el tiempo genere una corriente eléctrica?

4. En el experimento del vaso de aluminio el campo magnético del imán que rotaba sobre si mismo ¿generó una corriente al vaso?

5. ¿La Fem es una fuerza?

En las preguntas 6 a 8 seleccione la respuesta correcta:

6. La inducción electromagnética explica de forma correcta:

A. La lectura del multímetro en el experimento del solenoide y el imán

B. El comportamiento de el vaso de aluminio cuando el imán gira dentro de el.

C. De la misma forma puede explicar tanto lo que sucede con el solenoide y el imán como lo que sucede con el vaso y el imán girando.

D. La inducción electromagnética no explica ninguno de estos hechos que se presentaron.

7. Cuando el imán rota como lo hizo en el vaso de aluminio se puede decir que:

A. Genera una corriente inducida en el vaso, la cual

genera un campo magnético

B. No genera corriente alguna en el vaso.

C. Genera un campo magnético igual

D. Genera una corriente la cual no genera ninguna

otra cosa.

8. La ley de Lenz

A. Explica que un campo eléctrico variable produce la generación de un campo magnético

B. Explica que una corriente inducida por un campo magnético genera otra corriente inducida

C. Explica que una corriente inducida por un campo magnético genera otro campo magnético

D. Explica que existe una diferencia de potencial.

El docente recoge las respuestas de algunos estudiantes y finalmente en plenaria discute con los estudiantes los resultados de la actividad, haciendo la retroalimentación pertinente.

Elaboración de un motor eléctrico de corriente continua

➤ Objetivo

Explicar el principio de funcionamiento de un motor eléctrico de corriente continua.

➤ Materiales

- Pila eléctrica tipo C de 1.5 V(voltios)
- Cinta adhesiva
- Dos ganchos de metal para ropa medianos
- Alambre de cobre esmaltado delgado X 1m
- Imán tipo redondo
- Cuaderno de apuntes
- Marcador de tablero redondo (prestado por el profesor)
- Lija o bisturí de papelería (tener mucho cuidado al manipular el bisturí)

➤ **Procedimiento**

1. A la pila eléctrica se le conectan los dos ganchos de ropa de tal forma que la parte en donde abren queden conectados a los extremos de la pila sujetándolos con cinta adhesiva.
2. Se envuelve el alambre de cobre sobre el marcador haciendo 6 vueltas y dejando dos extremos libres, para así crear un solenoide de 6 espiras.
3. Para evitar que el solenoide se deshaga se enrolla un poco de alambre sobrante de las puntas una cada extremo de tal forma que las dos líneas queden enfrentadas.
4. Con el bisturí o la lija se quita un poco de aislante que trae el alambre esmaltado de los extremos.

5. Coloque el solenoide entre los dos orificios que quedaron de los ganchos.

Montaje del solenoide sobre los clips



Figura 18. Foto de montaje del solenoide.

Los estudiantes discuten lo que puede suceder con el solenoide si solo se coloca como se indicó sin tener en cuenta el imán y contestan las siguientes preguntas

1. Al colocar el solenoide entre los dos ganchos ¿pasa corriente por el solenoide?

2. Como se da cuenta se ha conectado los dos polos de la pila eléctrica, ¿Qué corre por el solenoide?

La pila eléctrica genera una Fem como se dijo

anteriormente ¿Qué genera en el solenoide?

3. ¿Existe corriente pasando por el solenoide?

4. Si se pusiera un solenoide con mayor cantidad de espiras ¿Qué sucedería?

5. Se ha dicho que la corriente que pasa por un conductor genera un campo magnético ¿cómo podría evidenciar esto en el solenoide?

Ahora el profesor pide colocar el imán encima de la pila eléctrica, pero debajo del solenoide.

6. ¿Que observa?

7. Si le da un pequeño impulso al solenoide ¿Qué observa?

8. Si quita el imán ¿Qué sucede?

Por el solenoide pasa una corriente. Dibuje como seria dicha corriente



1. El campo magnético generado por el imán ¿tiene algún efecto en el solenoide donde pasa una corriente eléctrica?

Finalmente, el profesor en esta parte puede explicar el funcionamiento de un motor eléctrico de corriente alterna, haciendo una similitud con el construido por los estudiantes. Explicando que en el motor eléctrico (del tipo llamado también motor universal) las escobillas son las responsables de intercambiar la dirección de la corriente lo que permite el movimiento de rotación.

Bibliografía

Beléndez, A. (2016). James Clerk Maxwell por Augusto Beléndez. *Revista Española de Física*, 30(3), 62-73.

Miranda Hernández, M. A., & Rincón Torres, S. K. (2017). Generación de energía renovable en el gimnasio en la Universidad Católica de Colombia sede El Claustro.

Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2019). *Lecciones de física de Feynman, I: Mecánica, radiación y calor*. Fondo de Cultura Económica

Peña, J. Z., Caceres, N. M., Badillo, R., Rosero, S., Flórez, Y., & Rodríguez, L. ENSEÑANZA DEL MAGNETISMO EN LA FORMACION INICIAL DE PROFESORES UN ABORDAJE DESDE EL APRENDIZAJE ACTIVO.

Orozco Martínez, J. (2012). El aprendizaje activo de la Física en los cursos en línea del IPN. *Revista Mexicana de bachillerato a distancia*, 4(7).

Thornton, RK (2010). Demostraciones de conferencias interactivas a través de la web: creación de un entorno activo de aprendizaje de ciencias a través de Internet. *Il nuovo cimento C* , 33 (3), 51-57.

Domínguez, M. R. F. (2006). Reseña de " Metodología participativa en la enseñanza universitaria" de Fernando López Noguero. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, 20(3), 313-316.

Ridao, M. (2012). Metodología activa-participativa. *La brújula del docente*.

Zapata, J., Moreno, N., Badillo, R., Rosero, S., & Flores, Y. (2012). Enseñanza del magnetismo en la formación inicial de profesores un abordaje desde el aprendizaje activo. *Revista Virtual educyt*, 15.

de la Fuente, V. (2018). Propuesta de innovación para la enseñanza de la Física y la Química: Energías Renovables.

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2015). *Observatorio de desarrollo económico* .

Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE-. (2015). Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2014. *Boletín Técnico*.

Métioui, A., & Trudel, L. (2014). Conceptual analysis of Quebec primary school programs in Canada: Science and Technology. *Journal of Teaching and Education*.

Alves, J., Silva, A., Rochadel, W., & Lima, J. (2014). Application of remote experiments in basic education through mobile devices. *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*.

Freeman, S., Eddy, S., McDonough, M., Smith, M., Jordt, h., Okoroafor, N., & Pat, M. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Hung, H. (2014). Flipping the classroom for English language learners to foster active learning. *Computer Assisted Language Learning* , 81-96.

Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). *Indicadores de logros curriculares*. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (1994). *Ley General de Educación*. Santafé de Bogotá.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). Física para la ciencia y la tecnología. Volumen 1B.

Gonzales. (2003). *En ningún lugar en parte alguna: estudios sobre la historia del magnetismo-*.

Kraus. (2016). *Electromagnetismo /*. Universidad Católica de Córdoba, Argentina.

Mcllroy, & Mason. (2000). Electric Field Dissociation of Charged Macromolecular Sites in Polarized Biomembranes I. The Mathematical Model. *Revista SIAM de Matemáticas Aplicadas*, JSTOR.

Christiansen. (2004). Discrete Fredholm Properties and Convergence Estimates for the Electric Field Integral Equatio. *Mathematics of Computation*, 143-167.

Mcllroy, & Mason. (1981). Electric Field Dissociation of Charged Macromolecular Sites in Polarized Biomembranes I. The Mathematical Model. *SIAM Journal on Applied Mathematics*. JSTOR.

Katzir. (2005). On “the electromagnetic world-view”: A comment on an article by Suman Seth. *JSTOR*, 189-192 .

Poritsky. (1938). Generalizations of the Gauss Law of the Spherical Mean. *Transactions of the American Mathematical Society*, 199-225.

Serway. (2009). *Física para ciencias e ingeniería para Física Moderna. Volumen II*. EDITEC S.A. de C.V.

Wilson, Yang, & Kuang. (2015). *China’s Electricity Sector: Powering growth, keeping the lights on and prices down*.

Steinle, F. (1994, January). Experiment, speculation and law: Faraday's analysis of Arago's wheel. In *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (Vol. 1994, No. 1, pp. 293-303). Philosophy of Science Association.

Revista Semana. (2017). *¿Nos han estado enseñando mal las matemáticas durante todo este tiempo?* .

Sánchez. (2012). *El electromagnetismo una experiencia para vivir*. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Fragoso, & Villavicencio. (2017). Enseñanza del electromagnetismo a través de aplicaciones experimentales. *Universidad Autónoma de México* , Sitio web: http://www.lajpe.org/jun17/2303_RMF_2017.pdf.

Zapata. (2017). El contexto profesional de la enseñanza del electromagnetismo desde una perspectiva histórica en programas universitarios diferentes: implicaciones para el cambio didáctico. *Tesis para optar el título de doctorado en Educación*.

Rojas, Cuellar, Leal, & Montenegro. (2016). Enseñanza del concepto de campo electromagnético a partir de la experimentación, con los estudiantes del grado 1104 de la Institución Educativa Normal Superior de Neiva. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*.

Osorio, Mejía, Osorio, Campillo, & Covaleda. (2012). Analysis of the Teaching and Learning of Electromagnetism at Technological and University Level. . *Entre Ciencia e Ingeniería, ISSN 1909-8367*, 24-28.

Montero Moreno, A., Guisasola Aranzabal, J., & Fernández González, M. (2005). ¿Cómo se presenta el concepto de fuerza electromotriz? Visiones distorsionadas de la electricidad en los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-7.

López. (2016). Estrategia metodológica para mejorar el aprendizaje del electromagnetismo a través del uso de experimentos demostrativos.

Klein, G. (2012). *Didáctica de la Física*. Montevideo, Uruguay: Mdeo.

Ramírez. (2009). La teoría del conocimiento en investigación científica: una visión actual . *Anales de la Facultad de Medicina* .

- McDermott. (2001). La adquisición de un niño por una discapacidad de aprendizaje», en Seth Chaiklin y Jean Lave (comps.), *Estudiar las prácticas. Perspectivas sobre actividad y contexto*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Tur. (2010). Interferencias eléctricas y electromagnéticas en los marcapasos y desfibriladores automáticos implantables. *Medtronic Ibérica., Ingeniero de Telecomunicaciones por la ETSITM*, sitio web: <http://secardiologia.es/images/stories/secciones/estimulacion/cuadernos-estimulacion/03/interferencias-electricas-en-mp-y-dai.pdf>.
- RAE. (s.f.). Imán . sitio web: <http://dle.rae.es/?id=L0MLYHi|L0MvbBn>.
- Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptual (Décima edición ed.)*.
- Sánchez. (2000). *En Maxwell, "A Dynamical Theory of the Electro- magnetic Field", Philosophical Transactions of the Ro- yal Society of London 155, 459-512 (1865)*.
- Ibáñez, et al. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 1-13.
- et, R., & riza, e. a. (2014). The Effect of the Course of Teaching Practice on Prospective Science Student Teachers' Teaching Methods and Technical Knowledge of the Subject of Electromagnetism. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 463-468.

Anexos

Anexo 1. Descripción de experimentos para la indagación.

En el primer experimento llamado: “El amor y los imanes”, se utilizaron dos imanes permanentes, un marcador, papel y cinta. Se solicitó a los estudiantes que colocaran una marca de más (+) y una de menos (–) a uno de los imanes con papel y cinta, sin importar si reconocen el lado indicado. Luego de ello, se les pidió a los estudiantes que pusieran a interactuar los dos imanes; identificando de esta manera

que cuando se atraen son polos distintos y cuando se repelen son polos iguales. Los estudiantes realizaron una explicación descriptiva del suceso en palabras coloquiales, comprendiendo el fenómeno electromagnético.

El segundo experimento llamado: “La división del palo”, en donde se utilizó un listón de balsa, un esfero y un bisturí. Se pidió a los estudiantes que en los extremos del listón colocaran un más (+) y menos (–) con esfero, luego debían encontrar la mitad del listón y cortarlo con el bisturí. La división implicó que se poseen dos extremos del palo, uno superior y un inferior, pero que al ser cortados hay dos palos con un extremo superior e inferior. Este corte se puede hacer múltiples veces y siempre se tendrá una parte superior y una parte inferior. Se explicó que con un imán sucede lo mismo, si se divide en dos quedarán dos imanes pequeños, pero con la misma propiedad del grande, una parte positiva y otra negativa. Se les preguntó a los estudiantes si lo podían explicar y muchos no entendieron el porque de este fenómeno.

Esta situación presentada pone en evidencia la necesidad de generar una secuencia didáctica para el aprendizaje de los conceptos que explican lo que realmente sucede.

El tercer experimento, llamado: “La brújula de la nación del agua”, en el que se utilizaron un imán, un corcho, una aguja, un plato, agua y cinta. Consistió en cortar un círculo de corcho de medio centímetro, frotar la aguja con el imán unas 50 veces, hacer uso solo de la parte norte del imán (había que separar el imán de la aguja cada vez que se frotara), esto con el fin de convertirla en un imán temporal, pegar la aguja con el corcho, luego de ello ponerlos en el plato con poca agua. Después de encontrar el norte con la aguja y ver que esta funcione, se hizo que los estudiantes tomaran la barra

de imán para controlar la aguja a la distancia. De esta manera se modificó el campo y la dirección de la aguja. Se solicitó a los estudiantes la explicación de cómo funcionaba la brújula. Con la participación de los estudiantes se explicó con palabras sencillas el suceso.

Frente al anterior experimento, se encontró que los estudiantes se acercaron a la comprensión del principio del funcionamiento de la brújula.

Después de estos experimentos, se procedió a una explicación más formal. Se les pidió a los estudiantes inicialmente que explicaran qué se hizo el día de los experimentos y después se mostraron videos explicativos. Después, se solicitó a los estudiantes que trataran de explicar cada una de las ecuaciones y definieran los siguientes conceptos: carga eléctrica, fuerza eléctrica, fuerza magnética, corriente eléctrica, voltaje y trabajo.

A modo de concluir la indagación, se encontró que los estudiantes, en la mayoría de los casos, comprendieron los conceptos con metodologías didácticas y atractivas para ellos. Esto reafirmó la importancia de generar una secuencia didáctica que explique las teorías de Maxwell porque los estudiantes comprendieron los conceptos.

Por otra parte, se realizaron entrevistas a los estudiantes donde se formularon preguntas como: ¿Qué piensas de la educación en Colombia?, ¿La educación que recibes actualmente te servirá para un futuro?, ¿Cuáles son las materias que piensas son más útiles para tus planes de vida?, entre otras. Cuyos objetivos fueron la indagación sobre los intereses y su curiosidad, también, sus expectativas ante la clase de física y específicamente con relación a los temas tratados por los fenómenos eléctricos.

La secuencia didáctica tiene como el objetivo revisar los conceptos de campo eléctrico, campo magnético, Ley de Gauss para el campo eléctrico y Ley de Gauss para el campo magnético. Con la aplicación de la secuencia se requiere mejorar el grado de comprensión que poseen los estudiantes.

La primera secuencia didáctica que se aplicó se denominó: “Carga eléctrica y campo eléctrico”. El propósito de esta práctica fue reconocer la existencia carga y del campo eléctrico. Lo anterior, se hace teniendo en cuenta los planteamientos de McDermott (2001) donde se afirma que los estudiantes presentan dificultades a la hora de aplicar su conocimiento, pues solo se limitan a solucionar problemas en contextos específicos, y no relacionan lo aprendido con el mundo que los rodea. Por tal motivo, es indispensable que los docentes del área de física procuren alternativas pedagógicas que tengan como propósito la articulación de los temas aprendidos con el mundo real.

Por su parte, Thornton (2003) propone un ambiente de aprendizaje activo como estrategia en donde se deben seguir ocho pasos para la consecución del logro propuesto en este trabajo y que se tendrá en cuenta en el desarrollo de la secuencia didáctica.

Anexo 2

Resultados obtenidos des pues de aplicar la secuencia didáctica

Resultados de la secuencia didáctica I “La carga Eléctrica y el campo eléctrico”

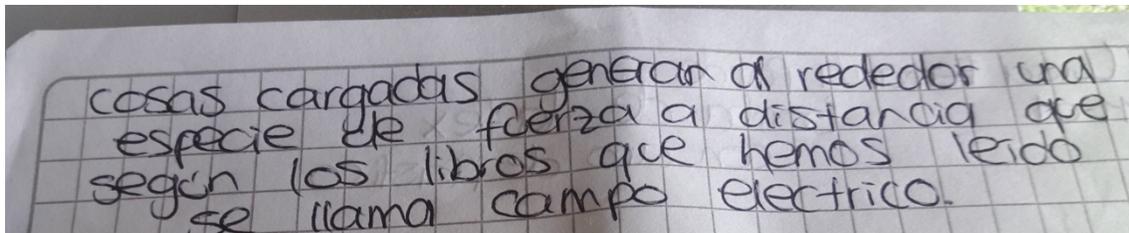
A continuación, se presentan algunas respuestas de los estudiantes. Se hace un análisis por cada una de las preguntas y de sus respuestas, análisis que se basa que

Aprendizaje de las Leyes de Maxwell a partir de experimentos caseros.

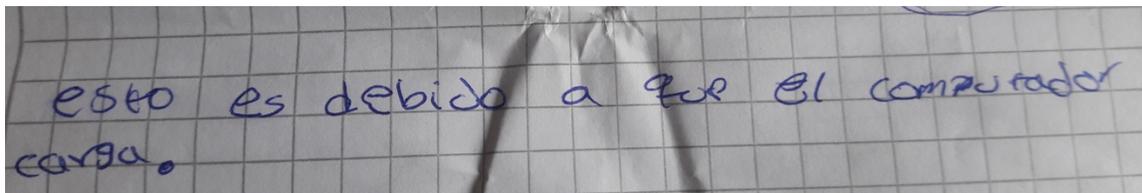
se origina a partir de las de las respuestas consignadas en las hojas y en las afirmaciones escritas por los estudiantes

Actividad 1

Al encender el pc ¿Qué cree que sucederá en la bolita de aluminio que esta en el frasco?



cosas cargadas generan al rededor una especie de fuerza a distancia que según los libros que hemos leído se llama campo eléctrico.



esto es debido a que el computador carga.

Propósito: Determinar lo que el estudiante considere que puede suceder con la esfera de aluminio dentro del frasco.

Cuando se les presentó la pregunta, los grupos de trabajo en su mayoría contestaron que la esfera recibiría alguna descarga eléctrica por parte de la pantalla, y concluyeron que esta reciba algún tipo de carga emanada de la pantalla.

Esto indico que efectivamente la bolita de aluminio quedo cargada al encender la pantalla de pc, lo que indica que existe algo que podemos llamar carga eléctrica, que, aunque no se ve, si es posible saber que hace y es repeler o atraer cosas.

¿Qué función tiene el cable que conecta la bolita de aluminio?

Propósito: Identificar si el estudiante entiende el concepto de circuito y de conector.

Cuando se les presento la pregunta los estudiantes manifestaron de forma general es que este actuaba como conector y que por ese camino transitaba la energía de la pantalla.

Esto indico que efectivamente conocen el concepto de conector, sin embargo, se evidencia alguna confusión entre carga y energía

¿Las partículas de té tienen alguna organización especial antes de encender el pc?

Propósito: que el estudiante se de cuenta de los detalles al observar

La mayoría de los estudiantes respondieron que no que no había ninguna organización especial

Esto indico que los estudiantes estaban atentos a lo que estaban viendo con la botella y el té.

¿Existe algo que sale de la pantalla cuando se enciende el pc?

Propósito: determinar que preconceptos tienen los estudiantes al ser cuestionados de el concepto de carga que en el fondo tiene la pregunta.

Al ser interrogados los estudiantes manifestaron en su mayoría que lo que sale de la pantalla del pc son partículas cargadas con electricidad, sin embargo, un porcentaje atino a decir que lo que salía de la pantalla era energía.

Esto evidencia que ya muchos estudiantes se empiezan a acostumbrar que los objetos poseen carga eléctrica y que esta no se ve pero que existe.

¿qué función cumple el papel de aluminio?

Propósito: Establecer si los estudiantes entienden el papel que cumple el aluminio como un acumulador de carga, o un lugar donde la carga se acumula.

Los estudiantes al ser interrogados manifestaron que es el lugar donde se acumula la energía o la carga.

La respuesta dada por los estudiantes evidencia que, aunque tienen claro que el aluminio sirve para acumular algo, no saben que es lo que acumula. presumiblemente es carga. Se puede evidenciar con esta respuesta los educandos, aunque no se haya

hablado específicamente de corriente tienen una idea un tanto vaga de lo que es corriente eléctrica.

¿qué cree que les pasa a las partículas de Té si coloca un dedo tocando el embace de vidrio?

Propósito: tiene como objetivo establecer la visualización de algún cambio si se manipula la botella de vidrio

Los estudiantes ante esta pregunta manifestaron que lo que ocurriría es que les daría una descarga eléctrica un “corrientazo” como lo dijo uno de los grupos, otros dijeron que las partículas se moverían

Al ser cuestionados con esta pregunta los estudiantes dejan ver que le temen a la electricidad seguramente por que han tenido experiencias desagradables con la misma o por lo visto en sus casas, no obstante, coincidieron que las partículas de té se moverían, pero no dijeron como solo que se moverían. Lo que indica que el cuerpo humano también tiene carga.

La anterior fue lo que contestaron los estudiantes en la etapa de predicciones

Cuadro de resultados

El siguiente análisis que se hizo fue al terminar la actividad de experimentación.

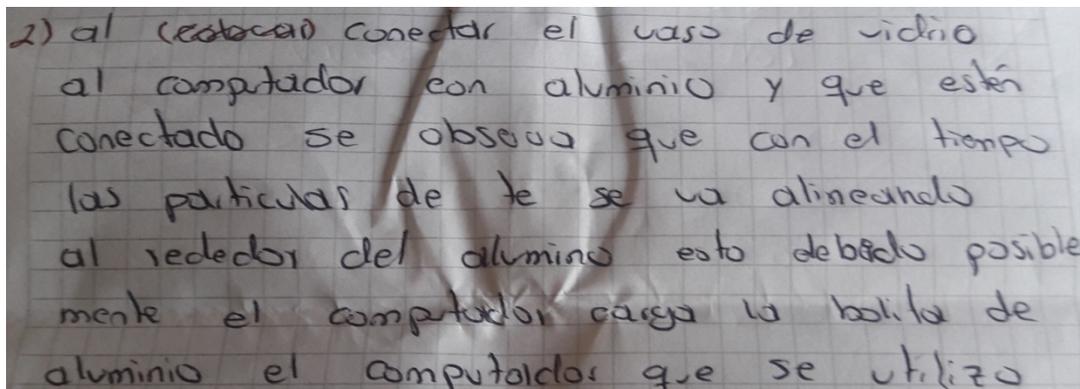
Después de ver lo sucedido ¿qué función cumplió el cable que conecta la pantalla del pc con la bolita de aluminio?

Aprendizaje de las Leyes de Maxwell a partir de experimentos caseros.

Los estudiantes coincidieron es que este tiene la función de conector y que por este se desplazan las cargas eléctricas.

Se evidencia que los estudiantes en su mayoría conocen el concepto conector eléctrico y que por este camino se desplazan lo que se acordó que eran las cargas eléctricas

Al observar lo sucedido ¿puede decir que la bolita de aluminio la afecto al encender el pc? ¿Cómo fue esta afectación?



2) al (estaba) conectar el vaso de vidrio al computador con aluminio y que estén conectado se observa que con el tiempo las partículas de te se va alineando al rededor del aluminio esto debido posible mente el computador carga la bolita de aluminio el computador que se utilizo

A esta pregunta los estudiantes coincidieron es que, si fue afectada, y que en esta se lleno de lo que se llamo carga

Es claro que los estudiantes respondieron dando conceptos aparentemente aprendidos en la practica. El concepto de carga se estableció como una propiedad que tiene los cuerpos que hace que atraigan a otros cuerpos o los rechacen, como lo hace un imán.

¿De que forma se han distribuido dentro del aceite después de prender el pc las partículas de Té?

Los estudiantes manifestaron que se han unido a la bolita de aluminio y han formado como líneas.

El objetivo de esta experiencia es que los estudiantes identifiquen que además de que hay carga, esta puede proyectar líneas de campo eléctrico. Aparentemente es objetivo se cumplió pues lograron identificar que las partículas de Té se alinearon alrededor del objeto cargado

¿qué función cumple el aluminio?

Los estudiantes manifestaron que el aluminio tiene la función de conducir, es decir que por su estructura viajan las partículas cargadas.

Es claro que los estudiantes en su mayoría conocen que lo que realmente sucede, y es que de la pantalla del pc por alguna razón salen partículas que se desplazan por el aluminio y se alojan en la esferita que esta en el otro extremo.

¿cómo se han comportado las partículas de Té cuando se acerco el dedo en el frasco?

A esta pregunta los estudiantes manifestaron que algunas partículas se alinearon junto al dedo, dijeron que eso era porque el dedo también tenía algunas partículas cargadas, otros grupos manifestaron que esto era debido a que el cuerpo tenía estática.

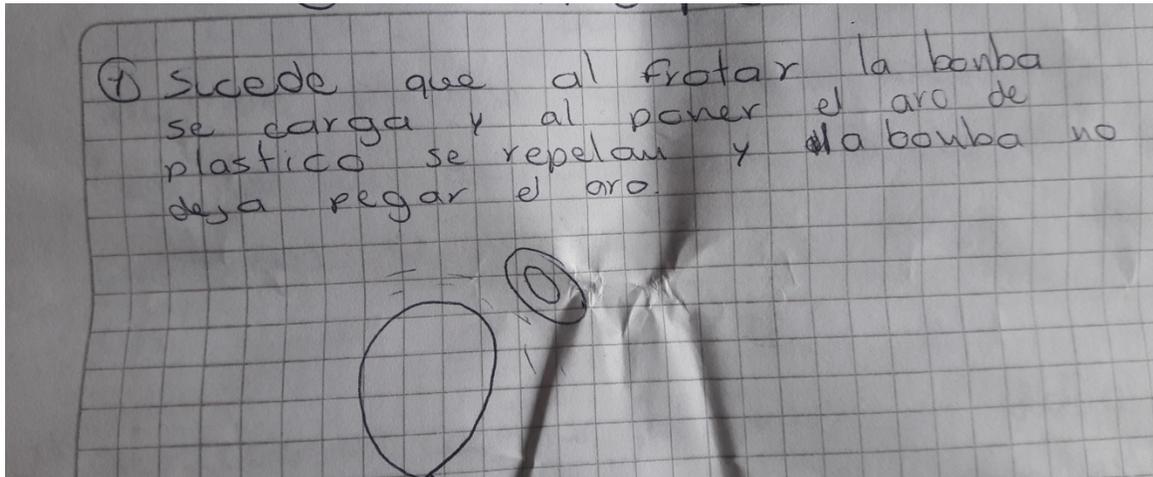
Las respuestas dadas por los estudiantes coinciden en que el movimiento de las partículas de Té es debido a la existencia de cargas, estas respuestas dan por sentado que, aunque las cargas no se ven existen y sus efectos se pueden sentir y posiblemente se pueden medir.

Aprendizaje de las Leyes de Maxwell a partir de experimentos caseros.

Otro experimento que se hizo en la misma clase, fue con la bomba de látex y el aro.

Para este experimento los estudiantes manifestaron lo siguiente:

Al frotar la bomba ¿qué cambio se da al acercarlo al aro suspendido?



Los estudiantes manifestaron en sus respuestas que lo que se hizo fue que al frotar la bomba nuestro cuerpo transfería carga a la bomba y que el aro y estaba cargado con la misma carga por eso se repelían

Esta respuesta indico que efectivamente los estudiantes notaron primero que la carga existe, y que esta puede ser de dos tipos

Al intentar acercar la bomba de látex ¿qué sucede?

Los estudiantes manifestaron que el aro se alejaba de ella

Esto se vio y se puede deducir que la respuesta anteriormente mostrada ratifica que la bomba esta cargada y que la carga es igual al aro de plástico.

Las preguntas que siguieron mostraron las mismas respuestas mencionadas anteriormente, en esta parte se quiso reafirmar lo manifestado por los estudiantes, pero se cayo en la redundancia. No se hizo mención pues considero que es volver a las mismas respuestas.

Análisis:

En esta practica se hizo dos experiencias cuyo objetivo fue desde el comienzo que los estudiantes percibieran la presencia de cargas eléctricas, objetivo que aparentemente se cumplió, se tendrá que evaluar hasta donde los estudiantes tienen claro la existencia de cargas eléctricas mediante situaciones problema de contexto que involucren este tema. Por otro lado, los estudiantes notaron que la carga eléctrica genera campo eléctrico que se puede dibujar como líneas de campo eléctrico

Análisis Secuencia Didáctica II: Visualización de líneas de campo eléctrico

Al realizar la practica de visualización de líneas de campo Los estudiantes contestaron a las preguntas propuestas y se analizaron las mismas.

¿Como se distribuyen las partículas de te?

El propósito de esta pregunta es indagar lo que observan los estudiantes

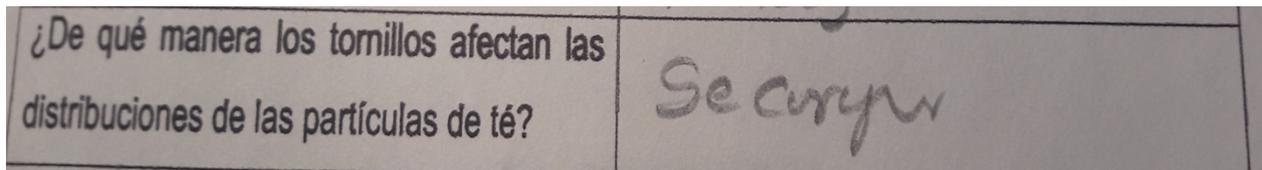
¿Cómo se distribuyeron las partículas de Te?	Tienen como líneas
--	--------------------

Para esta pregunta los grupos contestaron que al ser conectado las partículas de te adquieren un movimiento y al parecer se forman como unas líneas.

De las respuestas obtenidas se puede concluir que los estudiantes efectivamente observaron la distribución de las partículas de Té, y de acuerdo a lo mostrado existe una aproximación por parte de los estudiantes de la idea de campo eléctrico, aunque algunos estudiantes el termino campo no es utilizado propiamente.

¿De que forma los tronillos afecta las distribuciones?

El propósito de esta pregunta es indagar si el estudiante conoce la función de los tronillos

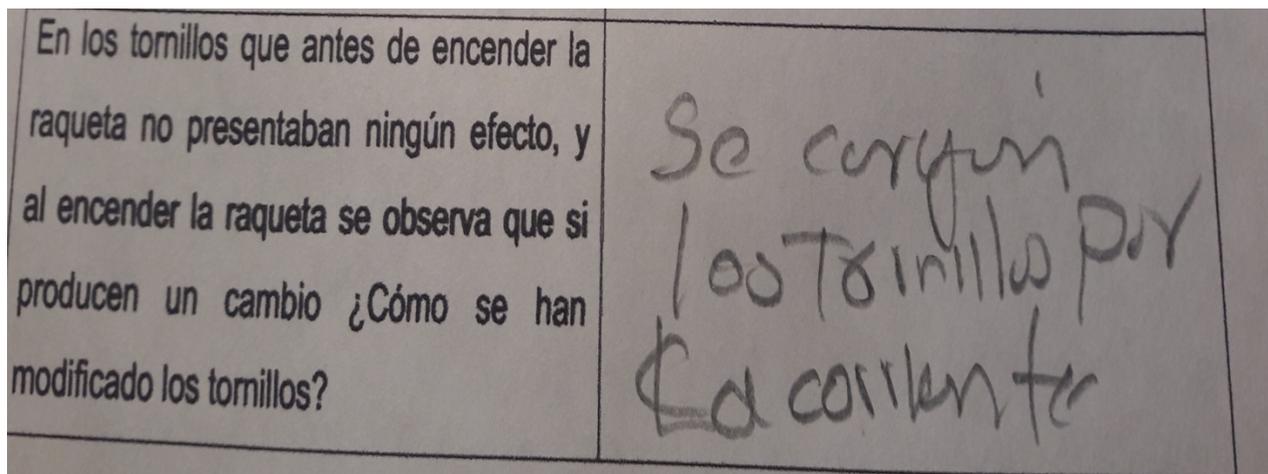


Para esta pregunta los estudiantes coincidieron que los tornillos se cargaban.

Es evidente que la mayoría de los estudiantes ya conocen el concepto de carga eléctrica, aunque no ven por ningún lado la carga manifiestan que esta existe y que lo que se percibe es sus efectos.

En los tornillos que antes de encender la raqueta no presentaban ningún efecto, y al encender la raqueta se observa que si producen un cambio ¿Cómo se han modificado los tornillos?

El propósito de esta pregunta es indagar si los estudiantes observan los cambios que se presentan en los tornillos cuando estos están conectados



Los estudiantes manifiestan que existe la carga eléctrica y que esta es producida por la raqueta al ser accionada

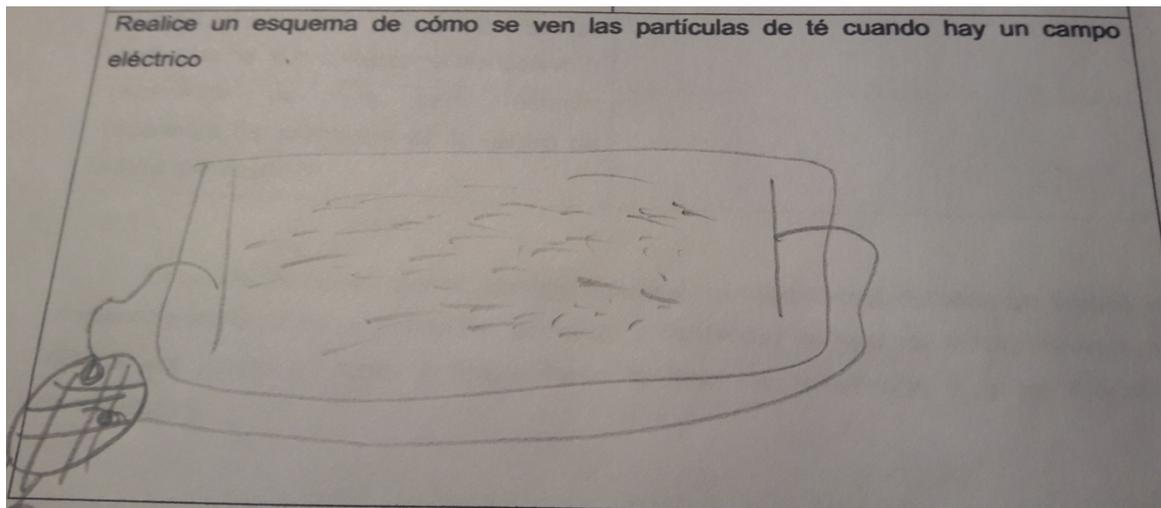
De las respuestas de los estudiantes se concluye que se conoce la existencia de carga eléctrica y que esta es producida entre otras cosas por el transito de electrones de un

Aprendizaje de las Leyes de Maxwell a partir de experimentos caseros.

lugar a otro. Se utiliza el concepto de corriente, aunque no se cuestiono su utilización, por otro lado, otros estudiantes manifiestan que hay algo que fluye.

Finalmente se puede decir que efectivamente la experiencia tuvo un buen grado de aceptación entre los estudiantes, pues la mayoría de grupos lograron ver los efectos en las partículas de Té.

Finalmente, se les pidió a los estudiantes que dibujaran lo que observaron



El propósito de esta actividad evidentemente es que los estudiantes representaran de forma grafica lo que han visto en la cubeta.

De esta actividad se puede concluir que existe una representación mental de campo eléctrico.

Secuencia didáctica III: Ley de Gauss para el campo eléctrico

Después de haber realizado la actividad los estudiantes dijeron lo siguiente:

1. Que la bolita de aluminio da vueltas al acercarle la bomba frotada
2. Que al cambiar la bolita por otra más grande hace lo mismo pero que aparentemente un poco más despacio pero que esto no se podía medir con exactitud.
3. Que existe una fuerza o algo que hace que las bolitas se muevan
4. Que cuando giran las esferas hay partes que se separan del la bomba, pero que hay regiones que se acercan a la bomba.
5. Que hay dos tipos de carga y que es por esto que la bolita de aluminio se separa y se aleja
6. Que la fuerza con la que es movida aparentemente va a depender de la bolita y de la carga

Las observaciones de los estudiantes al hacer esta actividad hacer ver que si se entiende que existen fuerzas eléctricas y que estas dependen de cómo es que se carga pero que también influye la bolita de aluminio pues lograron determinar una relación del movimiento de las esferitas y el tamaño.

Este experimento no logra determinar efectivamente que los estudiantes se den cuenta de que el campo eléctrico va depender de la carga, y menos que existe un medio que posee una propiedad que hacen que por alguna región pase ese campo con facilidad o no.

Se puede concluir que la experiencia no fue afortunada para que los estudiantes vieran estas cosas.

Secuencia didáctica IV: Ley de Gauss del Campo Magnético

Los comentarios de los estudiantes referente a la practica hecha establece que algunos materiales tienen la propiedad de atraer a otros, por lo que se les llama común mente imanes, como no se pudo realizar la división de los imanes, la discusión la imposibilidad de generar imanes de un solo polo no fue tomada en cuenta. En las charlas que se tuvieron con el grupo algunos manifestaron que si se podían dibujar líneas que salieran de un polo estas mismas líneas entraban al otro polo observación bien importante, pero no fue la generalidad.

Secuencia didáctica V: Inducción electromagnética.

Los experimentos realizados por los estudiantes, evidenciaron que una corriente eléctrica genera un campo magnético, esto se puso en evidencia cuando se realizó la actividad de creación de un campo magnético. Al indagar sobre los datos obtenidos ellos manifestaron que el experimento fue importante pues, aunque no se vea que del

solenoide emita algo, si se siente que existe una fuerza cuando se conecta el solenoide a las pilas, y se acerca a los imanes.

Esta discusión la tuvieron los grupos que, aunque no se muestren las relaciones matemáticas que explican este fenómeno se sabe a hora que esto es cierto.

Con relación a los experimentos previos que realizaron los estudiantes se pudo establecer mediante una charla que:

- a) Los cuerpos están cargados eléctricamente y es una propiedad que hace que estos atraigan o eviten a otros cuerpos.
- b) Los cuerpos cargados producen en el sector donde están ubicados unas variaciones que se conocen como campo eléctrico, en donde se puede representar por medio de líneas, y esto se puede medir estableciendo así una relación entre la distancia y su intensidad, esta importante conclusión se dio cuando se hizo la experiencia de potencial eléctrico, dicha conclusión fue expuesta por un numero importe de grupos.
- c) Los estudiantes manifestaron que algunos materiales eran adecuados para la conducción de la electricidad, pues se dieron cuenta de esto al realizar el experimento de continuidad, esto quedo plasmado en las intervenciones de algunos estudiantes.
- d) Al realizar la actividad del péndulo con imanes se pudo constatar que cuando se mueve un imán cerca de un conductor se genera un campo magnético que se opone al imán y lo hace detener, esto fue lo que se extrajo de las participaciones de algunos estudiantes.

Para esta última secuencia se finalizó elaborando un motor eléctrico de corriente continua actividad que fue bien recibida por los estudiantes ya apropiados de algunos conceptos.

CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN PARA DOCENTES

El siguiente instrumento tiene como objetivo evaluar las metodologías didácticas aplicadas a los estudiantes, a través de la percepción de los docentes de física que usaron la metodología.

1. ¿Qué percepción tiene usted acerca de las didácticas propuestas para comprender las leyes de Maxwell?
2. ¿Qué elementos de clase cree que fueron útiles o importantes para el aprendizaje de las leyes con la propuesta didáctica?
3. ¿Cuál fue la sensación que percibió de los estudiantes con la nueva metodología propuesta?
4. ¿Cree usted que es importante realizar experimentos de bajo costo para comprender las leyes de Maxwell? ¿Por qué?
5. ¿Qué metodologías propone para la enseñanza de estos conceptos?
6. ¿Cree usted que las metodologías de bajo costo pueden usarse para la enseñanza de otros conceptos dentro del área de la física o en las ciencias naturales?
7. ¿Cree usted que la metodología propuesta hace que los estudiantes se sientan motivados a comprender nuevos conceptos?

¿Qué grado de dificultad cree usted que tienen los experimentos realizados propuestos?

A los profesores quienes se les aplicó el anterior cuestionario manifestaron lo siguiente:

- a) Algunas actividades son un poco densas y no son fáciles de llevar a cabo, por ejemplo, el uso del pc es complicado para la visualización de las líneas de campo eléctrico.
- b) Cuando se aplicó la actividad del campo magnético se evidenció un gusto por los estudiantes,
- c) Los profesores afirmaron que son muchas actividades y esto también dificulta el desarrollo del colegio.

En términos generales las actividades propuestas apuntan a la comprensión de temas densos, sin la carga matemática, que en ocasiones hace difícil el entendimiento.

CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN PARA ESTUDIANTES

1. ¿Qué percepción tiene usted acerca de las didácticas propuestas para comprender las leyes de Maxwell? Es decir, se sintió cómodo/a realizándolos?
2. ¿Qué elementos de clase cree que fueron útiles o importantes para el aprendizaje de las leyes con la propuesta didáctica?

3. ¿Cuál fue la sensación que percibió con la nueva metodología propuesta, sintió que era aburrida o sintió que le gustaba?
4. ¿Qué cree usted que puede mejorar en la enseñanza de estos conceptos? Es decir, ¿Qué se pueden usar otros elementos para comprender las leyes de Maxwell?
5. ¿Se sintió usted motivado con los ejercicios propuestos para comprenderlas las leyes de Maxwell?
6. ¿Qué grado de dificultad cree usted que tienen los experimentos realizados propuestos?
7. ¿Le gustaría seguir usando esta metodología de aprendizaje?