



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.
11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

CARACTERIZACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA: UN ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA RECONSTRUCCIÓN DE SABERES.

PHENOMENOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MAGNETIC PERMEABILITY: AN ANALYSIS OF EXPERIMENTAL ACTIVITY IN THE RECONSTRUCTION OF KNOWLEDGE

CARACTERIZAÇÃO FENOMENOLÓGICA DA PERMEABILIDADE MAGNÉTICA: UMA ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL NA RECONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Carlos Andrés Niño Montenegro *

Niño C. (2023). Caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética: un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-18.

Resumen

En la enseñanza de la física se desconocen algunos aspectos fenomenológicos, éstos se encuentran inmersos en problemáticas que originaron conceptos físicos; por ejemplo, en la enseñanza del magnetismo, se trabajan aspectos teóricos acordes a los tiempos y espacios originales, pero no presentan discusiones, reflexiones y experiencias que den origen a la construcción de la magnitud física que relaciona, como la permeabilidad magnética con los efectos magnéticos evidenciados en la actividad experimental y la interpretación de los mismos; esto posibilita que la cualidad física que subyace en la comprensión y de la relación del campo magnético con los elementos matemáticos que permiten su medición. Se establece una relación entre el sujeto y el objeto y el objeto en la organización de las representaciones para expresar sus observaciones. Es aquí que la experiencia se convierte en el inicio a un mundo de conocimiento y de interacción directa con el fenómeno que permite plantear interpretaciones, cualidades y variables, estas ponen en diálogo a aquellos científicos que permitieron hacer parte fundamental de la relación de la permeabilidad con las variaciones magnéticas del espacio físico. Desde las ideas y conceptos de polaridad magnética, líneas de fuerza magnética, medios físicos y materiales se plantea una organización experimental donde se evidencia, aclara y amplía las observaciones y saberes de los sujetos tengan del fenómeno de la permeabilidad; en el proceso de la actividad experimental se proporcionan las cualidades, indicadores e instrumentos de medida; los cambios experimentales de las formas, densidades y direcciones de

* Magister en Docencia de las Ciencias Naturales (UPN), Secretaría de Educación del Distrito (Bogotá D.C.), Colombia, mfct_cnino076@pedagogica.edu.co, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7091-3508>.

los indicadores, logran clasificar y ordenar diferentes materiales, así llegar a construir diversas representaciones para expresar sus observaciones. Además, permite una organización y clasificación de los diferentes medios físicos por su permeabilidad magnética evidenciando y ampliando las experiencias para abordar el campo magnético, es decir, desde una perspectiva fenomenológica de la permeabilidad magnética como un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes, para la enseñanza de los fenómenos físicos mediante la construcción de explicaciones, la clasificación y ordenación desde los efectos observables en el permeabilímetro: ¿Cuáles aspectos fenomenológicos de la actividad experimental, permiten la construcción y comprensión de la magnitud física de la permeabilidad magnética?

Palabras-Clave: Enseñanza y formación; Educación científica; Pedagogía experimental; Instrumentos de medición.

Abstract

In the teaching of physics, some phenomenological aspects are unknown, these are immersed in problems that originated physical concepts; for example, in the teaching of magnetism, theoretical aspects are worked according to the original times and spaces, but do not present discussions, reflections and experiences that give rise to the construction of the physical magnitude that relates, such as magnetic permeability with the magnetic effects evidenced in the experimental activity and the interpretation of the same; This enables the physical quality that underlies the understanding and the relationship of the magnetic field with the mathematical elements that allow its measurement. A relationship is established between the subject and the object and the object in the organization of representations to express its observations. It is here that the experience becomes the beginning of a world of knowledge and direct interaction with the phenomenon that allows to raise interpretations, qualities and variables, these put in dialogue those scientists who allowed to make a fundamental part of the relationship of permeability with the magnetic variations of physical space. From the ideas and concepts of magnetic polarity, lines of magnetic force, physical media and materials, an experimental organization is proposed where the observations and knowledge of the subjects about the phenomenon of permeability are evidenced, clarified and expanded; in the process of the experimental activity, the qualities, indicators and measuring instruments are provided; the experimental changes of the shapes, densities and directions of the indicators, they manage to classify and order different materials, thus getting to build different representations to express their observations. In addition, it allows an organization and classification of the different physical media by their magnetic permeability, evidencing and expanding the experiences to approach the magnetic field, that is, from a phenomenological perspective of magnetic permeability as an analysis of the experimental activity in the reconstruction of knowledge, for the teaching of physical phenomena through the construction of explanations, classification and ordering from the observable effects in the permeabilimeter:

What phenomenological aspects of the experimental activity, allow the construction and understanding of the physical magnitude of magnetic permeability? Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Keywords: Teaching and training; Science education; Experimental pedagogy; Measuring instruments.

Resumo

No ensino da física, alguns aspectos fenomenológicos são desconhecidos, estes estão imersos em problemas que deram origem a conceitos físicos; por exemplo, no ensino do magnetismo, os aspectos teóricos são trabalhados de acordo com os tempos e espaços originais, mas não apresentam discussões, reflexões e experiências que dão origem à construção da magnitude física que se relaciona, tais como a permeabilidade magnética com os efeitos magnéticos evidenciados na actividade experimental e a interpretação da mesma; Isto permite a qualidade física que está subjacente à compreensão e à relação do campo magnético com os elementos matemáticos que permitem a sua medição. É estabelecida uma relação entre o sujeito e o objecto e o objecto na organização das representações para expressar as suas observações. É aqui que a experiência se torna o início de um mundo de conhecimento e interacção directa com o fenómeno que permite suscitar interpretações, qualidades e variáveis, estas colocam em diálogo os cientistas que permitiram fazer parte fundamental da relação da permeabilidade com as variações magnéticas do espaço físico. A partir das ideias e conceitos de polaridade magnética, linhas de força magnética, meios físicos e materiais, é proposta uma organização experimental onde as observações e conhecimentos dos sujeitos sobre o fenómeno da permeabilidade são evidenciados, esclarecidos e ampliados; no processo da actividade experimental, são fornecidas as qualidades, indicadores e instrumentos de medição; as mudanças experimentais nas formas, densidades e direcções dos indicadores, conseguem classificar e ordenar diferentes materiais, conseguindo assim construir diversas representações para expressar as suas observações. Além disso, permite uma organização e classificação dos diferentes meios físicos pela sua permeabilidade magnética, evidenciando e expandindo as experiências para abordar o campo magnético, ou seja, de uma perspectiva fenomenológica da permeabilidade magnética como análise da actividade experimental na reconstrução do conhecimento, para o ensino dos fenómenos físicos através da construção de explicações, classificação e ordenação a partir dos efeitos observáveis no permeabilímetro: ¿Que aspectos fenomenológicos da actividade experimental permitem a construção e compreensão da magnitude física da permeabilidade magnética?

Palavras-chave: Ensino e formação; Educação científica; Pedagogia experimental; Instrumentos de medição.



1. Introducción

En la organización de los fenómenos magnéticos, respecto a la concepción de la permeabilidad magnética que se encuentra en referentes bibliográficos y en el contexto de enseñanza-aprendizaje se visualizan dificultades conceptuales, debido a que se desconocen las rutas explicativas desde un contexto experimental y los ambientes propicios que indujeron a los planteamientos, conflictos, discusiones, reflexiones históricas y epistemológicas que se presentaron en la conceptualización y experimentación sobre la permeabilidad magnética. Conceptualmente se plasma de forma algorítmica, se deja de lado la comprensión y construcción fenomenológica de la permeabilidad magnética, desde la idea de estado magnético. Se considera que es necesario organizar rutas explicativas desde la interpretación y argumentación de los efectos y las interacciones en diferentes medios físicos en presencia de otros cuerpos en diferentes estados magnéticos. Para esto, es conveniente realizar un estudio y una caracterización de los diferentes contextos que emergen; las relaciones entre lo histórico, conceptual y experimental desde sus inicios hasta Faraday y sobre todo sus implicaciones experimentales y didácticas en el contexto pedagógico escolar. En este orden de ideas resulta relevante plantear la siguiente afirmación fundamental:

La perspectiva fenomenológica de la permeabilidad magnética contribuye a la ampliación de las experiencias de los sujetos y a la recontextualización de nuevas concepciones en la enseñanza de las ciencias, desde un análisis histórico-crítico y la construcción de una magnitud física en el aula (Niño, 2021).

2. Marco de referencia

Para comprender los contextos, concepciones, reflexiones y ambientes que condujeron a la construcción y organización de la fenomenología de los comportamientos magnéticos del espacio físico; en especial, la idea de permeabilidad magnética, desde la experiencia de la interacción entre distintos medios magnéticos, surge la necesidad de analizar cuáles fueron los aspectos históricos, conceptuales y teóricos, pero sobre todo la actividad experimental realizada por Michael Faraday en su obra *Experimental Researches in the Electricity* y de otros que contribuyeron a la construcción de las magnitudes magnéticas, lo que permite la interpretación de la experiencia sensorial y de la relación sujeto - objeto, permitiendo así la construcción de nuevas imágenes de la ciencia.

La ampliación de la experiencia de los sujetos se da a través de la observación del fenómeno y necesita primero una organización de prácticas experimentales, que permitan realizar descripciones, interpretaciones y reconstrucciones del fenómeno de permeabilidad magnética, como una magnitud física. Luego, por medio de criterios experimentales permitir la construcción de un instrumento de medida, como lo es el permeabilímetro, y con éste realizar mediciones de los cambios de las acciones magnéticas en diferentes medios físicos, logrando la construcción de explicaciones desde los efectos observados y la recontextualización de saberes en ciencias como un aspecto cultural.

Según Koponen:

En la enseñanza de la física, la experimentalidad es un componente integral para dar el punto de partida de la formación y conceptualización del conocimiento. Sin embargo, la epistemología de los

experimentos no suele abordarse directamente en la literatura educativa y pedagógica. Esto justifica un intento de producir una reconstrucción aceptable del papel epistemológico de los experimentos en física extrayendo conocimientos de la historia y la filosofía de la física. Con ese fin, se discute el papel de los experimentos en la física del siglo XIX. (Koponen, IT y Mantyla, T. 2006, p.31).

Con estas afirmaciones se da un viraje a las investigaciones en la enseñanza de las ciencias, en donde el conocimiento es una reconstrucción de tipo inductivo con la naturaleza y se basa en la epistemología de los experimentos. En el lenguaje, se evidencia si los conocimientos se van transformando mediante la actividad experimental, debido a que, los efectos observados en las prácticas experimentales en el ámbito educativo son interpretados y para este trabajo posibilita la reconstrucción de una concepción de la permeabilidad magnética convirtiéndose en un punto de partida para que los estudiantes se apropien y construyan sus conocimientos desde la actividad experimental.

Por tal motivo, la diversidad de trabajos de la relación experimental y teórica de los fenómenos magnéticos no puede reducirse a la validación de una teoría de permeabilidad magnética algorítmica. Además, por su carácter fenomenológico, debe establecer una nueva concepción de la actividad experimental en el “mundo real”, este entendido como el saber del sujeto y no el mundo externo que lo rodea.

2.1 Aspectos fenomenológicos para la comprensión de los fenómenos magnéticos.

La actividad experimental da una alternativa a las diferentes formas de comprender los fenómenos, pero no como una verdad total, sino, como un proceso dónde se expone como la concepción natural de los fenómenos magnéticos entran en contradicción con las observaciones de los sujetos, de sus efectos experimentales, lo que los encamina a tener una imagen del objeto, es decir, a formarse un significado de la permeabilidad magnética; en los

procesos de enseñanza los educandos también deben realizar estos mismos procesos para recontextualizar sus procesos de enseñanza-aprendizaje para la comprensión de los fenómenos. El objetivo de la fenomenología no es resolver el problema del conocimiento, sino mostrar el camino hasta dicho problema, es decir, un proceso, dejando la idea de la construcción de un instrumento de medida como base para la ampliación de los sentidos y su relación con el experimento. En este sentido, permite establecer cómo percibe el sujeto el objeto en el proceso experimental, teniendo como base sus experiencias sensibles, es decir, no se conoce el objeto en sí, sino como lo vive el sujeto y lo concibe en la experiencia de los sujetos. Es decir, nunca podemos conocer cómo está constituido el mundo magnético en sí, sino desde nuestra conciencia de cómo los cuerpos se atraen.

Se han revisado diferentes posturas sobre la caracterización del fenómeno, las intencionalidades y su proceso experimental, y se han organizado diferentes montajes que, al llevarlos al aula, establecer relaciones fenomenológicas para la construcción de conocimiento; comenzando con el papel que juega la experiencia sensible del estudiante en la construcción de los fenómenos magnéticos. También la generación de ambientes de aprendizaje y la construcción de seminarios de investigación para sistematizar la experiencia en el aula.

Como se observa en la ilustración 1, la actividad experimental busca dar orden para llegar a la construcción de un concepto científico, en este caso, permeabilidad magnética, partiendo desde la experiencia sensible, es decir lo que podemos apreciar y explicar por medio de los sentidos; esta experiencia sensible debe tener tres puntos muy claros, el primero es la intencionalidad de esa observación, es decir que se debe tener un objetivo claro; el segundo paso es el diálogo y reflexiones, aquí se pretende interactuar con la



Ilustración 1. Captura del mapa de la actividad experimental en la enseñanza de la Física.

Fuente: Autoría del docente investigador

teoría, diferentes saberes que aporten a la observación y realizar diferentes reflexiones que apoyen o refuten la observación y por último se encuentra la organización experimental que permite ampliar la experiencia con observaciones más detalladas, mediciones por medio de instrumentos de medida y por medio de situaciones problemáticas con el fenómeno establecer criterios experimentales que permite exponer el análisis conceptual de los cambios que se manifiestan y desde sus saberes recontextualizar lo que concibe como su mundo y expresar los fenómenos magnéticos; desde cuánto es más un medio permeado magnéticamente que otro.

La experiencia sensible, no solamente se limita a la observación, sino que ella es el inicio a una elaboración cognitiva más compleja acerca de la relación pensamiento – lenguaje dentro de un contexto cultural; como lo reafirma Vygotsky (Congo, Bastidas, & Santiesteban, 2018, pág. 155-160.), el lenguaje es una de las funciones representativas y comunicativas del entorno, puesto que no depende exclusivamente del desarrollo cognitivo, sino también de la interacción con el medio.

Que esto ocurra, hace resaltar un aspecto esencial de la observación, y es la intencionalidad que ésta requiere, es necesario decidir qué se quiere buscar o indagar cuando se observa. Si en el caso del imán se quiere indagar sobre qué materiales interactúan

de mejor manera con éste. Entonces, la observación no se fundamenta en descubrir cosas nuevas, surgidas de la nada, sino en seguir un orden conceptual de análisis, guiado por la razón que permita organizar los efectos sensibles y entender la realidad (Malagón, 2011). Aquí, “El lenguaje desempeña un papel importante en la ampliación de la experiencia porque es el que permite comunicar las construcciones conceptuales que en el proceso los sujetos desarrollan”. (Rodríguez, M. L. 2014, p IX). Por ello es importante tener en cuenta los tres momentos que tiene la observación: observar lo que se va a describir (forma de mirar el fenómeno físico); relación entre conocimientos y forma de pensamiento y establecer las condiciones para observar y delimitar los efectos que se quieren analizar en el cual su comportamiento conllevara a constituir una imagen de realidad coherente fundamentada en lo que se percibe. (Bravo. 2012, Pág. 6).

Por lo tanto, el conocimiento científico o la construcción de fenómenos físicos, es entendido por los estudiantes como un mundo externo a ellos, asumiendo que su comprensión es solamente para los científicos y se alejan de este tipo de aprendizajes en ciencias naturales; lo que se pretende con la fenomenología es que los estudiantes partan desde sus saberes y mediante el trabajo colaborativo, ambientes de aprendizaje y el juego de roles en la actividad experimental, evidencien que el conocimiento científico está al alcance de ellos; invitarlos a realizar reflexiones desde su lenguaje cotidiano para relacionarlo con el lenguaje científico y llegar a explicar el mundo magnético haciéndolos conscientes que ellos son los productores de ese conocimiento científico.

2.2. Perspectiva histórica - experimental que orientó la comprensión de la permeabilidad magnética de los medios físicos.

Como se evidenció en el diálogo experimental histórico ilustración 2, el camino de la construcción de la idea de un mundo magnético, donde los cuerpos sufren cambios, Faraday (Siglo XVII) y sus

antecesores querían llegar a la idea de un todo en donde cada parte, de ese todo, es afectado en su configuración, donde los cuerpos dejan de ser cuerpos y ahora son medios en donde se generan las interacciones y surgen cambios espaciales, varia medios y sus efectos cambiaran, por tal motivo las formas de representar el fenómeno se amplía.

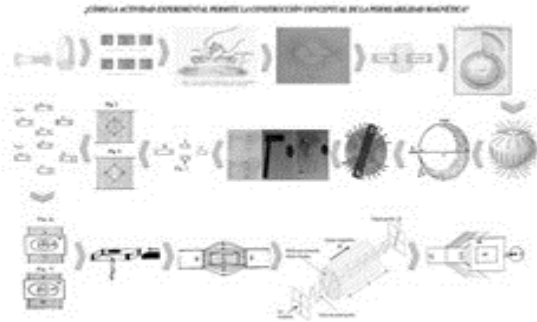


Ilustración 2. Captura de la recontextualización del diálogo experimental.

Fuente: Autoría del docente investigador, recopilación de imágenes.

Los trabajos de Michael Faraday sobre fuerzas magnéticas explican fenómenos sobre la permeabilidad magnética, al igual que autores como William Gilbert. Dan claridad para identificar problemáticas conceptuales y experimentales que se pueden llevar al aula para darle una contextualización a los saberes del comportamiento magnético de los medios físicos. Ilustración 3, desde la idea de cuerpos magnéticos a la interacción de las fuerzas magnéticas, mediante la explicación de los efectos de los fenómenos observados, en un determinado contexto cultural.



Ilustración 3. Captura diagrama de los fundamentos de Faraday.

Fuente: Autoría del docente investigador.

En las prácticas experimentales se ponen en juego las concepciones que se han construido a través de la historia de la ciencia y más específicamente del electromagnetismo; donde se afirma la existencia de un campo magnético; en la bibliografía de ciencias muchas veces se formaliza desde formulación de un algoritmo matemático donde establecen relaciones entre variables, quienes no tienen una referencia de las soluciones de los problemas teórico experimentales que se establecieron para su construcción.

Aquí podremos afirmar que el trabajo que se desarrolló para establecer el concepto de campo se originó desde la interpretación de los efectos de diversas prácticas donde se ponían en juego propiedades magnéticas en interacción con varios medios o por ejemplo la construcción de las ecuaciones de Maxwell, es decir la construcción del concepto de campo magnético se estableció por medio de las practicas experimentales las cuales en la bibliografía se encuentran desarticuladas o no se tiene en cuenta la integración de las diversas concepciones de los efectos magnéticos y eléctricos que se han formulado durante la historia de la física y que no se trata de contradecir otras concepciones fenomenológicas, sino que por lo contrario, es la forma de demostrar que existen diversas rutas de explicación a la interpretación de nuestro mundo (realidades) y su naturaleza (real).

2.3. Construcción fenomenológica de la permeabilidad magnética de los medios físicos

Para la comprensión de los fenómenos se propone repensar el vínculo entre comprensión y percepción, el cual se constituye en un criterio cognitivo y pedagógico, pues lo sensible este cruzado por construcciones y organizaciones teóricas precedentes, o formas lógicas de organizar, y remitir a las comprensiones que se tienen sobre el fenómeno cuando la percepción es intencionada. Esta se modifica debido a que se operan diferentes asociaciones, de ahí que el fenómeno no sea estático (Mach, 1925).

Se dinamiza el estudio histórico-crítico para realizar la caracterización del fenómeno, permitiendo aclarar dudas experimentales, conceptuales y establecer variables magnéticas, que permiten criterios cualitativos para definir una ruta explicativa, diferentes montajes experimentales (ilustración 4) y mediciones que permiten la construcción de la magnitud física de la permeabilidad magnética, generando la caracterización fenomenológicamente y que construyan en los sujetos sus propias rutas explicativas del fenómeno, posibilitando “el conocer” de los fenómenos magnéticos y su idea de permeabilidad.

Desde el análisis de las diferentes actividades experimentales se evidencian algunas afirmaciones de Faraday sobre los criterios para la clasificación de los materiales en el contexto del magnetismo y durante el proceso de este fenómeno de la permeabilidad, se llegó a la elaboración del permeabilímetro como instrumento para la medición y ordenamiento de la permeabilidad magnética, por ejemplo que el hierro es más permeable magnéticamente que el aire y éste

último probablemente tenga la misma permeabilidad magnética del cobre.

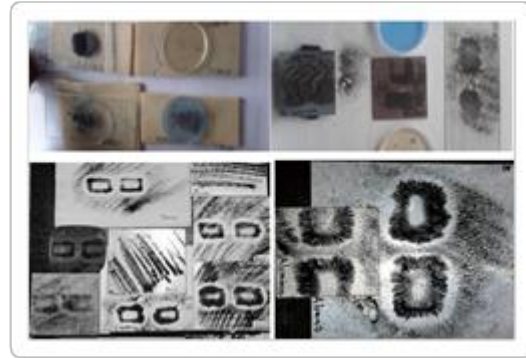


Ilustración 4. Captura de la distribución superficial de los efectos magnéticos de medios físicos; sustancias y materiales.

Fuente: Autoría del docente investigador.

3. La actividad experimental como ambiente de aprendizaje.

Esta fenomenología establece un estudio de caso, el cual se realiza con el análisis histórico-crítico de textos originales, evidenciando y estructurando problemáticas que generan nuevas concepciones del fenómeno y criterios de organización experimental en la enseñanza de las ciencias. Para luego, construir unidades que orientaran la comprensión fenomenológica por medio de conceptualizaciones que permite elaborar problemáticas, permitir la explicación de la permeabilidad como una magnitud física, donde se permite también calificar y caracterizar el papel que desempeña la organización de la experiencia en la enseñanza de los fenómenos magnéticos y el acercamiento por parte de los estudiantes a la idea de permeabilidad magnética.

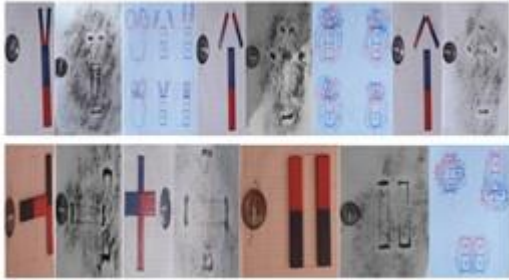


Ilustración 5. Captura de las variaciones geométricas de las representaciones.

Fuente: Autoría del docente investigador.

Teniendo en cuenta la relación del objeto, sujeto e imágenes y las formas que percibe el mundo, es importante establecer una relación directa con los fenómenos magnéticos con sus observaciones de las cualidades del fenómeno, sus posibles variables físicas y representaciones geométricas (Ilustración 5) y las formas de medir cualitativa y cuantitativamente, pero en la búsqueda de una precisión numérica, es importante la instrumentación material y procedimental, para ello se requiere del empirismo (comprensión) y del racionalismo (explicación), esto permite en los sujetos una elaboración cognitiva del fenómeno más complejo acerca de la relación pensamiento–lenguaje dentro de un contexto cultural. Es importante recuperar el concepto de experiencia, puesto que permite la construcción de la imagen de ciencia como actividad sensible que posibilita la organización y elaboración conceptual desde éste; también permite la relación entre las ciencias y otros saberes como se dio en la matemática, con la construcción de magnitudes en el sentido que los procesos de cuantificación y medición hacen parte del mismo desarrollo conceptual de las ciencias en esta actividad, cabe aclarar que los instrumentos no son concebidos únicamente como los registradores de datos, sino como los que permiten estudiar los fenómenos o dar cuenta de los mismos (Ferreirós, 2002), como parte de estudio de este ambiente de aprendizaje.

4. Criterios para la clasificación y ordenación de la permeabilidad magnética.

La conformación del concepto de las líneas de fuerza magnética como parte fundamental en la comprensión de los medios físicos magnéticos, para representar las acciones continuas resultantes de la superposición entre las acciones magnéticas externas y el medio permeado. “Se puede decir entonces que la permeabilidad magnética como una forma de medir y las formas de medida no son externas al fenómeno, sino que más bien son productos de amplios campos fenoménicos, es decir, la permeabilidad magnética es la relación de cualidades espaciales” (Malagón J.F. 2002).

En la ilustración 6 se observa al lado izquierdo, los criterios experimentales que tuvo en cuenta Faraday en cuanto al comportamiento de la limadura de hierro en presencia o ausencia de una fuente de poder magnético, al lado derecho se encuentran los criterios fenomenológicos para identificar las posibles variables resultantes de las actividades experimentales que permite la comprensión de la permeabilidad magnética como una propiedad del espacio, que varía al cambiar el medio; como se observa en la parte superior derecha de la imagen se evidencian tres materiales (hierro, cobre y aire) y el cambio que hay en la concentración de la limadura de hierro en uno de los polos del campo de fuerza magnético.

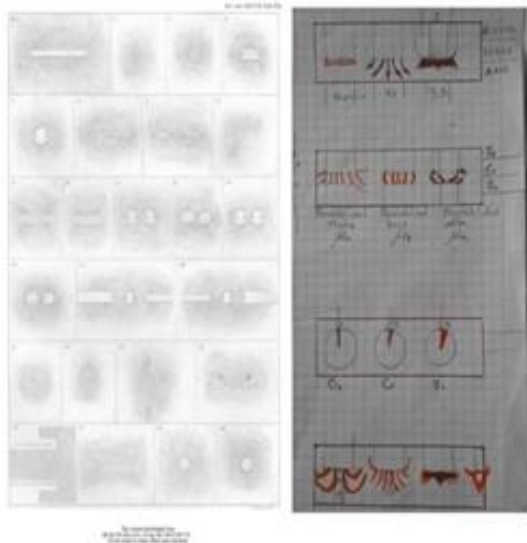


Ilustración 6. Captura de criterios y variables espaciales para la clasificación de la permeabilidad magnética.

Tabla 1 Niveles de permeabilidad 1.

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	COBRE	BAJA	Siendo metales, son materiales que presentan una permeabilidad baja, esto debido a que sus componentes permiten que pase fácilmente las líneas de fuerza magnética.
2	ALUMINIO		
3	BRONCE	ALTA	Estos materiales tienen como característica principal que su permeabilidad es alta, quiere decir que no dejan pasar las líneas de fuerza magnética, porque se distribuyen sobre toda la superficie, pero entre ellos existe una subdivisión que permite identificar sus aplicaciones científicas y tecnológicas como lo son súper alta (hierro), media alta (bronce y acero)
4	ACERO INOXIDABLE	ALTA	
5	HIERRO GALVANIZADO	ALTA	
6	HIERRO FUNDIDO	ALTA	
7	HIERRO OXIDADO	ALTA	

Fuente: Autoría del docente investigador e imagen montajes de Faraday.

En la segunda parte de esta foto, con los mismos materiales, se ve que las direcciones de las concentraciones de la limadura son diferentes, y esta es una de las formas de establecer la permeabilidad baja, media y alta. Una analogía experimental de las dos imágenes es que Faraday,

desde las formas de los efectos y concentraciones, usó materiales con permeabilidad baja como el cobre. En la imagen derecha se utiliza la brújula como un instrumento para identificar los cambios de los grados angulares cuando las líneas de fuerza atraviesan esos tipos de materiales que se comportan como medios físicos magnéticos, entre mayor sea el cambio la permeabilidad es baja, en cambio cuando no se evidencia ningún cambio en la aguja es porque el medio tiene una permeabilidad alta.

En las siguientes tablas 1, 2 y 3, se evidencian los niveles de permeabilidad en diferentes materiales.

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	AIRE	BAJA	Estos materiales tienen como característica principal que su permeabilidad es baja, quiere decir que dejan pasar las líneas de fuerza magnética, pero entre ellos existe una subdivisión que permite que esta permeabilidad pueda ser superbaja (aire), medibaja (plástico) o bajabaja.
2	VIDRIO	BAJA	
3	PLÁSTICO	BAJA	
4	ICOPOR	BAJA	
5	CERÁMICA	BAJA	
6	MADERA	BAJA	

Tabla 2 Niveles de permeabilidad 2.

En esta tabla se observan los niveles de permeabilidad en metales. **Fuente:** Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

En esta tabla se observa el nivel de permeabilidad en materiales cotidianos. **Fuente:** Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

En esta tabla encontramos los niveles de permeabilidad magnética en sustancias. **Fuente:** Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

- Los medios de interacción donde la distribución superficial de la limadura se observa definida, evidenciando la formación de bastantes líneas curvas de fuerza magnética en la limadura, muy cercanas una de la otra y algunas bastantes gruesas, se evidencia un cambio angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Baja).
- Los medios de interacción donde la distribución superficial de la limadura no se observa tan definidas, las líneas curvas de fuerza magnética de la limadura y algunas se presentan bastantes gruesas y otras delgadas, se evidencia un cambio muy diminuto angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Media).
- Los medios de interacción donde la distribución superficial de las limaduras no se observa ninguna curva magnética definida, no se forman líneas curvas de fuerza magnética de la limadura, algunas se presentan bastantes gruesas y no se evidencia cambios angulares en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Alta).

Se presentan tres clasificaciones usadas durante cada experiencia, como se mencionó anteriormente, alta, media, baja y las alteraciones que se generan al cambiar el medio, es decir su estado magnético, esto implica que la permeabilidad tiene una relación directa con:

- Cambios de la cantidad por área de acumulaciones de las limaduras de hierro (material ferromagnético) que se forman en los polos, en cercanía de ellos y en toda la distribución espacial en diferentes medios magnéticos, al ser expuestos ante un imán y en imanes con similar y distinta polaridad.
- Cambios de las formas espaciales de la limadura de hierro en distintos medios, al variar la configuración de los medios en interacción con una fuente magnética y entre imanes en igual o similar polaridad.
- Cambios de las distancias que se genera entre la fuente de poder magnético y las primeras líneas de

fuerza magnética y en las siguientes al variar el

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	AGUA	BAJA	La particularidad del agua esta en la forma del campo y en la dirección que toma la limadura de hierro en cercanías de los polos en el fenómeno de repulsión, debido a que la dirección de las líneas de fuerza magnética resultante no es hacia adentro, sino hacia fuera de la interacción; por esto es considerado un diamagnético con permeabilidad baja.
2	ALCOHOL		
3	ACEITE	MEDIA	Son sustancias que los cambios no son tan visibles, la cetona por ejemplo realiza una descripción de
4	CETONA	MEDIA	

Tabla 3 niveles de permeabilidad.

estado magnético permeado.

- Las direcciones de estas acumulaciones que se generan en las proximidades del imán, y luego con dos o más imanes con igual y/o distinta polaridad, que se observan en los cambios de la brújula en diferentes puntos del espacio y al variar los distintos medios.
- Representaciones geométricas de las superposiciones de las líneas de fuerza de cada uno en su polaridad; se representarán las superposiciones de las líneas de fuerza magnética.
- Cantidad de permeabilidad magnética frente al cambio de la fuerza magnética (distancia entre la fuente de poder y el cuerpo que levita) al cambiar el medio y/o sustancias entre los imanes con similar polaridad, medidas en el permeabilímetro, ya que al poner los imanes con diferente polaridad se observa la fuerza magnética y los obliga a acercarse mutuamente, sin poder observar los cambios entre los imanes al cambiar de medio. En cambio, si su polaridad es la misma los obliga a alejarse y sus cambios pueden ser medibles.

Por estas razones experimentales y conceptuales, se entiende Estado magnético como las distintas interacciones entre los elementos nombrados anteriormente y es aquí donde se toma el aire como el medio base y el punto cero para iniciar la medición, es decir, que se supone que la limadura toma la misma forma del campo magnético, igualmente cuando se analizan las propiedades del medio mediante la descripción de la limadura de hierro, la placa de vidrio se convierte en el punto de

referencia para identificar el tipo de permeabilidad como baja, media o alta, entendidas así:

- Alta: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas no son tan evidentes en los medios y genera un menor



desplazamiento en repulsiones entre los imanes del permeabilímetro.

- Media: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas son moderadamente evidentes en los medios. Conserva la misma medida de repulsión de los imanes frente al punto de referencia.
- Baja: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas se definen con mayor claridad en los medios. No hay distancia entre el medio y la repulsión de los imanes.

En la siguiente tabla 4 se muestra la clasificación cualitativa de la permeabilidad magnética y da las bases experimentales para ampliar la medición.

PERMEABILIDAD MAGNÉTICA PATRÓN	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA ALTA	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA MEDIA	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA BAJA
ACCIONES MAGNÉTICAS EN LA TIERRA Y EN EL AIRE	HIERRO (μ_0) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES: HIR, HD, GALVANIZADO Y ALTAMENTE OXIDADO ACERO INOXIDABLE BRONCE	PLÁSTICO ACETATO MADERA VIDRIO CERÁMICA ESPUMA ACEITE	ALUMINIO COBRE ICOPOR AGUA CETONA

Tabla 4 Clasificación cualitativa de la permeabilidad.

En esta tabla se encuentra la Clasificación cualitativa de la permeabilidad de materiales. **Fuente:** Autoría del docente investigador.

4.1. Proceso instrumental que permitió la ampliación de la experiencia

A continuación, se explica el proceso de la construcción del permeabilímetro magnético:

- Planear, identificar y construir de manera rústica diferentes instrumentos para la medición. Ilustración 7.
- Construcción del Permeabilímetro y medición de los medios magnéticos desde la idea de la variable de permeabilidad magnética de los medios físicos.
 - El primero de ellos, ilustración 8, permite identificar y medir en centímetros la distancia entre dos imanes con igual polaridad,



Ilustración 7. Captura del permeabilímetro lineal magnético. **Fuente:** Autoría del autor.

Ilustración 8. Captura de los prototipos de Permeabilímetros. **Fuente:** Autoría del docente investigador.

interacciones que se dan en el medio físico como es el aire, pero no permite cambiar el medio de interacción entre los imanes, esto no permite evidenciar las variaciones espaciales cuando se cambia el medio de interacción.



Ilustración 10. Captura del permeabilímetro magnético cilíndrico y su mecanismo. **Fuente:** Autoría del docente investigador.



Ilustración 9. Captura del permeabilímetro angular. **Fuente:** Autoría del autor.



- El segundo instrumento, permeabilímetro angular magnético, ilustración 9, permite ahora comparar los cambios espaciales de un imán flotante respecto a otro similar con iguales polaridades con las escalas angulares sobre un plano, en comparación con el primer permeabilímetro, este sí permite el intercambio de los espacio-medios para evidenciar que la variación de los efectos magnéticos angulares depende de la permeabilidad magnética del medio que se interpone entre los dos imanes,

pero el instrumento presenta un inconveniente al tener en cuenta la fricción entre el aire y los movimientos del imán flotante debido que sus análisis pueden confundirse con los efectos de otros tipos de fenómenos.

- Pero, es en el tercer Permeabilímetro que se logra reducir variables, como lograr establecer una comparación con una magnitud escalar como punto de partida de su medida. Ilustración 10.

4.2 El permeabilímetro magnético como instrumento de medida.

Medir es la comparación de la magnitud que se está estudiando con un patrón de medida. Si cada persona tuviera su propio patrón de medida, sólo él comprendería el valor de su resultado y no podría establecer comparaciones, a menos que supiera la equivalencia entre su patrón y el de su vecino. Por esta razón se ha acordado el establecimiento de un patrón y los instrumentos son los mediadores entre las formulaciones teóricas y reales.

Al revisar los tres modelos de permeabilímetro construidos para realizar las diferentes mediciones, se determinó que el tercer artefacto, el permeabilímetro cilíndrico, era el

más preciso para realizar las mediciones de permeabilidad, por este motivo se llevó el modelo para su elaboración en acrílico, el artefacto se compone de dos placas planas con una separación entre ellas de 1cm, en la placa de abajo en el centro hay dos imanes redondos planos de neodimio, en medio de la placa de arriba hay un tubo de 12 cm donde estarán los imanes flotantes; el objetivo del espacio entre las placas es poner los diferentes materiales para determinar la permeabilidad de estos. Como se observa en la ilustración 11.

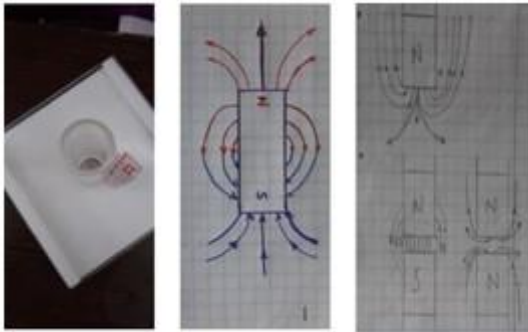


Ilustración 11. Captura del comportamiento de los imanes en el permeabilímetro cilíndrico. **Fuente:** Autoría del docente investigador

Antes de realizar cualquier medición se debe realizar la calibración de los imanes flotantes, en la medida de la permeabilidad magnética que es afectada en el aire en el fenómeno de repulsión 4 cm; después de esto, se inicia la medición con los materiales sólidos, como el hierro, que presentan una permeabilidad alta ya que al estar cerca de un imán se atraer inmediatamente, pero, como sus líneas de fuerza magnética no atraviesa su superficie el imán flotante se atrae inmediatamente a la otra cara de la placa de hierro, por tal motivo se genera el fenómeno de repulsión independiente del fenómeno que se genera al otro extremo, es aquí donde se evidencia que las líneas de fuerza magnética no atraviesan la placa, sino se distribuye sobre la superficie y en un indicador como la limadura de hierro se evidencia las superposiciones de estas líneas con diferentes densidades y direcciones. Luego, con las placas y líquidos con permeabilidad media se observa que en la medida de relación a la métrica cambia reduciendo la distancia entre los imanes, es decir la cantidad de líneas de fuerza magnética no permea el medio en su totalidad y una parte atraviesa la superficie y la otra se distribuye sobre la placa. Ilustración 12.



Ilustración 12. Captura del comportamiento magnético del permeabilímetro cilíndrico. **Fuente:** Autoría del docente investigador.

4.3 Tablas de ordenación de materiales y sustancias desde su permeabilidad magnética.

Después de realizar las mediciones por medio del permeabilímetro, se puede evidenciar como se explica en la ilustración 11 cómo funciona la medición. Si al interponer algún medio la medición supera más de cuatro se toma como permeabilidad baja, si por el contrario al interponer algún medio el imán se atrae al otro y su medición baja se tomará como permeabilidad media y si baja hasta acercarse mucho o pegarse a la placa o líquido la permeabilidad será alta. En la tabla 5, se realiza la clasificación de permeabilidad alta, media y baja de los materiales con los que se realizó la actividad y en la ilustración 13 se representa la siguiente información de manera gráfica:

- Permeabilidad baja: mayor o igual a 4 cm de distancia entre imanes
- Permeabilidad media: de 2 a 3.9 cm de distancia entre imanes
- Permeabilidad alta de 0 a 2 cm de distancia entre imanes.

Tabla 5 Ordenamiento de la permeabilidad magnética

Ordenamiento de la magnitud física de la permeabilidad magnética de los medios físicos				
N	Medio Físico	CANTIDAD	μ	NIVEL
1	Bismuto	6 cm	$\mu > -1$	C O N T R A R I A
2	Agua	6 cm		
3	Cetona	5 cm		
4	Madera Aire Plástico	4 cm	$\mu = 0$	B A J A
5	Icopor	4,5 cm		
6	Aluminio Aceite Cobre	3 cm	$\mu < 1$	M E D I A
7	Hierro: -Fundido -Galvanizado -HR -Oxidado	0 cm	$\mu = 1$	A L T A

En esta tabla se muestra el ordenamiento de la permeabilidad magnética según su medio físico.

La permeabilidad magnética no pretende romper con la idea de una región cerrada de este flujo magnético, sino sus cambios de direcciones y las concentraciones en las polaridades del medio y así identificar cuánto más o cuánto menos es permeable un cuerpo. Es así que se elaboró una clasificación de diferentes cuerpos, desde la

concepción de permeabilidad magnética de sus mediciones:

1. Que dos cuerpos en interacción magnética permean en un tercer cuerpo, siendo el mismo el uno que el otro en los diferentes estados permeados.
2. El estado a mayor permeabilidad magnética aumenta la adición de atracción y repulsión respecto a un tercer cuerpo.
3. Todos los elementos que constituyen el estado suman el estado permeabilizado.

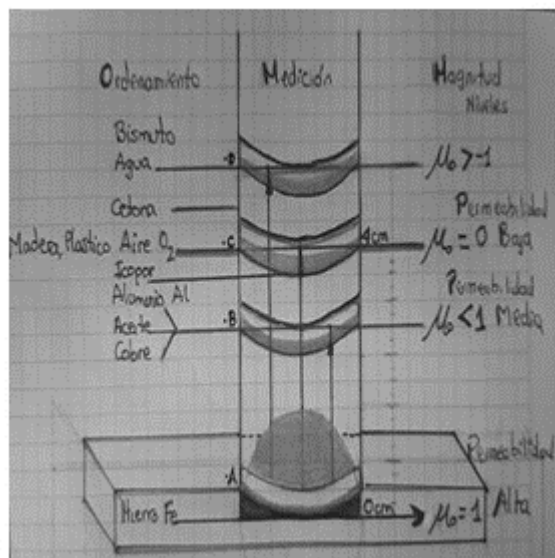


Ilustración 13. Captura del comportamiento de los imanes en el permeabilímetro cilíndrico. Fuente: Autoría del docente investigador.

5. Resultados

Los resultados históricos, teóricos y experimentales que condujeron a la construcción y organización de la fenomenología magnética y en especial la idea de permeabilidad magnética, reconoce los contextos, concepciones, reflexiones y ambientes, pero sobre todo las interpretaciones de la experiencia sensorial de los sujetos con la naturaleza magnética de los medios físicos. El camino de la permeabilidad

magnética se forjó desde la simple y sencilla explicación de qué es una propiedad magnética de un imán, entendiéndose como una constante de proporcionalidad en la construcción del campo electromagnético, visto desde las ecuaciones de Maxwell, donde la permeabilidad surge de relaciones matemáticas, desde esta visión el camino parece ser accesible para realizar la explicación de la naturaleza magnética, pero se dejaría de lado un complejo y maravilloso mundo que se vive día a día; ante esto Faraday, en su búsqueda de explicaciones de los fenómenos magnéticos, plasmó en sus escritos de "Experimental Researches in electricity", que la naturaleza magnética de los cuerpos es variable y supera la primeras sensaciones que se observan con los imanes de atracciones y repulsiones.

Como se mencionó anteriormente, Faraday argumenta que las formas que toma un segundo cuerpo como la limadura de hierro en la cercanía de una fuente magnética, son líneas físicas de fuerzas magnéticas ya que presentan una "... naturaleza, condición, dirección y cantidad de fuerzas ..." (Faraday, 1852) estas primeras ideas consideraban el vacío como el medio, pero teniendo en cuenta las ideas de Gilbert del mundo como un imán gigante, el aire se asemeja al vacío de Faraday, ya que al ubicar la brújula en este medio de aire, permite identificar el campo magnético terrestre con respecto a línea ecuatorial.

Teniendo en cuenta lo planteado en el párrafo anterior, y basándome en el trabajo de Faraday, se evidenció que durante este proceso experimental se logró conceptualizar por medio de esta fenomenología varios indicadores magnéticos que fueron fundamentales en la caracterización magnética del espacio-medio, éstos fueron identificados en el estudio histórico crítico; en primera instancia esta la brújula, que permitió identificar las direcciones finales de las líneas de fuerza al momento de interactuar con cuerpos magnéticos; segundo la limadura de hierro, que se identifica como imanes diminutos, estos evidencian los cambios de la distribución espacial magnética desde su forma y densidad al variar los medios

físicos y los materiales que se interponen entre ellos y las fuerzas magnéticas; por último el permeabilímetro magnético que permitió establecer mediciones de los cambios entre las distancias de los imanes cuando se interponían diferentes cuerpos; un ordenamiento de materiales en los que se presentan mayor permeabilidad, en cuales se presenta poca y en cuales no se presenta, es decir, la distribución de fuerza que presenta en el espacio y la relación directa con el medio físico que permea.

Una de las conclusiones es que por medio del experimento del permeabilímetro se pudo realizar en el aula diferentes diálogos, discusiones, reflexiones, debates y lo más importante la producción de conocimiento científico; este ambiente del aula entendido como la relación que hay entre los hechos o manifestaciones magnéticas y el ámbito en que se hace presente esta realidad, en donde los sujetos (Estudiantes) inicialmente desconocían y no eran conscientes de la interacción del mundo magnético con su cotidianidad, para llegar a esta conciencia se realizaron diversas actividades, sino que además la materia tiene propiedades magnéticas (Gilbert, Faraday, Maxwell).

El permeabilímetro dio una significancia numérica entre las distancias de los imanes con las cualidades magnéticas de las fuerzas físicas magnéticas, que permite que sea un instrumento de medida para el reconocimiento de la teoría que la sustenta, al establecer criterios para la conexión entre la actividad experimental, la percepción y construcción de los fenómenos y las explicaciones que los estudiantes elaboran en la clase de ciencias. Estas alternativas en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones electromagnéticas permiten tanto a los estudiantes como para los docentes en formación comprender y asociar la siguiente fórmula con la actividad realizada en este trabajo.

$$B = \mu H$$

En la búsqueda de la comprensión de las ecuaciones electromagnéticas, donde la permeabilidad

magnética cumple una función fundamental entre las bases conceptuales de la relación fenomenológica entre el magnetismo y la luz, este tipo de investigación permitió recontextualizar mi propio saber sobre éste concepto al ir construyendo el estudio histórico crítico y la importancia del campo como ente que permea el medio de interacción entre diferentes cuerpos (permeables, poco permeables, no permeables).

De lo presentado anteriormente, se puede hacer una síntesis de lo que permite la actividad experimental en la clase de ciencias, de la siguiente manera:

En cuanto a lo conceptual:

- Recrear las condiciones en las cuales se dan las actividades de las comunidades científicas.
- Comprender la diferencia entre la experiencia del campo de la actividad científica y la educación en ciencias.
- Proponer una relación entre la construcción y comprensión de las problemáticas y los fenómenos que se trabajan en el aula de clase.
- Se evidenció en los estudiantes la producción, el análisis y la organización de efectos sensibles, a pesar de las limitaciones instrumentales del aula (laboratorio).
- La determinación de variables y conformación de relaciones entre estas como expresiones de las organizaciones logradas de los efectos percibidos.
- Identificar los aspectos históricos y teóricos que permitieron a la comunidad científica comprender la naturaleza magnética de la materia.
- Idear maneras de relacionar la evaluación a los procesos que desarrollan los estudiantes.

En cuanto a lo experimental:

- Llevar la percepción a la medición.
- Ampliar la experiencia que se tenía de los materiales y sus propiedades magnéticas.
- Permitir la comparación y clasificación de los materiales como los medios físicos.

- Planear, diseñar y construir un instrumento de medida, permeabilímetro magnético.
- Construir una escala de medición que permite un ordenamiento de la magnitud física.

6. Referencias Bibliográficas

Faraday, M., (1852) *Experimental Researches in Electricity*. Recuperado Published by: Royal Society Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/108540>. Twenty-Ninth Series Source: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1852, Vol. 142, pp. 137-159.

Faraday, M. (1852). *Sobre las líneas de fuerza magnética* (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Londres: Royal Institution Poceedings.

Gilbert, W., (1600). *De Magnete*. Por de Colchester. Publicada por la prensa de Dover publications, Inc., New York, 1983.

Malagón S. J. F., Ayala M., M. M., Y Sandoval O., S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y Construcción de magnitudes*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.

Ayala, M. M. (2006). *Los análisis históricos críticos y la recontextualización de saberes científicos*. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-PosiÁies, pp. 19 - 37.

Ayala M., Malagón, F., Sandoval, S., (2011) *Magnitudes, Medición y Fenomenologías*, Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 24, Nº 1, pp. 43-54, Argentina.

Bravo, V. M., (2012) *Introducción al Magnetismo. Una propuesta con enfoque fenomenológico*. Trabajo de grado Licenciatura en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Romero, A. Y Rodríguez, L. D. (2006) *"El concepto Magnitud como fundamento del proceso de medición. La cuantificación de los estados de movimiento y sus cambios"*. En: Revista Educación y Pedagogía, Medellín, Universidad de Antioquia, Vol. XVII, núm. 43, pp.127-140.

Niño C. (2023). Caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética: un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes.

Rodríguez, M. L. (2014). *Construcción de fenomenología, experimento y actividad del sujeto: el caso del magnetismo*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/299>.