UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
LICENCIATURA EN FÍSICA

El abordaje fenomenológico en el proceso de matematización de la física para la enseñanza

Kevin Felipe Paramero Arias

Proyecto de trabajo de grado, realizado en la modalidad de investigación, Investigación - Creación, innovación para optar al título de Licenciado en física. Dirigido por la Dra. Olga Lucía Castiblanco Abril.

Bogotá, febrero de 2024

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a todas las personas que han luchado para que la universidad pública siga con vida, agradezco también a mi familia por ser un apoyo fundamental en mi formación académica y una fuente constante de inspiración. Quiero agradecer también a Paula por su amor y compañía incondicional y por varios debates académicos que me llevaron a replantear varias de las ideas acá presentadas.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a todos mis profesores protagonistas en mi formación académica, en especial a mi directora de grado Olga Castiblanco, por enseñarme una perspectiva diferente para sumergirme en este mundo académico y guiarme en la investigación de la enseñanza de la física.

Soy lo que soy gracias a la formación que cada uno de mis profesores me brindaron.

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Experimento para abordar el fenómeno de reflexión 29

Ilustración 2. Experimento para abordar el fenómeno de refracción de la luz 30

Ilustración 3. Primer montaje para abordar el fenómeno de presión atmosférica 31

Ilustración 4. Segundo montaje para abordar el fenómeno de presión atmosférica 31

Ilustración 5. Esquema realizado en la tercera etapa del abordaje de presión atmosférica .. 42

Ilustración 6. Representación gráfica en torno a la reflexión de la luz 49

Ilustración 7. Representación gráfica en torno a la existencia de aire dentro de la botella .. 51

Ilustración 8. Representación gráfica en torno al fenómeno de refracción de la luz..... 54

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. JUSTIFICACIÓN 2

3. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA 3

4. ANTECEDENTES 4

5. OBJETIVOS 10

5.1. Objetivo general 10

5.2. Objetivos específicos 10

6. MARCO DE REFERENCIA 11

6.1. Perspectiva dimensional de la didáctica de la física 11

6.1.1. Dimensión disciplinar 12

6.1.2. Dimensión sociocultural 13

6.1.3. Dimensión interaccional 14

6.2. Tipologías de experimentación 15

6.2.1. Experimento discrepante 17

6.3. Proceso de matematización de la física para la enseñanza 17

6.4. Enseñanza a través del abordaje fenomenológico 20

7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 21

7.1. Perspectiva de investigación 22

7.2. Estrategia de abordaje al campo 23

7.3. Instrumento de toma de datos 25

7.3.1. Primera etapa de la investigación 25

7.3.2. Segunda etapa 28

7.4. Técnicas de Análisis de datos. 33

8. RESULTADOS 34

8.1. Tratamientos alternativos del contenido por parte del docente 35

8.2. Interacción docente - estudiante 37

8.3. Interacción entre pares y preguntas que se formulan los estudiantes 39

8.4. Interés y esfuerzo por parte de los estudiantes 44

8.5. Tipo y calidad de participación de los estudiantes 47

8.6. Identificación de variables que caracterizan el fenómeno 52

9. CONCLUSIONES 55

REFERENCIAS 58

ANEXOS **59**

RESUMEN

La matematización de la física para la enseñanza es un campo de investigación propio de la didáctica de la física, el cual, desde el referencial que fundamenta este trabajo, se puede desarrollar en tres etapas, articulando la perspectiva dimensional de la didáctica de la física en cada una de estas etapas. La etapa inicial se denomina como el abordaje fenomenológico, al indagar por antecedentes en este tipo de caracterización se encuentra que son prácticamente nulos, es por ello que se quiere profundizar en este proceso tratando de caracterizar en qué consistiría el abordaje fenomenológico en el aula de clase de física. Para poder cumplir con el propósito de la investigación se plantea una investigación-acción de tipo intervención que se estructura en dos etapas, una de observación con un fin de desarrollar una primera aproximación al tipo de actividades que convendría para estudiar el proceso de abordaje fenomenológico y una etapa de intervención en el aula, en donde se desarrolla un proceso que nos permite tomar datos con el fin de plantear las características.-Con base en lo anterior, la intervención se hizo poniendo en práctica una de las tipologías de experimentación la cual propicia el ambiente adecuado para el análisis y la reflexión sobre la ocurrencia de un fenómeno. Los estudiantes logran relacionar la experimentación con un fenómeno en particular y a partir de una estimulación propia de alguna tipología de experimentación se logra que los estudiantes conciban la existencia del fenómeno físico y las posibilidades de estudiarlo. Las principales características identificadas fueron el entender el fenómeno como único y universal, el comprender qué variables influyen y qué relaciones existen entre estas variables, desarrollando en torno a esta explicación todo un lenguaje técnico y coherente capaz de describir el comportamiento del fenómeno físico.

Palabras clave: Matematización de la física. Didáctica de la física. Abordaje fenomenológico.

ABSTRACT

The mathematization of physics for teaching is a field of research specific to the didactics of physics, which, from the framework that underpins this work, can be developed in three stages, articulating the dimensional perspective of the didactics of physics in each of these stages. The initial stage is called the phenomenological approach; when investigating precedents in this type of characterization, it is found that they are practically nonexistent, which is why we want to delve into this process, trying to characterize what the phenomenological approach would consist of in the physics classroom. In order to fulfill the research purpose, an intervention-type action research is proposed, which is structured in two stages: an observation stage aimed at developing a first approach to the type of activities that would be appropriate for studying the phenomenological approach process, and a classroom intervention stage, where a process is developed that allows us to collect data in order to propose the characteristics. Based on the above, the intervention was carried out by implementing one of the experimentation typologies which provides the appropriate environment for analysis and reflection on the occurrence of a phenomenon. Students manage to relate experimentation to a particular phenomenon, and from a stimulation inherent to a certain typology of experimentation, students come to conceive the existence of the physical phenomenon and the possibilities of studying it. The main identified characteristics were understanding the phenomenon as unique and universal, comprehending which variables

influence it and what relationships exist between these variables, developing around this explanation a whole technical and coherent language capable of describing the behavior of the physical phenomenon.

Keywords: Physics mathematization. Physics didactics. Phenomenological approach.

RESUMO

A matematização da física para o ensino é um campo de pesquisa próprio da didática da física, o qual, a partir do referencial que fundamenta este trabalho, pode ser desenvolvido em três etapas, articulando a perspectiva dimensional da didática da física em cada uma dessas etapas. A etapa inicial é chamada de abordagem fenomenológica; ao investigar precedentes nesse tipo de caracterização, constata-se que são praticamente inexistentes, razão pela qual desejamos aprofundar esse processo, tentando caracterizar em que consistiria a abordagem fenomenológica na sala de aula de física. Para cumprir o propósito da pesquisa, propõe-se uma pesquisa-ação do tipo intervenção, que se estrutura em duas etapas: uma etapa de observação destinada a desenvolver uma primeira abordagem ao tipo de atividades que seriam apropriadas para estudar o processo de abordagem fenomenológica, e uma etapa de intervenção em sala de aula, onde é desenvolvido um processo que nos permite coletar dados para propor as características. Com base no exposto, a intervenção foi realizada implementando uma das tipologias de experimentação, que proporciona o ambiente apropriado para análise e reflexão sobre a ocorrência de um fenômeno. Os alunos conseguem relacionar a experimentação a um fenômeno específico e, a partir de uma estimulação

inerente a uma determinada tipologia de experimentação, os alunos passam a conceber a existência do fenômeno físico e as possibilidades de estudá-lo. As principais características identificadas foram entender o fenômeno como único e universal, compreender quais variáveis o influenciam e quais relações existem entre essas variáveis, desenvolvendo em torno dessa explicação uma linguagem técnica e coerente capaz de descrever o comportamento do fenômeno físico.

Palavras-chave: Matematização da física. Didática da física. Abordagem fenomenológico

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de matematización de la física para la enseñanza que se defiende en este trabajo, nace como una alternativa para contrarrestar la educación tradicional. Tiene la intencionalidad de lograr que los estudiantes construyan un lenguaje que se asocie desde sus esquemas mentales hasta la representación y explicación de los fenómenos físicos. Esta matematización se logra a partir de un proceso con tres etapas específicas, como primera etapa un proceso de abordaje al fenómeno en donde se debe interactuar directamente con el mismo, posterior a ello, una etapa de observación sistemática en donde se busca asociar las variables físicas presentes logrando así la creación de un modelo capaz de describir de manera general dicho fenómeno. Con base a lo anterior y a partir de las ideas de Paramero (2023), el punto de partida y la base fundamental en este proceso de matematización para la construcción del pensamiento es el abordaje fenomenológico, de este depende el nivel de acercamiento que el estudiante puede tener con el fenómeno físico que se estudiará.

Desde la perspectiva dimensional de la didáctica de la física que plantea Castiblanco & Nardi (2023) es importante concebir el aula de clase como un ambiente multicultural en donde los estudiantes traen consigo costumbres, creencias e intereses distintos, con ello se busca la manera de interactuar en este ambiente para crear escenarios de aprendizaje incluyentes y pertinentes para cada caso, estos escenarios deben propiciar un ambiente en donde el estudiante pueda conectar multisensorialmente con el fenómeno para así alcanzar una adecuada abstracción, es decir que, el tipo de actividades, el lenguaje que se utiliza, el

enfoque que se le da, el nivel de reflexión, depende del contexto educativo en el que se quiera trabajar.

Partiendo desde esta perspectiva se quiere identificar las características que posee el abordaje fenomenológico en un proceso de matematización de la física para la enseñanza.

2. JUSTIFICACIÓN

La implementación de esta línea de investigación en el aula de clase es algo que solo puede hacer un profesional de la enseñanza de la física, debido a que requiere de ciertos conocimientos para poder desarrollar una caracterización de la población, que logre definir el tipo de actividades que convienen de acuerdo al fenómeno en estudio y a la población con la cual se trabaja.

En la teorización de los procesos de matematización de la física para la enseñanza se parte con el abordaje fenomenológico, es en este proceso donde el estudiante tiene el primer acercamiento al fenómeno, a partir de dicho acercamiento se crea la necesidad de organizar un lenguaje que resulte pertinente para los estudiantes, para así lograr que ellos aprendan a caracterizar el fenómeno y sus posibilidades de ocurrencia, además, que aprendan a tomar distancia de lo que se observa a simple vista y lo que se podría observar con nuevas intencionalidades y de forma sistemática. Con este trabajo se pretende aportar a la comprensión de lo que sería, en un proceso de matematización de la física para la enseñanza, abordar el fenómeno físico, es decir, que el profesor de física pueda identificar algunos indicios de que esta etapa ya surgió para así poder avanzar a la siguiente etapa de matematización la cual corresponde a la observación del sistema físico.

3. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

Comúnmente la clase de física se convierte en una extensión aplicativa de las diferentes ramas de la matemática y su enseñanza se basa en el entendimiento y manejo de expresiones que resuelven modelos ideales de la física. El docente, como profesional de la enseñanza de la física, olvida que la expresión matemática en sí es el resumen de todo el conocimiento que conlleva la descripción de un fenómeno físico, es decir, la ecuación se debe entender como una economía del conocimiento siendo esta el resultado de la teorización y modelación de una realidad natural. Partiendo de esta idea, es apropiado enseñar la física a partir de razonamientos que permitan la construcción no solo de una ecuación, sino de un conocimiento científico dotado de lenguaje técnico capaz de dar explicación tanto cualitativa como cuantitativamente a un determinado fenómeno físico.

Con base en el proceso de matematización de la física para la enseñanza el estudiante debe interactuar de manera directa con el fenómeno, esto con el fin de crear cuestiones e intereses en sí mismos para comenzar con la construcción de los sentidos y significados en torno a un concepto físico. Es por ello que según Paramero (2023), se puede ver el abordaje fenomenológico como un primer paso fundamental para el desarrollo del pensamiento científico.

Se puede relacionar analógicamente el proceso de matematización para la enseñanza de la física con el desarrollo de la comunicación del ser humano. En primera instancia, la comunicación nace de la necesidad de expresar una idea, la comunicación de dicha idea es el producto de una construcción lógica y cultural creada por su entorno de desarrollo, pero en

sí, todo esto hace parte de la idea fundante de dar explicación o expresar algo que el sujeto cuestiona o que quiere dar a entender.

El papel del abordaje fenomenológico en el proceso de matematización para la enseñanza de la física es el de despertar esa necesidad de comunicación, es el de promover ideas creando cuestiones que necesiten de un cierto razonamiento para ser resueltas, desarrollando de esta manera, una relación entre los esquemas mentales de los estudiantes con la realidad física.

Con base en lo anterior es que se necesita profundizar en la comprensión de qué tipo de discurso debe desarrollar el profesor de física para propiciar un ambiente que facilite el abordaje fenomenológico, esto implica que el docente deba tener criterios para la decisión acerca del tipo de actividades, el enfoque que a estas se les da, el tipo de evaluación pertinente y el avance que el estudiante pueda ir teniendo en la construcción de sentidos y significados en torno a un fenómeno físico en estudio.

4. ANTECEDENTES

Se hizo una búsqueda sistemática en el evento académico *Congreso Nacional de la Enseñanza de la física* el cual se realizó en la Amazonía en el año 2020 con las palabras clave: abordaje fenomenológico, matematización de la física, enseñanza desde la aproximación fenomenológica. En este evento académico se encontraron cero resultados.

Como otra alternativa se hizo una búsqueda sistemática en revistas enfocadas en el campo de la investigación en enseñanza de la ciencia como lo es la revista *Góndola, Enseñanza y aprendizaje de la ciencia*, la revista *Tecné, Episteme y Didaxis TED* y *La Revista Colombiana de Física*, con las mismas palabras clave, se encontró la siguiente información:

SIGNIFICADOS DE MATEMATIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA PRESENTES EN LIBROS DIDÁCTICOS DE FÍSICA UNIVERSITARIA Artículo, revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED Vizcaino Arévalo Diego Fabian, 2016
En este trabajo se realizó un análisis textual de algunos libros de física universitaria buscando la relación entre física y matemática que allí se plantean, el objetivo era encontrar algunas características y parámetros que permitieran llegar a la propuesta de cómo se enfoca la matematización de la física en estos textos. Se pudo encontrar un patrón común en los libros y es el poco campo que dan para la interpretación fenomenológica propia de los estudiantes, a pesar de querer relacionar varios temas con la cotidianidad, resultan ser casos muy idealizados lo cual resulta en muchos aspectos ser más complejo al requerir mayor abstracción y formalismos matemáticos. Otro aspecto a destacar es el uso de la historia de la física en algunos textos como una contextualización del fenómeno y en otros su uso es prácticamente nulo. Además de esto, suele ser recurrente el uso de textos en el aula, sin embargo, tiende a ser una guía práctica de paso a paso, cuando lo ideal es que sea un referente de las ideas desarrolladas por la ciencia. Esta investigación fue dirigida para la contribución de la enseñanza y aprendizaje de la física para formación inicial de profesores.

Los libros de texto guía para la enseñanza de la física según Vizcaino (2016) son un instructivo el cual ha delimitado la enseñanza hasta el punto de manejar por completo el discurso del docente, recayendo de esta manera en la enseñanza tradicional, donde por medio de la retórica el profesor llena de información a sus estudiantes sin darles la oportunidad directa de interacción con el fenómeno, es por eso, que los estudiantes no desarrollan conocimiento sino que simplemente son receptores de información, información que muchas veces no es muy bien procesada.

En busca de más información se decidió buscar en repositorios de diferentes universidades a nivel nacional como los son; la *Universidad Pedagógica Nacional*, la *Universidad Nacional de Colombia*, la *Universidad Distrital Francisco José de Caldas* y la *Universidad del Valle*, universidades que investigan en la enseñanza de la ciencia. En el repositorio *RIUD* de la *Universidad Distrital Francisco José de Caldas* haciendo uso de las mismas palabras clave se encontró información importante la cual se documentará a continuación:

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y LÓGICO MATEMÁTICO Trabajo de grado, RIUD Universidad Distrital Francisco José de Caldas Mora Moreno Camilo Alfredo, 2019
Se busca desarrollar nuevas metodologías de enseñanza enfocadas completamente en el desarrollo del pensamiento científico por medio de un proyecto educativo donde se involucren la participación tanto de estudiantes como profesores para así poder caracterizar su forma de pensamiento, tanto científico como lógico-matemático. A partir de diferentes sesiones y actividades guiadas se realizó una capacitación a los profesores en torno a lo que en el trabajo llaman: "una educación actual", a su vez, desarrollaron diferentes actividades con los estudiantes para medir sus capacidades matemáticas y lógicas obteniendo resultados contraintuitivos para los mismos profesores, quienes en su mayoría estaban inconformes con el proyecto puesto que no veían problema en la educación tradicional. Sin embargo, el desarrollo de las diferentes actividades fomentó un desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza saliéndose de la clase magistral. Los resultados en las diferentes sesiones fueron los que propiciaron este cambio de perspectiva por parte de los docentes, puesto que los estudiantes trabajaban de forma creativa en algunos casos y en otros de forma colectiva para construcción de conocimiento, escenarios que poco se ven en las clases tradicionales de ciencias naturales

Con base en el trabajo de Mora (2019) la enseñanza tradicional hoy día es tan común que pasa desapercibida, muchos docentes la ven como la mejor y única forma de enseñanza y se limitan a intentar nuevas metodologías, pero no es que este tipo de enseñanza sea eficaz, por

el contrario, es perversa, solo favorece a la comodidad de los docentes, es por ello que, se convierte en una necesidad implementar nuevas metodologías de enseñanza en donde la atención principal la tenga el estudiante, desde su contexto hasta la forma de pensar del mismo.

ENSEÑANZA DE LA FÍSICA BASADA EN EL FENÓMENO DEL RAYO ELÉCTRICO Artículo, revista Científica CIDC Porras González Yina Marcela, 2019
Este trabajo es una intervención en un colegio de grado undécimo en la ciudad de Bogotá, el objetivo es analizar el discurso de los estudiantes en torno al fenómeno del Rayo eléctrico por medio de una secuencia de actividades fundamentadas en la enseñanza basada en fenómenos. El trabajo se realizó en dos partes, la primera parte consistió en analizar de qué forma abordan el fenómeno del rayo eléctrico los diferentes libros de texto tradicionales. Se encontró que se utiliza en su mayoría como una mención y en algunos casos como ejercicio práctico, poco se abordan los fenómenos cotidianos como una perspectiva pedagógica por parte de las editoriales. Para la segunda parte, se realizaron diferentes actividades relacionadas con las concepciones acerca del fenómeno del rayo eléctrico, se realizaron esquemas, debates, explicaciones y retroalimentaciones necesarias entre estudiantes y el docente para llevar a cabo esta actividad. Resulta interesante ver como el análisis fenomenológico desde cada perspectiva complementa entre los estudiantes las propias nociones. Los estudiantes a pesar de estar lejos de dar una explicación completamente "científica" del fenómeno, abordan temas diferentes y conocimientos variados de física durante el proceso, lo cual permite ir introduciendo temas de interés, sin embargo, cabe destacar el nivel de manejo de la clase del docente en este tipo de enseñanza donde toma el rol de ayudar a tejer las explicaciones parcialmente construidas.

Según Porras (2019) el recurrir a textos tradicionales para iniciar la enseñanza de un concepto es sumamente peligroso. Dar una idea sin tejer un contexto y además resumir todo este

concepto a un algoritmo matemático hace parte de la enseñanza tradicional, pero, con esta investigación cabe resaltar que, aunque eso se hizo en una primera instancia, después, al relacionar el fenómeno con el estudiante se tuvo mayor interés y una construcción del concepto desde la perspectiva de cada uno de los estudiantes. En este trance el estudiante no está memorizando información si no que por el contrario está produciendo conocimiento y esto no solo ayuda a la comprensión del concepto, sino que también al desarrollo general de su pensamiento.

DISCURSO SOBRE MATEMATIZACIÓN DE LA FÍSICA EN ESTUDIANTES DE DIDÁCTICA DE LA FÍSICA: ESTUDIO DE CASO Trabajo de grado, RIUD Universidad Distrital Francisco José de Caldas Pérez Cubillos Wilmer Ferney, 2019
Este trabajo se enfoca en identificar la presencia de las ideas de matematización de la física en estudiantes de licenciatura en física de la Universidad Distrital, donde se realizó una investigación cualitativa no participante para analizar el discurso de los estudiantes llegando a identificar tres tipos de matematización, haciendo énfasis en la matematización por medio de abordajes fenomenológicos que luego tratan de sintetizar en un modelo matemático. Una de las conclusiones a las que se llega es que solo una ecuación no es suficiente para poder describir todo lo relacionado al fenómeno que quieren explicar, sin embargo para llegar a estas descripciones se realiza todo un proceso de análisis histórico, filosófico y epistemológico del fenómeno. El entender la matematización de diferentes ámbitos permite ampliar el uso de metodologías no tradicionales en la enseñanza de la física construyendo un discurso científico en los estudiantes por medio de la reflexión y el debate.

Como conclusión del trabajo de Pérez (2019) ver el proceso de matematización de la física en estos tres aspectos dependientes entre sí es una manera estructurada de alcanzar una buena metodología de enseñanza, entre la dependencia de cada uno de los aspectos existe uno

fundamental el cual es el abordaje fenomenológico, es allí donde en verdad el estudiante empieza a interactuar con la realidad tratando de dar una explicación a la misma por medio de sus razonamientos, razonamientos los cuales deben ser dirigidos más no impuestos por el docente, en esta parte se llega al conocimiento, a entender la composición del fenómeno y ya con este entendimiento se procede a elaborar un modelo el cual se pueda generalizar. El proceso de construir un modelo matemático es consecuencia de la abstracción de la realidad, es decir, de entenderla fenomenológicamente.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Caracterizar el modo como ocurrió un proceso de abordaje fenomenológico en una experiencia de Enseñanza de la Física.

5.2. Objetivos específicos

5.2.1. Identificar los aspectos que permiten proponer el abordaje fenomenológico como fase inicial en un proceso de matematización.

5.2.2. Analizar el discurso de los estudiantes cuando relacionan aspectos de su existencia con la caracterización del fenómeno físico.

6. MARCO DE REFERENCIA

Este trabajo de investigación surge de la necesidad de teorizar acerca de lo que es el abordaje fenomenológico en el proceso de matematización de la física para la enseñanza, pero dicho proceso de matematización es fruto de una corriente de pensamiento específica la cual es la perspectiva dimensional de la didáctica de la física, por ello se inicia detallando un poco en qué consiste esta manera de entender la formación para la Enseñanza de la Física.

6.1. Perspectiva dimensional de la didáctica de la física

La perspectiva dimensional de la didáctica de la física propuesta por Castiblanco & Nardi (2023) da pautas para el desarrollo del discurso científico del profesor cuando interactúa con sus estudiantes, asumiendo que este discurso no solamente está compuesto por conceptos de las ciencias naturales, sino también de las ciencias sociales y humanas. Esta propuesta dimensional nace como consecuencia de problemas en la formación del profesorado de Física que suele carecer de interdisciplinariedad, y en general, de un discurso que integre los diversos saberes del profesor para desarrollar una puesta en escena en el aula. En general, la formación de profesores carece de comprensiones acerca de cómo el docente puede modificar su discurso en torno a los aspectos disciplinares, sociales e interaccionales en el aula.

Muchos de los docentes en ejercicio no cuentan con buen manejo acerca de lo que pretenden enseñar, es decir, no tienen solidez acerca de lo que saben debido a que no reflexionan sobre sus propios conocimientos disciplinares. Por otra parte, existen docentes que tienen un excelente manejo del contenido, pero a la hora de estructurar una

clase no tienen en cuenta las particularidades de su grupo, simplemente se enfocan con replicar una idea.

Se entiende entonces que estos problemas de enseñanza en el aula deben ser atacados desde la formación inicial de profesores, para ello, se plantea una metodología basada en tres dimensiones interdependientes entre sí, las cuales tienen como fin preparar al docente en formación para brindar un tipo de enseñanza crítica, reflexiva, inclusiva y equitativa en donde éste no se limita como educador retórico, por el contrario, hace de su ejercicio docente un trabajo de investigación constante y permanente que ayuda a entender el contexto de sus estudiantes, las maneras de aprendizaje de los mismos para innovar su puesta en escena en el aula de clase.

La perspectiva dimensional de la didáctica de la física va más allá de una serie de instrucciones o teorías que dan instrucciones sobre cómo enseñar, esta perspectiva involucra el profesionalismo del maestro en formación creando en sí una identidad propia de educador. Con base al desarrollo de la identidad docente se busca crear en el mismo una forma de pensar adecuada en donde el papel principal a la hora de enseñar no sea el contenido de la física sino la formación integral de sujetos que contribuyan al bienestar de una sociedad por medio del aprendizaje de la física. (Castiblanco & Nardi, 2023).

6.1.1. Dimensión disciplinar

El ser docente tiene como misión contribuir al crecimiento de las personas, por medio del desarrollo de diversas habilidades de pensamiento, para lo cual el contenido y las metodologías de la física son apropiadas. Para poder garantizar el aprendizaje en el aula de clase el docente debe tener un pensamiento crítico acerca de lo que sabe y

cómo lo sabe, estructurando su conocimiento disciplinar desde la filosofía, epistemología e historia de la física. Esta dimensión del pensamiento didáctico, debe ser desarrollada en el docente con el fin de que reconozca la verdadera comprensión que tiene sobre los contenidos de la física y las posibilidades de acción en el aula que ello le ofrece. Desde las ideas de Castiblanco & Vizcaíno (2018), se debe estimular la reflexión en el docente para crear un reconocimiento en sí mismo que le permita desde una perspectiva metacognitiva, reevaluar los conocimientos de los contenidos de la física. El docente en ejercicio debe tener la capacidad y conciencia para auto juzgarse creando así un proceso de autocrítica el cual permita crear solidez en su conocimiento, además, este debe reconocer que su conocimiento no se basa simplemente en una recopilación de información que han desarrollado pensadores anteriores, por el contrario, debe estructurar su pensamiento como un pensamiento científico propio, es decir, que el docente debe aprender a construir su propio discurso sobre la física, para poder ponerlo en contexto.

6.1.2. Dimensión sociocultural

Cuando el docente interviene en el aula de clase debe tener conciencia acerca de que interactúa con sujetos inmersos en una sociedad, los cuales llevan consigo diversidad de arraigos culturales y formas de actuar, así como diversidades en sus formas y condiciones de aprendizaje. Para garantizar el aprendizaje en el aula se debe entonces trabajar con cada una de esas diversidades para lograr una movilización de las formas de pensar de los estudiantes, una evolución o una transformación en el estudiante ya que es con base a la diversidad que cada estudiante construye su saber.

Según lo investigado por Castiblanco & Nardi (2016) la dimensión sociocultural forma al docente para poder reflexionar acerca de su entorno educativo obteniendo capacidad de abstracción de este para llegar a determinar de qué manera se adecua la enseñanza y así caracterizar los factores que ayudan a potenciar el aprendizaje de la física en su entorno. Si bien es cierto, el contenido de la física es universal, la manera de enseñar ese contenido debe organizarse y adecuarse en función de las necesidades que se presentan en cada aula de clase, es por ello que el docente, debe tener formación en campos como la lingüística, la psicología cognitiva, la sociología, la antropología, la pedagogía, la educación y la comunicación.

6.1.3. Dimensión interaccional

La interacción en el aula es la que determina el accionar concreto del docente, puesto a que promueve la construcción de nuevos criterios para la creación y uso de recursos de apoyo en el aula, que vengan a fortalecer procesos de desarrollo de pensamiento, por ejemplo en torno a la matematización de la física, esto debido a que es producto de la reflexión disciplinar y la caracterización sociocultural. La educación tradicional forma a los estudiantes como sujetos pasivos que tratan de recibir información, en esta perspectiva, los estudiantes deben tener el protagonismo en el aula ya que son ellos quienes deben construir su conocimiento a partir de la puesta en escena del profesor. Para lograr el protagonismo de los estudiantes el docente debe ser educado con el fin de crear escenarios óptimos que se adapten a cada contexto y necesidad que se pueda presentar, es por ello que, desde esta perspectiva, la enseñanza

no es metódica debido a que el docente debe estar preparado para interactuar de diversas maneras y con diferentes propósitos con sus estudiantes.

La dimensión interaccional desde las ideas de Castiblanco (2017), prepara al educador para reflexionar e innovar acerca de sus métodos de interacción en el aula, además, pretende enseñar a sus estudiantes la interacción directa con su entorno educativo entendiendo el proceso de enseñanza no solamente desde una interacción maestro-alumno sino como una construcción colectiva de conocimientos entre iguales. Es importante que el docente sea consciente de la cantidad de recursos que puede usar en el momento que se debe usar y de ser necesario innovar en recursos educativos con el fin de enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje. Como parte de la formación en la dimensión interaccional se plantea un conjunto de tipologías de experimentación, tipologías de literatura y tipologías de tecnologías de la información y la comunicación, que debido a sus características tienen la capacidad de fortalecer el proceso de matematización de la física en el aula, el cual parte de acercar al estudiante al reconocimiento de la existencia del fenómeno físico, luego educarlo para la observación y finalmente que aprenda a desarrollar modelos explicativos en torno a las ocurrencias del fenómeno.

6.2. Tipologías de experimentación

La caracterización de estas tipologías de experimentación desde la perspectiva de Castiblanco & Vizcaíno (2023a) tienen como fin reconocer la potencialidad de la experimentación en el proceso de aprendizaje disciplinar del docente de física en formación y además reflexionar acerca de cómo se pueden usar estos en el proceso de

enseñanza de la física. La física, como una ciencia natural, estudia fenómenos que se presentan en la naturaleza, y por lo tanto, la experimentación es una forma de interaccionar directamente con dichos fenómenos para de esta manera lograr abstraer toda la información que estos ofrecen. Si se piensa en un proceso de enseñanza en donde el estudiante toma un rol activo en su proceso de aprendizaje construyendo el concepto físico, entonces, la experimentación toma un papel fundamental en dicha construcción de conocimiento debido a que es la forma más cercana en donde el estudiante puede interactuar con la naturaleza. Partiendo de esta potencialidad que tiene la experimentación en el autoaprendizaje del maestro y en la enseñanza de la física se caracteriza varias tipologías de experimentación que cumplen un papel fundamental en la enseñanza de la física, es decir, cada tipología clasificada cumple un objetivo específico para desarrollar habilidades de pensamiento en los estudiantes logrando así la construcción del conocimiento.

Entre las tipologías de experimentación se encuentran el experimento discrepante, el experimento recreativo, el experimento crucial, el experimento virtual, el experimento casero, el experimento ilustrativo, entre otros. Cada tipología de experimentación tiene un fin y un manejo discursivo distinto. Cabe resaltar que el montaje experimental se puede usar en varias tipologías a la vez, lo que caracteriza cada tipología es el discurso del docente y las actividades que este plantea en función del experimento.

6.2.1. Experimento discrepante

Esta tipología de experimentación se basa en montajes experimentales preparados para lograr que los estudiantes desarrollen procesos de desequilibrio conceptual. Para

lograrlo, es necesario propiciar un ambiente en donde los estudiantes puedan exponer sus hipótesis o predicciones frente a la ocurrencia de un hecho, sintiendo confianza de dialogar con pares que no lo juzgarán por decir alguna idea. Luego de que el estudiante expone sus formas de pensar, se debe propiciar la ocurrencia de algún fenómeno que funciona en contra del sentido común.

Las predicciones que realizan los estudiantes según Castiblanco & Vizcaíno (2023a) deben ir acompañadas de alguna justificación. El objetivo fundamental de esta tipología de experimentación es hacer que el estudiante cuestione sus predicciones e identifique cuáles argumentos puede usar para organizar conceptualmente una idea que logre describir lo que en realidad está pasando en el experimento presentado y frente al cual, además, deberá construir consensos colectivamente.

6.3. Proceso de matematización de la física para la enseñanza

Con base en las ideas de Vizcaíno (2013), existen tres tendencias de comprensión de la relación entre física y matemáticas, en procesos de Enseñanza de la Física por parte de los docentes en ejercicio, una de ellas es la enseñanza a través de acercamientos fenomenológicos en donde el docente basa su explicación en una visión cualitativa del fenómeno físico dando prioridad a la comprensión de por qué ocurre el fenómeno en sí, para lo cual se vale de datos ofrecidos por la epistemología, filosofía e historia de la física en torno a ese concepto.

Una segunda tendencia es la enseñanza de la física a través de la experimentación directa y controlada con el fenómeno físico en donde se toman datos de variables observables y

se crea una relación matemática con la que se pueda dar interpretación de las variables en juego aclarando las relaciones físico-matemáticas del concepto en estudio.

La tercera tendencia de enseñanza se enfoca en la construcción de modelos explicativos, donde el proceso de enseñanza ocurre a partir de la presentación del modelo explicativo para luego tratar de desentrañar los elementos que componen dicho modelo. En muchas ocasiones, esta tendencia se reduce al modelo matemático como el todo del modelo explicativo del fenómeno, tratando de que el estudiante traduzca todo el conocimiento a través de esta información y se asume que el estudiante aprende física una vez pueda manejar algorítmicamente la expresión matemática.

A partir de estas ideas, se construye la propuesta de matematización de la física para la enseñanza, incluyendo las tres tendencias con una intencionalidad de que sean complementarias y también orientadoras del diseño de secuencias de actividades. Esta propuesta es validada por Castiblanco (2023) en la cual se plantea que el proceso de matematización de la física para la enseñanza es una manera epistemológica de estructurar la enseñanza de la física con el objetivo de construir ideas que puedan desarrollar el pensamiento científico del estudiante, dicho desarrollo debe ser de manera colectiva entre docente y alumno. Se debe tener en cuenta que en este proceso de matematización desde la perspectiva de Castiblanco & Vizcaíno (2023b) se pretende lograr que el estudiante construya su propia matematización capaz de describir tanto cuantitativa como cualitativamente un fenómeno físico, es por ello que el docente no debe imponer algún tipo de pensamiento, por el contrario, debe orientar, estimular, organizar,

y en general contribuir al proceso de desarrollo del pensamiento físico-matemático del estudiante.

En medio de la búsqueda de una estructura epistémica que permita la formulación del lenguaje para la concepción de la naturaleza se proponen tres etapas en este proceso de matematización de la física para la enseñanza, cada etapa toma elementos de las tendencias de enseñanza identificadas por Vizcaíno (2013). Estas etapas son: la etapa del abordaje fenomenológico, la observación sistemática del fenómeno físico y por último el modelamiento general por medio de un lenguaje matemático del fenómeno.

Las tres etapas anteriormente planteadas deben ser dependientes entre sí y se deben ejecutar en el orden que se planteó ya que buscan llevar al estudiante por un camino de construcción de conocimientos que parte de su experiencia sensorial, de la abstracción que puede lograr sobre la realidad que vive, para luego idealizar sistemas, analizar relaciones entre variables y condiciones de ocurrencias dentro de un fenómeno controlado, lo cual le permitirá sacar conclusiones que finalmente podrá exponer en un modelo explicativo, que va mucho más allá de formular una ecuación, pues tiene elementos epistemológico y filosóficos sobre el sentido y el significado de cada uno de los conceptos involucrados en el fenómeno. Es por esto que al tratar de que el estudiante matematice un fenómeno físico se vuelve fundamental el abordaje fenomenológico ya que de ahí nace la primera relación entre los esquemas conceptuales de la física y la interpretación del estudiante.

6.4. Enseñanza a través del abordaje fenomenológico

La física en su construcción epistemológica tiene un aspecto fundamental y es la capacidad de interaccionar con los fenómenos que ésta presenta. La enseñanza a través del abordaje fenomenológico pretende desarrollar en el estudiante la conciencia de que existe un fenómeno y de que este puede ser estudiado, además, pretende enseñar la manera de percibir y analizar tal fenómeno. Desde la visión de Vizcaino (2013) la enseñanza a partir de abordajes fenomenológicos debe tener como fin buscar relaciones entre los esquemas conceptuales de la física y experiencias directas con el estudiante con el objetivo de construir su propia interpretación del fenómeno estudiado.

Para desarrollar una interpretación correcta de la realidad se debe observar detalladamente el fenómeno a estudiar y esto solamente se puede lograr con la interacción directa entre el fenómeno y el estudiante, es decir, con la experimentación. Para lograr la experimentación y la abstracción que esta permite en los estudiantes se deben romper los esquemas tradicionales de enseñanza dándole relevancia al estudiante, es decir, que el estudiante sea el principal protagonista en el aula de clase, lograr este propósito es innovar en el aula organizando actividades y brindando herramientas para que el educando pueda cuestionarse y abstraer la información que la naturaleza expone constantemente, por decirlo de otra manera, realizar un trabajo de comunicación directa entre la naturaleza y el estudiante sirviendo el docente como mediador de lenguaje entre estos.

7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En búsqueda de alternativas para garantizar el aprendizaje de la física en el aula de clase, los docentes y las instituciones educativas han copiado modelos de enseñanza que provienen de resultados de investigaciones, asumiendo que el desarrollo de dichas investigaciones es adaptable al contexto de su aula de clase. Debido a esto se ha sistematizado la enseñanza de la física como un algoritmo de aplicación en el aula, donde el docente debe cumplir con unas actividades, explicaciones y evaluaciones determinadas.

Desde este enfoque de matematización de la física para la enseñanza se busca garantizar el aprendizaje de esta en un proceso que no debe darse de manera algorítmica, este describe un método de construcción de una idea estimulada por el docente. El aula de clase vista por muchos como un sistema simple el cual se compone de estudiantes, profesores y libros de texto, rompe sus esquemas en esta perspectiva dimensional de la didáctica de la física, puesto que se empieza a concebir como un sistema complejo el cual debe ser estudiado en su justa complejidad a fin de garantizar el aprendizaje, es por ello, por lo que cada etapa del proceso de matematización de la física para le enseñanza debe ser adaptable al contexto en el que se trabaja.

Con este trabajo, lo que se pretende es aportar a la comprensión de la caracterización de lo que sería un abordaje fenomenológico como parte fundamental en la matematización de la física para la enseñanza, etapa del proceso en la cual se busca desarrollar la necesidad de dar explicación a un fenómeno físico, del cual, en primer lugar se debe tomar conciencia, esto con el fin de lograr la creación de un lenguaje que sirva como medio entre los esquemas mentales del estudiante y las representaciones del fenómeno físico, dando así paso a las

siguientes etapas del proceso de matematización. Este abordaje fenomenológico debe estar relacionado con la perspectiva dimensional de la didáctica de la física, por lo tanto, se necesita tener claridad acerca del contexto en el que se está enseñando (Dimensión sociocultural) para de esta manera poder crear una estrategia de interactuar en el aula (Dimensión interaccional) en la que se pueda desarrollar habilidades de pensamiento que permitan la construcción de la matematización del estudiante. En este caso particular, se pretende buscar la manera en la que se debe presentar un abordaje fenomenológico en el aula de clase.

7.1. Perspectiva de investigación

Los datos y su análisis fueron tomados y estudiados a partir de una perspectiva cualitativa, en medio de un proceso de enseñanza de la física en la fase de abordaje fenomenológico, con el fin de identificar las características que lo hacen posible, para ello, se debe analizar el comportamiento conjunto entre el docente con los estudiantes, los estudiantes consigo mismos y los estudiantes con el docente, esto por medio del discurso y las acciones presentes en el aula.

La investigación cualitativa desde la perspectiva de Flick (2007), a diferencia de la investigación cuantitativa no trata al objeto de estudio como una estadística más que dé cuenta de un comportamiento específico, por el contrario, hace toda la investigación alrededor de éste y se sumerge a profundidad estudiando el porqué del comportamiento, analizando así, de manera objetiva cada una de las variables que afecte el objeto de estudio, en este caso, tener en cuenta cada comportamiento en el aula, buscando siempre

características que permitan determinar la manera en que ocurre la toma de conciencia de la existencia del fenómeno.

7.2. Estrategia de abordaje al campo

La investigación tuvo dos etapas, en primera instancia una investigación intervención no participante en donde se observó el aula de clase inmersa en diferentes actividades para así lograr identificar generalidades de comportamientos en los estudiantes e intereses en los mismos, además, observar los recursos de la institución, la disposición del profesor de física titular y la manera en que éste aborda la clase de física, todo ello con el fin de lograr una esquematización general de dicho contexto educativo para así mismo crear una estrategia de acción la cual se deba implementar en el aula de manera que se permita conectar con la presentación del abordaje fenomenológico al campo de la enseñanza de la física.

Los grupos en los que se realizó esta observación no participante era de 35 y 14 estudiantes, en edades entre los 14 y los 17 años, de la materia de física y la especialización de matemática de dos colegios públicos de la localidad de Usme y Antonio Nariño respectivamente. El tiempo de observación no participante en el colegio ubicado en la localidad de Usme fue de dos horas, mediante una clase de física con el docente titular. En el colegio ubicado en la localidad de Antonio Nariño el tiempo de observación fue igualmente de dos horas, mediante la clase de especialización de matemáticas, es importante resaltar que, los espacios brindados en el colegio ubicado en esta localidad fueron espacios que corresponden a la especialización de matemáticas que ofrece este colegio a los estudiantes de décimo y undécimo grado, especialización que se aborda todos los viernes en la primera mitad de la jornada tarde.

En la segunda etapa, consecuencia del desarrollo de la primera etapa, se realizó una investigación acción de tipo intervención, en la cual, a través de la caracterización realizada y de la estrategia de abordaje al campo ya planteada, se interviene en el aula de clase a fin de evaluar el impacto de la presentación del abordaje fenomenológico. La investigación acción de tipo intervención sólo tendrá un proceso de impacto, es decir, solo se hará un proceso de intervención para lograr determinar las características del abordaje fenomenológico.

Las intervenciones realizadas se desarrollaron en los mismos colegios en los que se realizó la observación no participante ocho días después de dicha observación. En el colegio ubicado en la localidad de Usme se desarrolló la intervención con 35 estudiantes de grado décimo en el laboratorio de física, las edades de los estudiantes estaban entre los 14 y 17 años de edad, el tiempo de la intervención fue de cuatro horas, distribuidas en dos sesiones de dos horas en un mismo día, debido a que el docente titular de física facilitó el espacio de las dos horas de su clase y se pudo gestionar otras dos horas con un docente del área de sociales para continuar con la intervención. En el colegio ubicado en la localidad de Antonio Nariño se desarrolló la intervención con 14 estudiantes de grado décimo y undécimo, el espacio físico en el que se desarrolló fue en un aula de clase convencional que contaba con materiales audiovisuales, el tiempo de intervención fue de cuatro horas, el cual se distribuyó en dos sesiones de dos horas los días viernes, esto debido a que los estudiantes pertenecen a la especialización de matemáticas que brinda el colegio y este espacio se da los días viernes en la tarde.

7.3. Instrumento de toma de datos

7.3.1. Primera etapa de la investigación

Para la primera etapa, con la intención de observar las diferentes variables presentes en el aula de clase, se crea una rejilla de observación con tres unidades de análisis, cada unidad estructurada con al menos tres indicadores que permitirá caracterizar el aula. La rejilla se muestra a continuación.

<table>
<tr><td colspan="4">EL ABORDAJE FENOMENOLÓGICO COMO PROCESO DE MATEMATIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Esta rejilla de observación solamente será usada como instrumento de toma de datos para desarrollar una parte de este trabajo de investigación el cual busca caracterizar el proceso ocurrido en el aprendizaje de un concepto de la física.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nombre de la institución:
Ubicación de la institución:
Nombre del profesor titular:
Nombre del profesor investigador:
Número de estudiantes:</td></tr>
<tr><td colspan="4">Objetivo de la investigación: Hacer un estudio detallado acerca de las variables que interfieren en el aula a fin de plantear una intervención la cual permita dar cuenta del abordaje fenomenológico</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPORTAMIENTO DE LOS ESTUDIANTES</td></tr>
<tr><td>Indicador</td><td>Si</td><td>No</td><td>¿Cómo?</td></tr>
<tr><td>¿Existe participación por iniciativa propia de los estudiantes?</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Los estudiantes muestran respeto prestando atención a la clase</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Los estudiantes muestran respeto hacia los demás compañeros</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

RECURSOS DE LA INSTITUCIÓN			
Indicador	Si	No	¿Cómo?
Se cuenta con material para la experimentación			
Cada estudiante cuenta con su puesto y un buen espacio dentro del aula			
Se cuenta con recursos tecnológicos en el aula de clase			
METODOLOGÍA DEL PROFESOR			
Indicador	Si	No	¿cómo?
Promueve la participación por parte de los estudiantes			
Hace uso de diferentes estrategias para aclarar un concepto			
Diseña actividades interactivas a fin de dar mejor explicación de un tema.			

Desde la perspectiva de Castiblanco & Nardi (2016) el docente de física debe tener una formación específica para que sea capaz de comprender y reflexionar el contexto social y cultural en el que está inmerso el aula de clase. Una vez el docente pueda caracterizar su aula, debido a su formación, encontrará parámetros que ayuden a potenciar el ejercicio de la enseñanza en ese contexto específico, es por esto que, con base a esta idea, se crea la rejilla de observación.

La categoría del comportamiento de los estudiantes en clase se propone para tener en cuenta la disposición de los estudiantes, su nivel de trabajo cooperativo y la relación de los

estudiantes con su entorno, es por ello que se plantean estos respectivos indicadores, los cuales están enfocados en indagar en dichos aspectos.

Indagar acerca de los recursos con los que cuenta una institución es un factor del reconocimiento sociocultural ya que desde allí es que se conoce gran parte de las condiciones en las que está inmersa dicha institución, es por ello que se plantea como una categoría de análisis en la rejilla de observación, además, el docente debe tener en cuenta las herramientas a las que tiene acceso, para así mismo crear un ambiente propicio de enseñanza en la que se garantice el aprendizaje. Cómo última parte de la caracterización del aula de clase se propone una categoría que indaga acerca de la metodología del profesor, con la intención de relacionar el comportamiento de los estudiantes con la forma en cómo se enseña la física normalmente en el aula.

Además de esta rejilla de observación, basados en una investigación acción, el problema a investigar se debe caracterizar con ayuda del grupo al cual se va a estudiar, para ello, al final de la observación, se realizó un diálogo entre los estudiantes y el investigador tocando temas como la postura que ellos tienen acerca de la metodología del profesor y la idea que ellos tienen de cómo se debe dar una clase de física.

En estas charlas que se proporcionaron en las dos instituciones se evidenció una gran iniciativa por parte de los estudiantes a la hora de hablar acerca de cómo les gustaría que se diera la clase de física, en donde de manera general, proponen una clase en la que pudiesen experimentar, participar y hablar de temas de divulgación científica. En medio de la charla se habló también del trabajo en equipo, en donde los estudiantes rescataron esta dinámica considerándola productiva en el ejercicio de aprendizaje, dicho en palabras de un estudiante:

> *E: "Yo pienso que el trabajo en equipo es una forma muy dinámica de trabajar porque entre todos podemos expresar nuestras propias ideas para juntarlas entre todos para comprender más el tema"*

Con base a esto es que se estructura la segunda etapa de la investigación, la cual consiste en una serie de intervenciones que sean capaz de dar cuenta de las características de un procreso de abordaje fenomenológico.

7.3.2. Segunda etapa

Para esta etapa, el docente realiza una serie de intervenciones contextualizadas, las cuales se estructuran desde experimentos discrepantes, esto con base a las tipologías de experimentación para la enseñanza de la física que plantean Castiblanco & Vizcaino (2023a). Los temas que se escogieron para realizar las intervenciones fueron tres, para la primera institución ubicada en la localidad de Usme se decidió abordar el fenómeno de refracción y reflexión de la luz, para la institución ubicada en la localidad de Antonio Nariño se decidió abordar el fenómeno de presión atmosférica. Estos fenómenos se decidieron debido a que los profesores titulares de las instituciones educativas brindaron la libertad al docente investigador para elegir las temáticas, por lo que este quiso abordar fenómenos "nuevos" para los estudiantes, es decir, fenómenos que en dicha institución nunca habían estudiado. Los experimentos discrepantes fueron los siguientes.

Experimento discrepante para la enseñanza del concepto de reflexión de la luz

Partiendo de lo dicho anteriormente, para enseñar el fenómeno de reflexión de la luz se escogió un experimento el cual consiste en proyectar un holograma por medio de una imagen simétrica que brinda un celular a través de un prisma de cuatro caras hecho de acetato. A continuación, se muestra el montaje experimental:

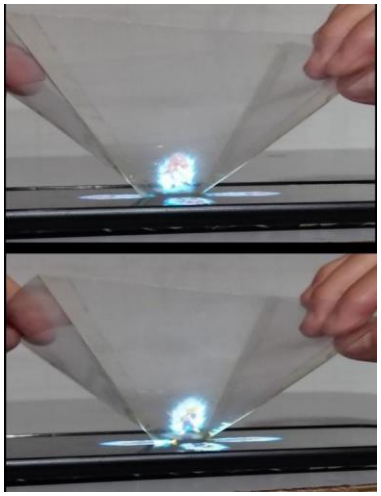


Ilustración 1. Experimento para abordar el fenómeno de reflexión

En un principio se explica en qué consiste el montaje, además, se explica cómo se van a ubicar los materiales a fin de que los estudiantes empiecen a realizar sus hipótesis, como segundo momento se ejecuta el experimento logrando la creación del holograma en el centro del prisma, ver ilustración 1, logrando así que los estudiantes argumenten lo que está sucediendo, cumpliendo con la implementación del experimento discrepante.

Experimento discrepante para la enseñanza del concepto de refracción de la luz

Para la enseñanza del concepto de la refracción de la luz se realizó un montaje experimental el cual se compone de tres elementos los cuales son, un dibujo que represente una orientación horizontal, un recipiente de forma cilíndrica transparente y un fluido con el cual dicho recipiente se debe llenar, para este caso el fluido fue agua. Una vez completos los elementos se procede a realizar la respectiva configuración para obtener el siguiente montaje:



Ilustración 2. Experimento para abordar el fenómeno de refracción de la luz

La parte izquierda de la ilustración 2 muestra el recipiente vacío y la imagen que se observa a través de este, es allí en donde se le propone al estudiante que proponga predicciones acerca de lo que va a ocurrir una vez el recipiente se llene de agua. En segunda instancia, se procede a ejecutar el experimento llenando el recipiente de agua, debido a esto se logra observar que la figura cambia de dirección, véase ilustración 2 parte derecha, presentando así el experimento discrepante.

Experimento discrepante para la enseñanza del concepto de presión atmosférica

La presión atmosférica es un fenómeno físico presente siempre en la cotidianidad con una característica, la cual es que este fenómeno es difícil de percibir con los sentidos, por lo tanto, para poder percibir y abordar este fenómeno físico se hace uso de un experimento discrepante que consta de tres montajes experimentales. Un primer montaje es disponer de un recipiente con agua a medio nivel y de una botella también con agua a medio nivel, una vez estos se tengan listos estos materiales se procede a colocar el recipiente en una superficie plana sin

desnivel alguno y la botella de agua se coloca boca abajo de manera vertical sobre la superficie del agua que contiene el recipiente como se muestra a continuación:

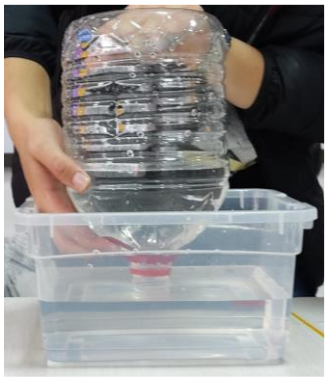


Ilustración 3. Primer montaje para abordar el fenómeno de presión atmosférica

Antes de poner a prueba el montaje se explica cómo va a ser este y se trabaja bajo la pregunta de ¿Qué pasará con los niveles del agua una vez se organice el sistema como se explicó?

Un segundo montaje es bastante similar al primero con la diferencia de que la botella ya no cuenta con agua en su interior, en vez de un fluido, tiene en su interior un corcho como se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 4. Segundo montaje para abordar el fenómeno de presión atmosférica

Este montaje se trabaja bajo las preguntas de ¿Ingresa agua del recipiente a la botella? ¿Qué pasará con el corcho cuando la botella se introduzca en el recipiente con agua? A partir de estas preguntas se generan hipótesis que después con la ejecución del montaje se irán refutando o comprobando.

El tercer montaje es similar al primero, a diferencia que en este se introduce una pequeña manguera en el interior de la botella de tal manera que quede un extremo dentro de la botella y el otro extremo fuera de la misma y también fuera del recipiente. En primera instancia el extremo de la manguera que queda fuera del recipiente se mantiene sellado para preguntar ¿Qué pasará cuando el extremo de la manguera que está fuera del recipiente deje de estar sellado? allí los estudiantes generan sus hipótesis para posteriormente trabajar con ellas ya sea para comprobarlas o refutarlas.

Las intervenciones en el aula se hicieron en dos sesiones de dos horas aproximadamente, cada sesión para enseñar un fenómeno físico a excepción de la explicación del fenómeno de presión atmosférica, para esta explicación fue necesario hacer uso de dos sesiones.

Implementando la estrategia de abordaje al campo la cual se basa en experimentos discrepantes anteriormente descritos, se logró recopilar una considerable cantidad de información que da cuenta de la presencia de un abordaje fenomenológico en el aula de clase puesto que ante la presencia de estos experimentos los estudiantes lograron encontrar las características que describen el comportamiento de dicho experimento, reconociendo este como un fenómeno físico, es decir, una situación que siempre está presente en la naturaleza. En esta segunda etapa, el instrumento de toma de datos va a ser la producción escrita de los estudiantes, para así determinar el impacto de la presentación del abordaje fenomenológico, se pedirá entonces, durante la intervención, que de manera grupal vayan llenando una

bitácora en donde se presenten esquemas de las ideas que ellos plantean, redacciones, hipótesis justificadas, preguntas, entre otras cosas que surgen en el momento de la intervención en el aula de clase. Al final de la intervención se hará un registro individual en donde cada estudiante debe reflexionar y concluir lo aprendido en la intervención.

7.4. Técnicas de Análisis de datos.

Para el análisis de los datos, producto de las intervenciones, se realiza un análisis de contenido en torno a las bitácoras desarrolladas por los estudiantes ya que allí se encuentra el registro de las ideas a las que llegaron en cada momento de la presentación del experimento.

El análisis de este contenido se hará en tres pasos específicos como lo plantea Bardin (1986), en primera instancia se tiene la etapa de la codificación en donde se lee toda la producción de contenido y se procede a clasificar las ideas de los estudiantes, a fin de identificar tendencias que indiquen las categorías emergentes para el análisis de los datos las cuales permitan reconocer los aspectos relevantes de dicha producción, creando así unidades de análisis, estableciendo relaciones entre las partes textuales producto de las ideas de los estudiantes y de la observación del docente.

Como segundo paso se tiene la categorización que, partiendo de las unidades de análisis identificadas en la codificación, se crea una serie de categorías a partir de las cuales se pueden describir las características del proceso de abordaje fenomenológico, ya que están organizadas sobre la evidencia presentada por los estudiantes. En el tercer paso, se procede a explicar la presencia de cada categoría, dicha explicación es producto de la interpretación que el investigador otorga a los datos obtenidos teniendo como base de argumentación el

marco de referencia y una orientación clara para tratar de desarrollar la pregunta de investigación.

8. RESULTADOS

En las intervenciones realizadas por medio de la metodología anteriormente descrita se logran identificar una serie de características que dan cuenta de la presencia del abordaje fenomenológico en el aula de clase ya que se logra que el estudiante tome conciencia acerca de la existencia del fenómeno y las condiciones que se necesitan para que este ocurra.

En medio de las intervenciones del docente, uno de los factores fundamentales fue el cómo este abordó el contenido de la física ya que se trabajó desde la experimentación por medio de un experimento discrepante, promoviendo siempre la pregunta y el debate en el estudiante, no obstante, la participación de los estudiantes siempre estaba presente evidenciando así el interés de los mismos en su proceso de aprendizaje. Por otra parte, pese a que existía el interés en los estudiantes muchas veces estos se veían limitados a la hora de expresar una idea, suceso que los obligó a esforzar su pensamiento en torno a lo que ya conocían para poder explicar de una mejor manera todas aquellas ideas que pasaban por sus cabezas, estas situaciones promovieron a que las participaciones tuvieran cada vez una mayor profundidad conceptual hasta el punto de lograr construir todo un conocimiento en torno a el fenómeno físico. Es por todo este proceso que ocurrió en las aulas de clase que se crearon las categorías de análisis que se muestran a continuación. Cabe resaltar que, a partir de este momento, para citar textualmente alguna parte de las argumentaciones creadas por los estudiantes se hará

bajo el uso la letra "*E*", de igual manera para citar textualmente alguna intervención o participación del docente se hará bajo el uso de la letra "*P*".

8.1. Tratamientos alternativos del contenido por parte del docente

Una de las misiones del docente en el aula de clase era lograr una participación activa por parte de los estudiantes para que estos asumieran su propio proceso de aprendizaje. Para ello, se apoyó en las tipologías de experimentación para la enseñanza de la física, en especial, en el experimento discrepante, esto con el objetivo de brindar escenarios de debate en donde se compartan varias ideas en torno a un fenómeno físico.

El debate se logra a partir de la interacción entre miembros del aula de clase, es por ello que para promoverlo es necesario una organización grupal en el aula, sin embargo, el debate debe surgir por medio de la diversidad de interpretaciones de una realidad y es aquí en donde el docente toma un rol diferenciador, ya que si este presenta el contenido de la física en pro de las teorías y leyes ya establecidas no se logra desarrollar una interpretación de la realidad por parte de los estudiantes, por esta razón es que se debe presentar la esencia del fenómeno de manera directa, es decir, abordar el fenómeno en el aula de clase.

Con base en lo dicho anteriormente, el rol del docente en el aula de clase consiste en el de proponer situaciones de discusión para promover el debate y una vez puesto en marcha el debate ir orientando el mismo a través de preguntas o por medio de la presentación de situaciones derivadas de la experimentación realizada.

A lo largo de las intervenciones, en el momento de presentar cada experimento y lanzar una pregunta específica que promoviera la interpretación del estudiante en torno al fenómeno, se pedía en primera instancia que cada participante redactase su propia respuesta con base a su

análisis, una vez hecho esto, se debía presentar cada interpretación al grupo de compañeros, es aquí en donde inevitablemente surge el debate ya que existen tantas interpretaciones como cantidad de estudiantes, no obstante, existen puntos en común que no siempre son tan claros y es deber del docente guiar el debate hacia las semejanzas de ideas de los estudiantes para encontrar una explicación colectiva.

Un ejemplo de lo descrito anteriormente sucede en un momento de la intervención en la que se abordó el fenómeno de la presión atmosférica, allí luego de que el docente presentase el segundo montaje realiza la siguiente pregunta:

> *P: "¿Entrará agua en la botella?"*

Luego de que cada estudiante construyera su análisis y lo compartiera con sus compañeros un integrante de un grupo, en nombre del mismo, defiende que:

> *E: "La presión de la botella no va a dejar que el agua entre en ella y el corcho quede en la superficie dentro de la botella"*

A lo que el docente responde:

> *P: "¿Por qué se genera presión dentro de la botella?"*

Esta pregunta a fin de promover el debate y estimular el pensamiento de los estudiantes, hubo inmediatamente un momento, posterior a esta pregunta, en donde los estudiantes comenzaron a hablar entre sí y luego de menos de un minuto uno de los estudiantes de ese mismo grupo asegura que:

> *E: "No entra agua porque la botella ya contiene aire por dentro y por lo tanto el corcho no subirá"*

Gracias a este argumento, otro estudiante de otro grupo expone el siguiente análisis:

> *E: "El aire de la botella hace presión contra el agua y el corcho así que aunque se hunda hasta el fondo el agua no entrará"*

Así se logra evidenciar cómo, por medio de una pequeña estimulación, los estudiantes logran ir tomando conciencia de la existencia del fenómeno, puesto que se pasa de una descripción general de la situación a un análisis más profundo en donde integran otros conceptos a fin de justificar lo sucedido.

8.2. Interacción docente - estudiante

Uno de los aspectos fundamentales en el las intervenciones que se realizaron fue la interacción que hubo en el aula de clase, no obstante, en esta categoría solo se quiere analizar la interacción entre el docente con los estudiantes. Si bien se describe anteriormente, el papel del docente en el aula se basa en el de promover en cada momento el debate, pero esto, con el propósito de orientar el mismo hacía la toma de conciencia de la existencia del fenómeno físico, es decir, el docente debe estar preparado conceptualmente para ir guiando las ideas de los estudiantes en pro de la realidad de la naturaleza, sin imponer ninguna idea, por el contrario, permitiendo construir todo un pensamiento en torno a una situación.

Un ejemplo de lo descrito anteriormente es cuando en el momento inicial de la intervención para explicar el concepto de presión atmosférica se muestra el montaje en el que el recipiente con agua y la botella entran en contacto, la pregunta que proporcionó el docente fue:

> *P: "¿Qué pasa con los niveles del agua tanto del recipiente como de la botella?"*

Las respuestas a esta pregunta fueron divididas, hubo un grupo de estudiantes los cuales defendieron que el agua de la botella bajaba al recipiente. Este grupo de estudiantes defendieron su hipótesis con el uso de dos conceptos de la física los cuales son la gravedad y la presión dentro de la botella, en palabras de los mismos estudiantes:

> *E: "Al colocar la botella boca abajo y retirar la mano de la boquilla la presión va a hacer que el agua baje aumentando el nivel del agua del recipiente y dejando la botella vacía"*

Soportando esta idea otro estudiante asevera que:

> *E: "La gravedad la llevaría para abajo"*

La otra hipótesis generada consiste en que los niveles del agua tanto de la botella como del recipiente se mantienen igual, pero, aunque estos estudiantes compartían tal idea sus argumentaciones fueron diversas, uno de ellos atribuye esto a que se imagina el sistema como un sólido cualquiera, argumentando que el agua de la botella está soportada en el agua del recipiente, es por ello que argumenta que los niveles de agua no van a cambiar, dicho textualmente:

> *E: "Se van a mantener estables los dos niveles ya que el agua actúa como soporte para el agua de la botella"*

Sin embargo, existen otras argumentaciones diferentes que apoyan la misma idea, como, por ejemplo:

> *E: "Al colocar ambas sustancias químicas no queda aire por lo que el agua no puede salir. Ambas quedan iguales"*

O como la de otro estudiante que argumenta lo siguiente:

> *E: "Ambos recipientes mantendrán su nivel de agua porque no pueden intercambiar presión o agua por aire ya que no hay por donde este se filtre"*

Con base en todas estas ideas, el docente investigador toma conceptos o palabras técnicas usadas por los estudiantes con el propósito guiar el diálogo y la argumentación, allí la interacción del docente con los estudiantes se limita a la escucha y en el análisis de cada discurso, gracias a este análisis el docente toma elementos importantes de la participación de los estudiantes y se dedica a plantear situaciones y a proponer preguntas para lograr de esta manera una estimulación del pensamiento en los estudiantes.

En este episodio, el debate se cierra y cada grupo de estudiantes cree tener la razón, pese a las situaciones planteadas, es allí en donde el docente toma la decisión de mostrar el segundo montaje experimental mostrando que los niveles del agua no cambian, en esta parte de la intervención los estudiantes que argumentaban lo contrario quedaron asombrados dando así inicio a la tarea de buscar una explicación del por qué esto pasaba.

El propósito que fundamenta el abordaje fenomenológico es la toma de conciencia del estudiante en cuanto a la existencia de un fenómeno, si esto se realiza de manera retórica y tradicional es difícil que el estudiante pueda tomar conciencia, sin embargo, el proponer situaciones reales, en donde el estudiante pueda observar directamente la realidad, el generar debates y proponer siempre situaciones que inquieten al estudiante, logra desarrollar en este la necesidad de exponer y explicar su propia interpretación la cual al momento de sustentar frente a sus compañeros se va enriqueciendo de más elementos valiosos para una construcción cada vez más sólida de la realidad.

8.3. Interacción entre pares y preguntas que se formulan los estudiantes

En esta categoría se quiere analizar cómo la interacción entre estudiantes contribuye en el abordaje fenomenológico. En las intervenciones realizadas el protagonismo recaía en el debate, sin embargo, muy rara vez el docente participaba directamente en este, el papel del docente se limitaba a promoverlo, por lo tanto, el debate se desarrolló entre pares, por medio de la diversidad de opiniones entre estos o las preguntas que surgía en el momento de que un estudiante brindara una explicación. Todo esto incentivó a que los estudiantes encontrasen

puntos en común con los cuales podían soportar mejor sus ideas o expresarlas con mayor facilidad.

Un ejemplo de esto es en la intervención en la que se aborda el fenómeno de reflexión de la luz, en el momento en que se muestra el montaje experimental, logrando la creación del holograma en el interior del prisma, los estudiantes comienzan a buscar explicaciones para este fenómeno físico, una vez lograron elaborar una idea de manera grupal, el docente brindó un espacio para que compartieran sus explicaciones, en ese momento un estudiante realiza la siguiente pregunta:

> *E: "¿Por qué el fondo de la pantalla del celular en donde se muestran las imágenes a proyectar debe ser negro?"*

A lo que inmediatamente surgieron varias respuestas, como, por ejemplo, un estudiante respondió que:

> *E: "El fondo debe ser negro porque si fuera de otro color se vería en el holograma"*

Premisa que permitió que un compañero se cuestionara:

> *E: "Entonces, ¿El color negro no emite luz?"*

Su compañero, tratando de dar explicación asevera que:

> *E: "No, el color negro absorbe toda la luz que le llega"*

Como conclusión de estas participaciones, un estudiante cerró el diálogo diciendo:

> *E: "El color negro no es un color, es la falta de color, esto se ve reflejado en el holograma, la parte oscura no proyecta luz en la imagen que se forma en el centro del prisma"*

A partir de esta discusión generada en el aula de clase, se consideró, como parámetro del montaje que el fondo de la imagen que se proyectaba debía ser negro para que este no interfiriera en la calidad del holograma, dicho textualmente por un estudiante:

> *E: "Para que esto suceda el fondo de la imagen debe ser negro porque si es blanco no se transmite por lo que no se forma una imagen clara de lo que se refleja"*

Posterior a que los estudiantes llegaran a este acuerdo acerca del fondo de la imagen como parámetro del montaje experimental, surge otra pregunta en cuanto a la configuración del sistema, esta vez la pregunta va en torno a la estructura del prisma:

> *E: "¿Qué pasa si se tiene un prisma con más caras?"*

Pregunta a la que un estudiante respondió:

> *E: "Se necesitarían más imágenes, es decir, según el número de caras del prisma se necesitaría el mismo número de imágenes"*

Respuesta con la que la mayoría estuvo de acuerdo, sin embargo, un estudiante añadió:

> *E: "Si, pero el número de caras del prisma debe ser un número par, ya que cada imagen proyectada tiene su pareja simétrica"*

Esta respuesta complementa la respuesta anterior, logrando identificar otro parámetro en el montaje experimental. A parte de estos parámetros surgieron muchos más que mencionaron los estudiantes, como por ejemplo que el material del prisma debería ser transparente o como lo llamaron algunos "reflectorio" haciendo alusión a que debía reflejar la luz.

Un estudiante también preguntó acerca de qué pasaría si el material fuese transparente pero rojizo, a lo que inmediatamente él mismo respondió que la imagen del holograma también sería rojiza. Todos estos parámetros fueron categorizados por parte de los estudiantes, identificando así características fundamentales en las que se toma conciencia del comportamiento del fenómeno físico.

Otro ejemplo de la importancia de la interacción entre pares se produce en medio de la tercera y última etapa de la intervención que pretendía abordar el fenómeno de la presión

atmosférica, en esta ocasión el docente explicó el montaje experimental y luego realizó la pregunta:

> *P: "¿Qué pasará con los niveles del agua una vez se deje de tapar el extremo de la manguera?"*

La mayoría de los estudiantes respondieron que habría una entrada de aire, pero, no se atrevieron a argumentar qué pasaría con la existencia de esta entrada de aire, por lo que asumieron que los niveles del agua permanecerán iguales. Una vez se puso a prueba el montaje experimental y se observó que la botella se vaciaba completamente, los estudiantes quedaron fascinados y comenzaron a buscar, como ellos lo llamaron, "la lógica" del por qué del comportamiento del sistema, luego de varios minutos de reflexión y debates entre pares, uno de ellos tomó la iniciativa de representar gráficamente lo que para él sucedía realizando el siguiente esquema:

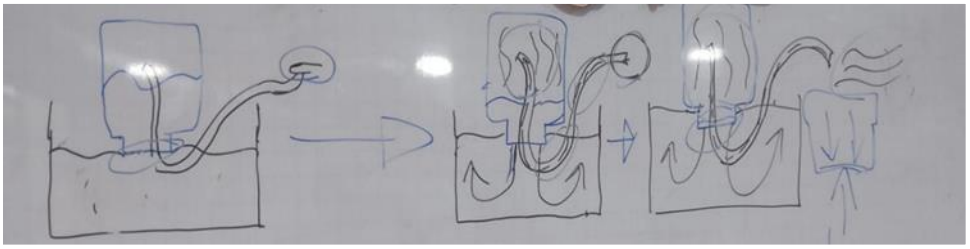


Ilustración 5. Esquema realizado en la tercera etapa del abordaje de presión atmosférica

Este estudiante explicó el experimento en tres momentos, en un primer momento ilustró el sistema tapado, en un segundo momento explicó el sistema en el instante en que se dejaba de tapar un extremo de la manguera, argumentando que allí iniciaba la entrada de aire a la botella, representando el aire también dentro de la botella, por último, en el tercer

momento, ilustró a la botella totalmente vacía expresando que el aire se apropió de toda la botella.

Gracias a la explicación que brindó este estudiante sus compañeros lograron explicar que, este aire que entra a la botella necesita de un espacio, por lo que expulsa el agua fuera del recipiente, dicho textualmente por un estudiante:

> *E: "Cuando mete la manguera la botella se vacía porque dentro del tubo hay todavía aire sobrante y por ello se va vaciando para que ese aire pueda darse su espacio dentro de la botella y por ello se vacía"*

En este punto ya se van construyendo acuerdos entre estudiantes y todos buscan dar explicación a lo ocurrido, es allí cuando uno de los estudiantes lanza una pregunta:

> *E: "¿Por qué el aire debe darse su espacio dentro de la botella?"*

En este momento, en los grupos que estaban organizados en el aula de clase, comienzan a dialogar de manera que, al transcurrir un corto tiempo, un estudiante responde:

> *E: "Porque la manguera forma una entrada de aire, por lo tanto, se produce un cambio de agua por aire"*

Una vez este estudiante expone su idea, sus compañeros se animaron a participar argumentando ideas similares, compartiendo la idea de que el aire que entra es el responsable de que el agua de la botella sea expulsada. Sin mencionar el concepto de presión atmosférica, los estudiantes logran describir lo que esta provoca y por qué la provoca, tomando así conciencia de la existencia del fenómeno.

Estos episodios son un ejemplo claro de cómo la interacción entre pares contribuye a desarrollar un discurso entre ellos creando acuerdos para dar realizar una caracterización de la existencia del fenómeno, si bien es cierto, cada argumento de los estudiantes fue cada vez más sólido, sin embargo, existe la secuencia de que los estudiantes soportan su argumento en

la idea que propuso su compañero anteriormente, ya sea para refutar o para apoyar dicha idea pero de una manera mucho más estructurada.

8.4. Interés y esfuerzo por parte de los estudiantes

Un aspecto relevante en las intervenciones realizadas es el interés que tienen los estudiantes hacia la exploración del fenómeno ya que en una clase convencional de física los estudiantes muy rara vez participan, asumiendo siempre como verdadero lo que el docente plantea, no obstante, en las intervenciones realizadas resalta la participación y el esfuerzo que los estudiantes hacen para poder ir construyendo ideas en torno al fenómeno físico presentado.

Un episodio que da cuenta de tal interés y esfuerzo se presenta en medio del montaje experimental que se expone con el propósito de abordar el fenómeno de presión atmosférica, para la primera etapa de este experimento el docente realiza la pregunta de:

> *P: "¿Qué pasará con los niveles del agua una vez se quite la mano de la boca de la botella?"*

El hecho de que el docente entrara al aula de clase con un experimento y lanzando preguntas fue novedoso para los estudiantes y aunque fue el primer montaje experimental que se presentaba y la primera pregunta que el docente realizaba, no hubo limitación por parte de los estudiantes para atreverse a participar. Como primera respuesta a esta pregunta un estudiante expone la siguiente idea:

> *E: "No cambia al final por la tensión que tiene ya que si la botella toca el agua ya no hay oxígeno*"

En este argumento está presente el concepto de tensión, refiriendo a que esta se genera en el momento en que la boca de la botella con agua toca el agua del recipiente causando la

ausencia de oxígeno en tal unión, asociando al oxígeno como el factor principal a la hora de haber un cambio en los niveles del agua. Sin embargo, a medida que transcurría la intervención, las participaciones de este estudiante iban siendo más estructuradas, como, por ejemplo, en la segunda etapa de la intervención cuando se muestra el segundo montaje experimental, inmediatamente el estudiante argumenta que:

> *E: "Gracias a la tensión del agua el corcho en la boca de la botella no subirá y tampoco entrará agua en la botella"*

Relacionando este montaje con su argumento anterior, no obstante, una vez realiza tal afirmación comienzan a salir preguntas por parte de sus compañeros acerca de qué significa y cómo se presenta lo que él denomina como tensión, en medio de estas preguntas el estudiante se toma un momento de reflexión y lanza de nuevo otro argumento, el cual se muestra a continuación:

> *E: "Se efectúan dos fuerzas las cuales son el agua que hace una fuerza positiva hacia arriba y la gravedad la cual crea además una fuerza hacia abajo, también el aire actúa como cupulo para que el corcho pueda flotar y no quedar levitando"*

En este argumento sale a relucir que el estudiante trata de implementar una serie de términos propios de la física para enriquecer su explicación, pero más allá de ello, se logra evidenciar, por medio de este argumento que, dentro de la cabeza del estudiante está sucediendo toda una construcción de un pensamiento, todo un proceso de reflexión en donde está asociando su experiencia con sus esquemas mentales y con la realidad que está percibiendo, allí, poco a poco está tomando conciencia de la existencia del fenómeno físico.

Por otra parte, durante la presentación del primer montaje experimental surgieron varios argumentos bajo un mismo patrón el cual fue implementar un lenguaje científico con el propósito de dar explicaciones más estructuradas. Con base a esto los estudiantes comienzan

a usar conceptos de la física que, desde la interpretación de ellos, estaban presentes en el montaje experimental, pero, además de usar estos conceptos trataban de relacionarlos buscando proporcionalidades entre los mismo, un ejemplo de este tipo de argumentos se muestra a continuación:

> *E: "la presión que la botella con agua ejerce sobre el recipiente con agua es similar entonces ambos niveles de agua estarían en el mismo punto"*

En este argumento el estudiante busca explicar el por qué los niveles de agua en la primera fase del montaje permanecen iguales, por lo que asocia este comportamiento a la existencia de la presión explicando que el agua que está dentro de la botella genera presión a el agua que se encuentra en el recipiente y de manera viceversa, además, habla de una igualdad entre estas presiones apoyando en esta igualdad todo su argumento del no cambio de los niveles del agua.

Por otra parte, hubo un estudiante que identificó otra variable en el sistema, la cual consistía en la fuerza de empuje debido al contacto de la botella con el recipiente con agua, este estudiante argumentó que:

> *E: "los niveles de agua no varían, pero obviamente el agua del recipiente sube al ser empujada por la botella"*

Si bien es cierto, el estudiante está de acuerdo con que los niveles del agua se mantienen iguales, aun así, este estudiante profundiza un poco más y se da cuenta que el nivel del agua del recipiente cambia un poco, pero no a causa del intercambio de agua entre el recipiente y la botella, sino por la fuerza de empuje que genera el agua del recipiente al haber en ella presencia (aunque sea mínima) de la boca de la botella.

Este argumento del estudiante va más allá de todo modelo físico que describe algún fenómeno, si bien es cierto, un modelo en física se encarga de idealizar la realidad al punto

de generalizar la misma, sin embargo, en estas intervenciones los estudiantes interpretan la realidad tal cual es y los argumentos que crean en sus cabezas tienen cada vez una mayor estructura.

En estos episodios anteriormente narrados, se evidencia el interés de los estudiantes por mostrar sus ideas, pero además de ello, se logra observar que se crea una necesidad en el estudiante de decir algo en torno al comportamiento del fenómeno, en este punto el estudiante observa la realidad y necesita dar explicación a la misma, es allí donde se esfuerza, relacionando todo su conocimiento en pro de encontrar un argumento estructurado que satisfaga su necesidad de comprender lo que sucede en el montaje experimental. Con lo dicho anteriormente se va logrando una concientización en la existencia del fenómeno físico, el estudiante ya sabe que existe algo el cual necesita explicar, reconociendo que ese algo obliga a que la naturaleza se comporte de la manera en que observó el experimento.

8.5. Tipo y calidad de participación de los estudiantes

Como se mencionaba anteriormente, la participación de los estudiantes en las intervenciones realizadas tomó el protagonismo en el aula de clase, siempre existía esa necesidad de decir algo en cuanto a los montajes experimentales mostrados o en cuanto a la opinión de sus demás compañeros, es decir, se consiguió que los estudiantes asumieran un papel activo en su proceso de aprendizaje y más allá de ello que disfrutaran tal proceso, sin embargo, es necesario analizar de qué manera participaron y con qué calidad lo hicieron.

Para tal análisis se trae a colación un episodio en donde se abordó el fenómeno de refracción de la luz, en el momento en que el docente muestra el funcionamiento del montaje experimental los estudiantes categorizaron dicho montaje de refracción como un experimento

de la rama de la óptica, ya que se referían a este como ilusiones ópticas que ya habían presenciado. Un ejemplo de esto es cuando un estudiante textualmente expresa que:

> *E: "Cómo por medio de dos elementos transparentes, como fue el frasco y el agua, al juntarse crea una percepción diferente en nuestra vista, tal como una ilusión óptica"*

En general los estudiantes atribuyen este comportamiento a un cambio en las propiedades de la luz ya que los objetos emiten luz, dicho por palabras de un estudiante:

> *E: "Gracias a la luz que llega de la imagen la refleja tras el agua"*

Tras esta frase se muestra que el estudiante comprende que la imagen recibe luz y esta misma luz, debido a las características de dicha imagen, la "refleja" en el agua.

Se puede inferir entonces que, aunque no se hable directamente de las propiedades de la luz, los estudiantes tienen conocimiento de este concepto físico y lo asocian como un descriptor de las experimentaciones presentadas. Allí se observa que las participaciones de los estudiantes son en pro a la explicación de lo que sucede con el montaje experimental y cada vez sus argumentos son más estructurados.

Como consecuencia de estas participaciones se creó una tendencia de pensamiento por parte de los estudiantes en donde se comenzó a hablar del cambio de dirección de la luz, relacionando dicho cambio con la interacción de esta con algún material, o como lo dijo un estudiante:

> *E: "La imagen de la flecha en el recipiente con agua con la luz que atraviesa el vidrio y el agua refracta la imagen y gracias a esto la dirección de la flecha cambia"*

Bajo este argumento se infiere que el estudiante relaciona el cambio de dirección de la luz debido a la interacción de esta con el vidrio y el agua, además de ello, llama a este cambio de dirección refracción, sin definir qué es refracción está asociando un concepto físico al fenómeno que está observando. No obstante, no es el único estudiante que habla de

refracción, en su gran mayoría hablan de que existe un cambio de dirección en la luz y a este cambio se le denota como refracción, por ejemplo, un estudiante textualmente argumentó:

> *E: "Se refracta la luz en ambos elementos logrando ese efecto haciendo que la flecha cambie de dirección"*

De manera general, los estudiantes describen la situación diciendo que lo que sucede en la experimentación es un cambio de dirección de la luz debido a la interacción de esta con el recipiente y el agua, es decir, la participación de los estudiantes, la interacción entre ellos y el esfuerzo que realizan para dar explicación al fenómeno desarrolla una serie de acuerdos entre pares que permite ir tomando conciencia en la existencia del fenómeno físico.

Por otra parte, en el montaje experimental con el que se quería abordar el fenómeno de la reflexión de la luz, luego de presentar cómo funcionaba el montaje, los estudiantes comenzaron con la búsqueda de explicaciones, pero se observó una tendencia la cual fue que estos asociaron el fenómeno con el concepto de reflexión de la luz argumentando este como un rebote de la luz dentro del prisma, asumiendo que dicho rebote es el que causa la formación de la imagen en el centro del prisma, textualmente un estudiante argumentó que:

> *E: "Esto se debe a que la imagen del celular rebota en las paredes del prisma permitiendo que la imagen se transmita en el centro de este"*

Dicho argumento está acompañado de un esquema el cual se muestra a continuación:

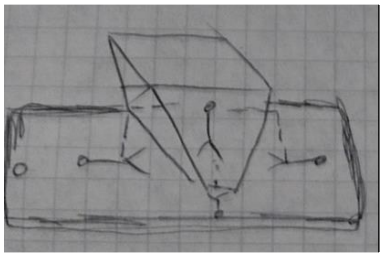


Ilustración 6. Representación gráfica en torno a la reflexión de la luz

Se puede observar en esta imagen que el estudiante atribuye al holograma como una reflexión de todas las imágenes que proyecta el celular, además, logra crear unas líneas que ilustran el viaje que hace la luz hacía el centro del prisma.

Otro ejemplo de la participación de los estudiantes es cuando el docente aborda el fenómeno de la presión atmosférica presentando el segundo montaje experimental, una vez este proporciona las preguntas ¿Ingresa agua del recipiente a la botella? ¿Qué pasará con el corcho cuando la botella se introduzca en el recipiente con agua? un estudiante inmediatamente responde:

> *E: "No entra porque la botella ya contiene aire por dentro y por lo tanto el corcho no subira"*

En este momento, los argumentos de absolutamente todos los estudiantes fueron similares debido a que ninguno compartía la idea de que el agua entrara a la botella, porque dentro de la botella había algo que ocupaba un lugar, ese algo los estudiantes lo llamaron como oxígeno, aire o presión. Además, en la argumentación acerca de la pregunta de qué pasará con el corcho, todos los estudiantes expresaron que el corcho quedará flotando en el agua y bajará conforme vaya bajando la botella, a continuación se muestran unas argumentaciones escritas por los estudiantes:

> *E: "El aire queda dentro de la botella y el corcho solo se undira al fondo pero a un tendria el aire de la botella"*
>
> *E: "la precion de la botella no va a dejar que el agua entre en ella y el corcho queda en la superficie dentro de la botella"*
>
> *E: "El aire de la botella ara presión contra el agua aun teniendo el corcho asi que aunque la unda hasta el fondo conteniendo el corcho y el aire"*

Además, un estudiante tomó la iniciativa de pasar al tablero a realizar una representación de lo que sucederá, a continuación, se muestra la representación gráfica:

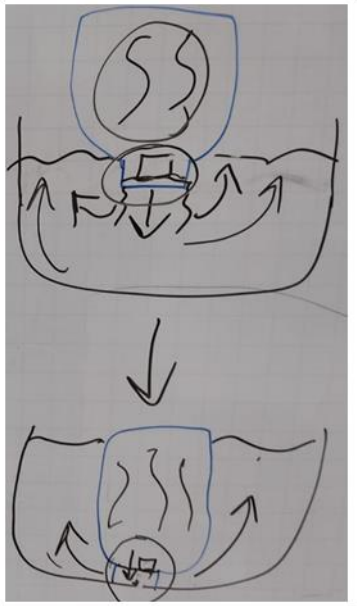


Ilustración 7. Representación gráfica en torno a la existencia de aire dentro de la botella

Allí, él argumentó que el aire ocupaba un espacio y al hundir la botella este haría que el nivel del agua del recipiente subiera, mientras que el corcho siempre estaría flotando en la superficie del agua.

Todos estos argumentos comparten la misma idea, la existencia de algo en el interior de la botella que no permite el ingreso de agua. Una vez se pone a prueba el experimento se comprueba que los estudiantes tenían razón, la existencia del "aire" dentro de la botella no permitió que el agua entre en la misma.

Es interesante observar cómo en estas participaciones, los estudiantes se atreven a realizar esquemas que logran representar el comportamiento de un fenómeno, en una clase tradicional, esto es muy poco probable que pase, sin embargo, en este escenario, los estudiantes están reconociendo la existencia de un fenómeno y en medio de la necesidad de explicarlo comienzan a promover ideas sistematizadas y con lógicas estructuradas que le

permiten hablar con propiedad acerca de los montajes experimentales que ellos mismos observaron.

8.6. Identificación de variables que caracterizan el fenómeno

En esta categoría de análisis se quiere indagar acerca de las variables que los estudiantes identifican de los fenómenos físicos presentados, porque si bien es cierto, los teoremas de la física se hacen por medio de los cálculos provenientes de la medición, pero, antes de realizar la medición se debe pensar acerca de qué se mide y por qué se mide, abordando de esta manera el entendimiento del fenómeno físico. Estas maneras de pensar son las que se deben transmitir a los estudiantes y qué mejor manera de hacerlo que por medio de un abordaje del fenómeno en el aula de clase.

Normalmente, en los experimentos discrepantes, se debe tener la opción de poder modificar el experimento a petición del estudiante con el fin de que este identifique variables allí presentes, en este caso no se pudo modificar el experimento de refracción más allá de mostrar dos imágenes diferentes a través del vaso, sin embargo, los estudiantes hicieron preguntas acerca de qué pasaría si cambian las propiedades del experimento, más puntualmente un estudiante preguntó:

> *E: "¿Qué pasaría si la forma del recipiente cambia y el fluido con el que se llenaba dicho recipiente es diferente?"*

Como se mencionaba anteriormente, dichos cambios no se pudieron realizar durante la intervención, pese a esto, surgieron varias argumentaciones que se sujetaban a estas restricciones, puesto a que asociaban el fenómeno de la refracción que causaba el giro

simétrico de las imágenes con la forma del recipiente y la interacción de la luz con el agua. Con base en lo anterior, un estudiante argumentó:

> *E: "Depende desde qué ángulo o con cuánta luz haga cambiar su forma o posición esto también depende del recipiente en donde se ponga el agua"*

En este argumento se puede constatar que el estudiante está tomando conciencia de las condiciones iniciales del sistema para que pueda ocurrir y observar el fenómeno. Además, otro estudiante relaciona el cambio de dirección de la imagen debido a la densidad del agua, argumentando que:

> *E: "Su estructura se ve afectada por la densidad del agua que obstruye el paso de la luz común y corriente"*

A partir de ello, por cada argumentación presentada por los estudiantes, se evidencia que ellos plantean ciertas restricciones las cuales hacen alusión a las variables físicas que se presentan en el fenómeno físico, asociando la densidad del fluido como un obstructor en el paso de la luz, de esta manera se está identificando las características que rigen los montajes. Por otra parte, gracias a este reconocimiento de variables y a esta construcción de conocimiento en torno a la caracterización de un fenómeno físico, se logra evidenciar una evolución del discurso por parte de los estudiantes, este comparado en dos momentos de la intervención en donde se mostraba el fenómeno de reflexión y refracción de la luz. Como primer momento se tiene el lanzamiento de hipótesis y argumentación acerca de lo que sucedía con el montaje, como segundo momento de comparación, se tiene la argumentación final con la que cada estudiante concluyó con su interpretación de los experimentos presentados. Un ejemplo de esta evolución del discurso es cuando en el primer momento un estudiante argumenta que:

> *E: "Al momento de echar el agua en el jarrón la luz impacta en el agua haciendo que el efecto ocurra"*

Debido a este argumento inicial se concibe que el estudiante entiende que hay una interacción entre la luz y el agua, identificando que la imagen emite luz y esta interacciona con el agua, además, asume que dicha interacción es la responsable de que el efecto ocurra, es decir, de que la imagen se vea al revés. Este mismo estudiante, en el segundo momento definió el experimento como:

> *E: "Hoy aprendí que cuando la luz entra en contacto con el agua, esta cambia la dirección de la luz y esto es lo que llamamos refractar. Además, como esto funciona como un efecto óptico cuando ponemos una hoja con una imagen detrás del recipiente con agua, hace que esta cambie de dirección y a su vez también que cambie de tamaño"*

A parte de esta argumentación textual decide hacer un esquema que ilustra la situación, este se muestra a continuación:

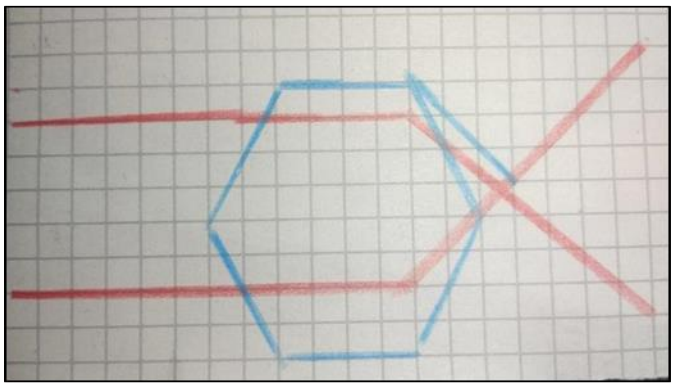


Ilustración 8. Representación gráfica en torno al fenómeno de refracción de la luz

Aunque, de manera general este argumento es similar a su argumento en el primer momento, en el segundo momento se logra una descripción más específica detallando algunos parámetros que identifica en el fenómeno físico, además, logra hacer una la representación gráfica que describe el comportamiento de la luz al interactuar con el agua, relacionando el cambio de dirección de la luz con la rotación de la imagen.

En este punto de la intervención es que se logra que los estudiantes relacionen los esquemas conceptuales de la física con su experiencia directa permitiendo así su propia construcción de conocimiento acerca del fenómeno estudiado.

Aunque solo se menciona un ejemplo de la evolución del discurso por parte de los estudiantes, cabe resaltar que, en todas las intervenciones se obtuvo una participación masiva por parte de estos, en donde ellos fueron los protagonistas de la clase logrando que todos, sin excepción alguna, propusieron hipótesis y argumentaron sus ideas.

Esta identificación de variables, en relación al abordaje fenomenológico, da cabida al reconocimiento y caracterización del fenómeno físico a estudiar, una vez el estudiante logra identificar los parámetros que necesita el montaje para funcionar, este va tomando conciencia de las condiciones del sistema y así mismo va tomando conciencia de la existencia propia del fenómeno físico.

9. CONCLUSIONES

En el aula de clase se debe construir, deconstruir y reconstruir la física aprovechando que esta está presente en todo momento, lista para ser analizada, modelada y comprendida. Con base a esto, este trabajo de investigación muestra un camino para iniciar con los estudiantes la creación de conciencia acerca de la existencia de un fenómeno físico, pues si bien es cierto, una cosa es que el docente hable de un fenómeno desde los modelos o teorías y otra cosa muy diferente es que el docente logre que el estudiante reconozca en su entorno la presencia de un fenómeno físico. Desde esta perspectiva es que se propuso caracterizar el modo en que se debe abordar un fenómeno en el aula de clase, propósito que se logró por

medio de la identificación de características que dan cuenta de la presencia de un abordaje fenomenológico.

Como primera característica se tiene el tratamiento alternativo del docente en el aula de clase, si bien es cierto, para lograr que el estudiante reconozca el fenómeno este debe tener participación directa en su proceso de aprendizaje y esto solo se logra cuando el docente implementa estrategias que produzcan la necesidad en el estudiante de explicar algo, es decir, el estudiante debe tomar un rol como investigador de la naturaleza y el docente debe estar siempre estimulando los análisis e interpretaciones de los estudiante.

Es aquí en donde subyace otra característica fundamental y es la interacción entre el docente con los estudiantes ya que para este propósito el maestro debe romper los esquemas tradicionales de la educación fomentando el ejercicio de enseñanza a través de preguntas y/o situaciones que ayudan a clarificar el fenómeno a estudiar.

Adicionalmente, en el abordaje fenomenológico el conocimiento también se debe construir entre pares y es esto una característica fundamental ya que se deben garantizar espacios de debate en donde salgan a la luz todas las interpretaciones que los estudiantes tienen acerca del fenómeno para así mismo ir ampliando la visión de estos en cuanto a su percepción, logrando así una construcción colectiva de conocimiento. Cabe resaltar que, esta construcción de conocimiento subyace de preguntas que inquietan a los estudiantes, factor que es relevante en las intervenciones realizadas puesto que surgieron muchas preguntas de cada fenómeno presentado y con base a estas preguntas fue que mayormente se construyó la conciencia de la existencia del fenómeno.

Por otra parte, a diferencia de una clase tradicional, es relevante mencionar el interés y el esfuerzo de los estudiantes en el transcurso de las intervenciones, pues ellos fueron los

protagonistas en su proceso de aprendizaje, se esforzaron en cada momento por tratar de dar explicación a lo que surgía en sus cabezas, se tomaron el espacio de pensar cómo explicar a otro compañero, tuvieron siempre la necesidad de comunicar una idea y esta necesidad los llevó a construir argumentos hasta el punto de llegar a tomar conciencia de la existencia del fenómeno a través de las condiciones que permitían la existencia del mismo y la manera en cómo estas condiciones se relacionaban.

De esta manera se puede decir que el abordaje fenomenológico está inmerso en un proceso de matematización en donde, sin necesidad de partir de una ecuación, se construye todo un pensamiento en torno a un fenómeno físico, encontrando las particularidades y características que influyen en el comportamiento del mismo, además, se logra hacer una relación entre todas las variables que intervienen logrando describir de manera indirecta una proporcionalidad en el comportamiento del fenómeno. Es en este punto en donde se abre espacio para la segunda etapa de matematización la cual es la observación sistemática del fenómeno físico ya que en este punto el estudiante ya logró reconocer el fenómeno, saber qué variables influyen en él, por qué influyen y cómo se relacionan entre sí.

En este trabajo de investigación cambia por completo el esquema de una clase de física convencional, puesto que ya no se observa al profesor como un sujeto que impone conocimiento ya que en él subyace la verdad, sino por el contrario, se muestra la clase como un espacio en el que se respeta y apoya la diversidad de pensamientos con un fin colectivo el cual es la construcción de un conocimiento sólido, esto no solo ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades en cuanto a la interpretación de un fenómeno físico, sino que también promueve el pensamiento crítico, fundamental para la construcción de seres humanos libres y capaces.

En la sociedad actual, no se necesitan estudiantes que se limiten a recibir información, estos son procesos de los que se encargan las máquinas, necesitamos estudiantes críticos, reflexivos y productores de conocimiento, esto es lo que se pretende educar desde la física, esta es la intención de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castiblanco, O. (2017). *La interacción en el aula como dimensión de la Didáctica de la Física*. Tecné, Episteme y Didaxis: TED. (Extraordinario), 382-388.

Castiblanco, O. (2023). Recursos de apoyo en el aula que favorecen el desarrollo de procesos de matematización de la física en el aula. En el XXX TALLER INTERNACIONAL "NEW TRENDS IN PHYSICS TEACHING" Benemérita Universidad de Puebla, México, del 25 al 28 de mayo.

Castiblanco, O., Nardi, R. (2016). *Enseñando la Dimensión Sociocultural de la Didáctica de la Física*. En 2do Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas. Argentina.

Castiblanco, O., Nardi, R. (2023). *Didáctica de la Física*. Cultura académica.

Castiblanco, O., Vizcaíno, D. (2018). *Re(conocimeinto) de la Disciplina a partir de ejercicios metacognitivos en la Formación de Profesores de Física*. Revista internacional de Aprendizaje en Ciencias, Matemáticas y Tecnología, 5(1), 29-39.

Castiblanco, O.; Vizcaíno, D. (2023a) *Enriching Interaction in the Classroom Based on Typologies of Experiments and Mathematization in Physics Teaching*. Revista Mexicana de Física. En prensa.

Castiblanco, O.; Vizcaíno, D. (2023b) *Taking on a new meaning of physics mathematization for teaching in teacher education processes*. Physics Education, EEUU. En prensa

Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.

Bardin, L. (1986). *Análisis del contenido.* Madrid, España: Ediciones Akal.

Mora, C. (2019). *Desarrollo del Pensamiento Científico y Lógico Matemático.* [Trabajo de investigación, Universidad Distrital]. Repositorio Institucional Universidad Distrital: RIUD.

Paramero, K. (2023). *La interacción fenómeno-estudiante como base fundamental en el desarrollo del pensamiento científico*. Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias, Número especial, v18, pp.1-11.

Pérez, W. (2019). *Discurso Sobre Matematización de la Física en Estudiantes de Didáctica de la Física: Estudio de Caso.* [Trabajo de investigación, Universidad Distrital]. Repositorio Institucional Universidad Distrital: RIUD.

Porras, Y. (2019). *Enseñanza de la Física Basada en el Fenómeno del Rayo Eléctrico.* Revista Científica CIDC. (Número especial), 302-321.

Vizcaino, D. (2013). *Papel da "matematização" nas explicações de professores e alunos em disciplinas de física na formação inicial de professores*. 257. Doctorado en Educación para la Ciencia - Facultad de Ciencias, Universidade Estadual Paulista. Bauru.

Vizcaino, D. (2016). *Significados de Matematización en la Enseñanza de la Física Presentes en Libros Didácticos de Física Universitaria.* Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Extraordinario), 908-914.

Vizcaino, D.; Terrazzan, E. (2015). *Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física*. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología - Tecné, Episteme y Didaxis, (38), 95-111