



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**LA CLASE DE FÍSICA CENTRADA EN LAS
EXPLICACIONES DADAS POR LOS ESTUDIANTES,
DERIVADAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y OBSERVACIÓN
DE ELEMENTOS ASOCIADOS AL CONCEPTO DE
REFLEXIÓN DE LA LUZ.**

ANDRES FELIPE LOPEZ MONSALVE

MAURICIO SEPULVEDA CIRO

NORVEY ALEXANDER ARIAS ROJAS

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación, Antioquia

Medellín, Colombia

2019



LA CLASE DE FÍSICA CENTRADA EN LAS EXPLICACIONES DADAS POR LOS ESTUDIANTES, DERIVADAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y OBSERVACIÓN DE ELEMENTOS ASOCIADOS AL CONCEPTO DE REFLEXIÓN DE LA LUZ.

ANDRES FELIPE LOPEZ MONSALVE

MAURICIO SEPULVEDA CIRO

NORVEY ALEXANDER ARIAS ROJAS

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TITULO DE LICENCIADOS MATEMATICAS Y FISICA**

Asesora

YANETH LILIANA GIRALDO

**LÍNEA DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LAS
MATEMÁTICAS: ROL DE LA EXPERIMENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE
LA FÍSICA.**

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MEDELLIN, COLOMBIA

2019

DEDICATORIA.

Andrés Felipe López Monsalve.

Para mi madre, padrastro y mis hermanas, que han estado apoyándome en todo este proceso, a ellos que con su sacrificio y paciencia me han permitido seguir mis sueños y metas; quiero dedicarles este trabajo de grado como ofrenda a todo su esfuerzo y como el motivo de verme realizado. Así mismo al alma Mater y quienes la habitaron, ya que me brindaron todo para poder crecer como persona y profesional; a todos ellos infinitas gracias.

Mauricio Sepulveda Ciro.

Para quien ha luchado por mí y lo hará siempre hasta que su último aliento se escape de su cuerpo y aun estando cansada triste sola o enferma siempre puso por delante mi bienestar y lucho para que yo a pesar de todo pudiera tener una oportunidad en la vida.

Gracias por todo mamá siempre te lo agradeceré.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Norvey Alexander Arias Rojas

Dedico este trabajo en especial a mi madre y hermana que han sido luz y fuerza en este camino de la vida, con sus sacrificios y esfuerzos me han impulsado y ayudado a seguir adelante en búsqueda de mis sueños y logros.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en un primer momento a nuestra asesora de trabajo de grado Yaneth Liliana Giraldo por la paciencia y la sabiduría, a la hora de orientar nuestras ideas y propósitos en este trabajo y por el amor que le pone a su labor.

Agradecer a Jaime Quinto quien con sus aportes y orientaciones permitieron aclarar las dudas y aspectos referentes al trabajo, que fueron determinantes para aclarar los alcances que podía tener esta investigación.

Agradecimientos enteros para nuestras familias, que sin ellos no hubiese sido posible llegar hasta aquí, sus esfuerzos, apoyo incondicional, cariño, regaños, peleas y consejos que hacen seguir latente esta aventura.

A la Universidad de Antioquia que nos proporcionó todos los elementos necesarios que nos permitieran formarnos como profesionales en la medida que iba haciendo de nuestros sueños una utopía.

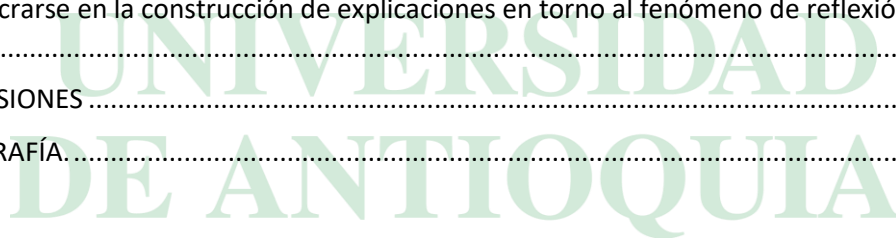
UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Antecedentes de la investigación.....	6
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivos General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
2. MARCO TEORICO.....	9
2.1 La concepción de actividad experimental desde los aportes de la historia y filosofía de las ciencias.....	9
2.1.1 Visión Clásica positivista sobre el trabajo científico.....	11
2.1.2 Perspectiva filosófica de la actividad experimental	14
2.1.3 Dificultades y repercusiones en la enseñanza de la física, derivadas del enfoque positivista de la ciencia.....	18
2.1.4 La actividad experimental desde una perspectiva exploratoria o cualitativa.....	20
2.2 El procedimiento material como algo intrínseco y relevante en la actividad experimental ..	21
2.2.1. El aparato experimental.....	22
2.2.2. La importancia del instrumento a través de la historia de las ciencias	23
2.2.3. Potencial del instrumento para la educación científica.....	25
2.2.4 El papel del instrumento invisibilizado a lo largo de la historia de la ciencia y su enseñanza.....	27
2.2.5 La naturaleza de la luz y el fenómeno de reflexión desde una perspectiva clásica.....	29
2.3 Reflexión de la Luz.....	32
3. METODOLOGIA.....	33
3.1 Enfoque y Tipo de estudio.....	33
3.2 Caso y contexto de la investigación.	34
3.3 Sobre la propuesta de enseñanza.	35
3.4 Estrategias para el registro de la información.	37
3.5 Procedimiento de análisis.	37
3.6 Sobre las categorías de análisis.....	43
3.6.1 Procedimiento Material	44

3.6.1.1. El procedimiento material como mecanismo que permite a los estudiantes proponer y llevar a cabo variaciones a las actividades que se orientan en torno al desarrollo de un concepto físico.	45
3.6.1.2. El procedimiento material como posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, derivadas de la relación con el medio físico, a los diálogos generadas a partir de la reproducción de un fenómeno en particular.	46
3.6.2 Actividad Experimental	47
3.6.2.1 La actividad experimental como estrategia que favorece el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes en el aula.....	47
3.6.2.2 La actividad experimental como un espacio que le permite a los estudiantes involucrarse en la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de reflexión de la luz.	48
3.7 Criterios de credibilidad	48
4. ANALISIS	50
4.1. Procedimiento material	50
4.1.1 El procedimiento material como mecanismo que permite a los estudiantes proponer y llevar a cabo variaciones a las actividades que se orientan en torno al desarrollo de un concepto físico.	50
4.1.2 El procedimiento material como posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, derivadas de la relación con el medio físico, a los diálogos generadas a partir de la reproducción de un fenómeno en particular.	57
4.2. Actividad Experimental	62
4.2.1 La actividad experimental como estrategia que favorece el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes en el aula.....	63
4.2.2 La actividad experimental como un espacio que le permite a los estudiantes involucrarse en la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de reflexión de la luz.	65
5. CONCLUSIONES	69
6. BIBLIOGRAFÍA.....	72



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Convenciones para los indicios.....	41
Tabla 2: Transcripción 25 de enero. Actividad 1 pág. 10.....	41
Tabla 3: Categorías y Subcategorías e indicios.....	44

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Capturas a las figuras geométricas que formaron los estudiantes en la actividad experimental. (a) Cuadrado (b) pentágono (c) triángulo.....	53
Foto 2: Figuras geométricas que propusieron los estudiantes como una forma de variación de las actividades. (a) Estrella con 5 espejos (b) Estrella más compleja con 9 espejos.	55
Foto 3: Construcción y diseño del aparato por parte de los estudiantes.....	56
Foto 4: Construcción del Periscopio.....	57
Foto 5: Periscopios contruidos en la actividad experimental.....	68

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

RESUMEN

Usualmente la actividad experimental en la enseñanza de la física esta direccionada a la toma de datos con guías desarrolladas con un paso a paso para llegar a un resultado determinado, el presente trabajo de investigación tiene una base teórica con la cual se construye una propuesta didáctica en la que se propone otro tipo de actividad experimental en la cual el estudiante tenga un papel más activo en la construcción del conocimiento al explorar el fenómeno de reflexión de la luz y construir sus propias explicaciones, reconociendo además la importancia de los elementos y aparatos en la actividad experimental y su potencial en la educación científica.

Palabras clave: Enseñanza de la física, Actividad experimental, Procedimiento material, Reflexión de la luz, Teoría-experimentación.

ABSTRACT

Usually, the experimental activity in physics teaching is directed to the data acquisition with guides developed with a step by step, in order to reach a determined result. The present research work has a theoretical base which is constructed a didactic proposal; we propose another type of experimental activity in which the student has an active role in the knowledge construction by exploration of the reflection of light phenomenon; and the construction of their explanations. We also recognized the importance of the elements and devices in experimental activity and its potential in science education.

Key words: Teaching of physics, Experimental activity, Material procedure, Reflection of light, Theory-experimentation

INTRODUCCIÓN.

Este trabajo de investigación, mana como resultado de un proceso de observación a las clases de los profesores cooperadores, lecturas de documentos como mallas y micro currículos de física y posteriormente la intervención en el aula como practicantes. Todo lo anterior tuvo lugar en las instituciones educativas I.E. Manuel J. Betancur del corregimiento de San Antonio de Prado y la I.E. Centro Formativo de Antioquia (CEFA). Toda la información construida durante dicho proceso se analizó y seleccionó teniendo en cuenta las reflexiones suscitadas en el seminario de práctica, desde un enfoque del rol de la experimentación en la enseñanza y aprendizaje de la física.

La actividad experimental centrada en una relación bidimensional surge como propuesta alternativa a las prácticas de enseñanza que se han llevado a cabo por parte de los profesores de física y también por un currículo que privilegia esta forma de enseñar heredada de la clásica perspectiva de la ciencia, en donde la experimentación es subsidiaria de la teoría. En cierta medida esto es una problemática en la enseñanza de la física, Puesto que con esta forma de enseñanza los estudiantes son perjudicados puesto que tienen bajo rendimiento, no están siendo motivados y adquieren un papel pasivo en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física que, además, los hace sentir ajeno a ellos y se hacen a la idea que solo es para unos pocos este tipo de conocimiento; Por lo que se considera necesario abordar este tipo de propuestas en las cuales se pretende superar la forma de enseñar la física y en particular la concepción de actividad experimental en la enseñanza de la misma implementada por los docentes.

A la vez destacar que este tipo de propuesta didáctica nos permite hacer uso del aula de clase como un laboratorio en donde se pueden desarrollar actividades experimentales cualitativas y orientadas, en donde el docente pasa de ser la figura central de la clase, a ser un orientador o la persona que ayuda a dar orden a las ideas surgidas durante el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes.



Identificamos una gran riqueza en este tipo de actividad experimental en la que entran en juego un procedimiento material, un modelo instrumental y un modelo fenoménico (Pickering 1989). Centramos la atención en el procedimiento material puesto que este nos permite relacionar teoría y práctica a la par en la enseñanza de la física, en la medida que se los estudiantes construyen aproximaciones conceptuales en la interacción con los elementos y la puesta en marcha de estos.

En este trabajo investigativo se enfatiza en el estudio del fenómeno de la reflexión de la luz, para ello se implementan actividades experimentales en las cuales los estudiantes disponen de elementos, los organizan y los ponen en funcionamiento a fin de explorar e indagar sobre el fenómeno de reflexión. Dando como resultado la construcción del Periscopio y el Holograma en 3D con los cuales se pudo establecer un acercamiento al concepto de reflexión y sus leyes.



1.1 Planteamiento del problema

Durante las observaciones realizadas y la participación que se tuvo en los procesos de enseñanza de la física en los centros de práctica docente en conjunto con las reflexiones llevadas a cabo dentro de los seminarios de práctica pedagógica de la universidad de Antioquia, se pudo vislumbrar una problemática (de muchas que se pueden extraer en el contexto escolar), en la enseñanza de la física en cuanto a la relación existente entre teoría-experimentación en la construcción del conocimiento en los cuales la actividad experimental no estaba intencionada, no se realizaba y si se realizaba, sólo tenía como propósito constatar los datos teóricos desarrollados en clase, pues en la revisión de las mallas se encontró que la prioridad en la planeación y desarrollo de las clases de física estaba centrada en asuntos teóricos más que los procesos experimentales como tal.

Lo anterior conlleva a que se subvalore la actividad experimental ya que se hace uso de ésta solo para verificar los conceptos desarrollados durante la clase, donde la mayoría de veces es en un lugar diferente al aula y presenta el conocimiento como algo acabado; donde de alguna forma el conocimiento llega de manera desarticulada a los estudiantes ya que, en cierta medida se está castrando la posibilidad que tienen estos de pensar, cuestionar y ser partícipes activos en la construcción y apropiación del conocimiento científico.

La subvaloración dada a la experimentación da cuenta de la influencia que ha tenido durante mucho tiempo la perspectiva positivista del trabajo científico en la ciencia y en la enseñanza de esta, mostrando una imagen de ciencia y de actividad experimental que da cabida a varias problemáticas como lo son:

- La actividad experimental se lleva a cabo en un espacio diferente al aula de clase, un laboratorio, que de igual forma sigue siendo cuatro paredes el cual es un espacio que si bien puede ser novedoso, en la mayoría de los casos es ajeno a los estudiantes, tornándose complicado y que requiere mucho cuidado con los implementos allí contenidos.

- Los desarrollos experimentales son en torno a una guía tipo “receta de cocina” que tiene los pasos a seguir y no hay otra forma de hacerlo si se quiere cumplir con la información que se espera verificar (Hodson, 1994; Gil y Pessoa, 2000).
- La experimentación adquiere un carácter subsidiario de la teoría (Ferreirós y Ordóñez, 2002), es decir, primero se dan los aspectos y conceptos teóricos y la actividad experimental es utilizada para corroborar dicha dimensión.
- La actividad experimental y la riqueza que posee en los procesos de enseñanza no quedan amparados por la disyuntiva teoría-experimentación, impidiendo la participación y reflexión activa de los estudiantes y la relación entre los contenidos conceptuales y los procedimentales (Romero A. y Aguilar Y.; 2013).

En consecuencia, la enseñanza de la física queda direccionada a un aprendizaje memorístico y mecánico de conceptos y fórmulas para la resolución de ejercicios, que apunta a responder las pruebas estandarizadas a nivel nacional y en ocasiones aquellas diseñadas por las instituciones, impidiendo la movilización a nuevas formas de concebir la enseñanza de la física y el mismo aprendizaje de esta por parte de los estudiantes; de modo que estos estudiantes conciben los contenidos ajenos a ellos ya que, toman un papel pasivo en la construcción del conocimiento al impedir participación, cuestionamiento y explicaciones; no encontrando un sentido de lo visto en clase con su experiencia ni su cotidianidad y qué hacer con lo aprendido; lo que puede conllevar a la solidificación de una concepción de ciencia donde, el conocimiento ya está acabado y es intangible.

En este sentido, en el desarrollo de la actividad experimental desde la visión clásica positivista, los instrumentos adquieren un papel que los reduce a la toma cuantitativa de un dato o la observación, control y registro de algo que se considera importante pero a su vez, se está ignorando su historia, construcción y cualidades que pueden ser redimidas y potencializadas en el proceso de construcción del conocimiento, debido a que estos en sí mismos están cargados de teoría y desde luego son producto de una carga experimental.

Ferreirós y Ordóñez (2002) en *Hacia una filosofía de la experimentación* Presentan un enfoque que tiene como propósito superar la problemática existente entre teoría-experimentación resaltando la riqueza, propiedad y provecho en los procesos de construcción del conocimiento que tiene en sí misma la experimentación, además de reflexionar en torno a la utilización de los instrumentos en dicha actividad, que ayuden a superar lo que se ha denominado una retórica en la educación.

Así mismo, Romero y Aguilar (2013) en *Una perspectiva fenomenológica del mundo físico* defienden que la actividad experimental no interviene en el desarrollo de la física como un mero verificador de los enunciados teóricos establecidos, sino que por el contrario contribuye a ampliar la base de hechos de observación, favorece el planteamiento de problemas conceptuales y orienta y dinamiza la formalización de procesos de organización de la experiencia; siendo el estudiante miembro activo en la construcción de los conceptos, la interacción con el mundo material y la familiaridad que pueda crearse con los artefactos.

En concordancia con lo planteado en los párrafos anteriores, para superar esta problemática de la clásica disyunción teoría-experimentación en la enseñanza de las ciencias, se propone una actividad experimental más centrada en lo que es la construcción de un artefacto óptico y las reflexiones en torno a su carácter, puesto que se identifica que dichos artefactos poseen una riqueza conceptual y procedimental (Duhem, 1906) ya que en la construcción de estos se configura una actividad experimental, dado que en sí mismo está respondiendo a una necesidad particular, en donde las reflexiones y explicaciones que surjan en torno al artefacto pueden ser útiles en los fines propuestos para el estudio de un fenómeno físico.

De igual modo, de acuerdo con los intereses y el reglamento de la práctica, esta investigación es importante en la medida que permita una transformación cognitiva en los procesos de enseñanza de la física y particularmente el rol de la actividad experimental en el aula, partiendo del desarrollo de estrategias didácticas desde una perspectiva fenomenológica del mundo físico; y en qué grado posibilite superar algunas dificultades en la enseñanza como lo son: La poca participación activa de los estudiantes en la clase en relación a los contenidos que se plasman en un tablero, y en particular la subvaloración que tiene la actividad experimental en dichos procesos de enseñanza y aprendizaje. Lo anterior permite que esta investigación sea orientada desde la siguiente pregunta: ¿Qué contribuciones tiene para el proceso de enseñanza de la física, el desarrollo de las clases a

partir de una actividad experimental centrada en las explicaciones dadas por los estudiantes que se derivan de la construcción y observación de elementos asociados al concepto de reflexión de la luz?

1.2 Antecedentes de la investigación

En la ciencia se ha reconocido la gran importancia que ha tenido la actividad experimental en su constitución pero a su vez se ha desconocido el papel tan relevante que tiene ésta en la enseñanza de la ciencia, la actividad experimental ha sido sometida bajo una postura positivista dentro de la enseñanza, en donde solo se puede llevar a cabo teniendo como fin el de comprobar una teoría, esta postura ha perpetuado una separación de la teoría y la experimentación, en la enseñanza de la ciencia; desconoce la riqueza que la actividad experimental puede tener en dicho proceso cuando está diseñada de tal forma que, no sea ésta una herramienta del profesor para corroborar cierta teoría sino que puede ser un punto de partida para la construcción de conocimiento en el aula a la par con la dimensión teórica. Varias investigaciones que anteceden este tipo de estudios posibilitan percibir ciertas características fundamentales para identificar las contribuciones que tiene la actividad experimental en vía de la fenomenología del mundo físico, como lo son:

En la propuesta de investigación titulada “El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud física. elementos para propuestas en la formación inicial y continuada de profesores de física”, desarrollada por Medina y Tarazona (2011), se resalta la importancia que tiene el experimento en la construcción de un concepto físico y su magnitud, el carácter de un instrumento como el electroscopio para la extensión de los sentidos y a su vez suscitar reflexiones que les permitiese llegar a conocer algo sobre el potencial eléctrico; dicha investigación brinda elementos que posibilitan concebir la actividad experimental de una forma en la cual la construcción y reflexión en torno a los instrumentos traen consigo una teoría e intencionalidad en el desarrollo de la misma, ya que es a través de la construcción del electroscopio y las explicaciones que de éste se pueden derivar; lo que llena de sentido y valor la interpretación del fenómeno.

La propuesta de investigación Titulada “La actividad experimental en la clase de física y la construcción social de conocimiento”, elaborada por Giraldo, Y. (2014), es una propuesta

pedagógica en la cual se resalta los alcances que tiene la actividad experimental en la enseñanza de ciencias cuando se desarrolla en torno a la construcción de un instrumento de medida como lo es el termómetro, para la construcción social de conocimiento por parte de los estudiantes; en dicha propuesta se cuestiona la función que han adquirido en la actividad experimental los instrumentos de medida, como una simple toma de un dato; producto de una clásica perspectiva positivista. Planteando nuevas formas de concebir las orientaciones de la actividad experimental entorno al instrumento de medida como constructor de fenomenologías, en donde los procedimientos de medida no se reducen a la toma cuantitativa de datos, sino que traen consigo una historicidad, intencionalidad y carácter.

La propuesta de investigación Titulada “Cambiamos nuestra visión tradicional de la enseñanza de la óptica”, elaborada por Ruiz M; Toro G. & Giraldo B. (2016); es una propuesta pedagógica en la cual se propone una alternativa diferente en la enseñanza de la óptica, partiendo de la experimentación y enfocada al fenómeno de refracción de la luz desde el vínculo teoría y experimento; identifican que particularmente la forma logarítmica y matemática (utilización y resolución de fórmulas matemáticas para la enseñanza de la óptica) es la manera más común de abordar una temática en la física; si bien la física se representa a partir del lenguaje matemático es necesario una relación de ese símbolo con el objeto. Parten de la implementación y análisis de las narrativas en la educación que les permite hacer una relación teoría-experimento.

La propuesta de investigación Titulada “Cómo acceder a la construcción de conceptos por medio de la experimentación”, elaborada por Agudelo J; Fernández G; Vanegas K. & Velásquez V. (2002); está enfocada en el ideal de una nueva experimentación para la enseñanza de la física, particularmente en el papel que juegan la experiencia y el lenguaje en la enseñanza y aprendizaje de los conceptos físicos. Haciendo hincapié en que el sujeto conoce, aprende y asimila el objeto o mundo exterior cuando interacciona con este y le asigna una serie y conjunto de ideas, principios y propiedades al objeto de estudio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos General

Comprender en el proceso de construcción de explicaciones por parte de los estudiantes, derivadas de la manipulación y observación de elementos asociados al concepto de reflexión de la luz durante el desarrollo de una actividad experimental, los posibles aportes para el mejoramiento al proceso de enseñanza de la física.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las explicaciones construidas por los estudiantes, derivadas de la manipulación y observación de elementos asociados al concepto de reflexión de la luz.
- Reconocer en las explicaciones dadas por los estudiantes algunas bondades de la manipulación y observación de elementos en la actualidad experimental
- Reconocer las bondades para el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes, presentes en el desarrollo de la actividad experimental en torno al fenómeno de la reflexión de la luz.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

2. MARCO TEORICO

2.1 La concepción de actividad experimental desde los aportes de la historia y filosofía de las ciencias.

“La realidad tiene que ver más con lo que hacemos en el mundo, que con lo que pensamos acerca de él”.

“El realismo es un asunto de intervenir en el mundo, más que de representarlo en palabras y pensamientos”.

Ian Hacking

Antes de pararnos en una perspectiva y propuesta de actividad experimental que esté en dirección de superar dicha problemática, analizaremos a continuación las interpretaciones y el papel de la experimentación en las ciencias, comenzando con la gran influencia del positivismo lógico en la experimentación y las nuevas perspectivas filosóficas de la experimentación que identifican problemáticas en ésta dimensión; así como las repercusiones en la educación de dicha problemática y además del análisis de un procedimiento material que se desprende y es intrínseco de la actividad experimental en la enseñanza de la física.

Desde un enfoque y perspectiva de la historia y filosofía de las ciencias surgen reflexiones importantes en torno a cuál es el papel que realmente juega la experimentación en la construcción de conocimiento científico y hasta qué punto son independientes de las proposiciones teóricas, permite evidenciar problemáticas en cuanto a dicha dimensión, donde Ian Hacking (1996) identifica y demanda que la experimentación ha sido subvalorada en los procesos de construcción de conocimiento científico derivados de concepciones como el empirismo lógico o falsacionismo, donde el experimento es considerado como verificador de teorías; y donde resalta que el experimento tiene vida propia ya que es una forma en la que el ser humano se relaciona e interviene con el mundo físico a la vez que va interpretando y representando unos hechos que permitan adquirir un conocimiento. En este orden de ideas, la experimentación debería estar como mínimo en el mismo nivel que la teorización y “las relaciones entre teoría y experimento se da en diferentes estadios de desarrollo” (p.183) como una estrategia que favorece a los procesos de construcción de conocimiento científico.

En esta misma línea han surgido nuevos estudios con pretensiones de identificar en detalle el carácter de la experimentación y en las trascendencias que ha tenido en dichos procesos, Latour y Woolgar (1995) distinguen que hay algo más allá en los instrumentos como simple inscripción de un dato sino que estos tienen una historia al ser construidos con cierta intencionalidad, encontrando por ejemplo en el proceso y construcción de un instrumento de medida, máquinas y una gran cantidad de artefactos; una bondad y característica principal de las ciencias y la física que las distingue de otras disciplinas. Así mismo, Pickering (1995) y S. Shapin (1991) reconocen en la experimentación una tecnología o procedimiento material que ha sido fundamental en la intervención con el mundo físico, superar necesidades en la disposición de elementos y para la construcción de artefactos e instrumentos; que se rescatan como aportes que brindan elementos que pueden posibilitar en cierta medida reconocer el carácter determinante que tiene la experimentación.

Estos enfoque y formas de concebir la ciencia y en particular la experimentación han influido en la forma como se hace una transposición didáctica para su enseñanza, de acuerdo con autores como García y Estany (2010), Malagón (2013), Romero y Aguilar (2013) y Ferreirós y Ordóñez (2002), ha sido influida desde una perspectiva clásica positivista; entendiendo en el contexto educativo como la forma en que el profesor concibe la actividad experimental como una herramienta de la cual si se quiere se hace uso o no, y de ser así está mediada por una teorización o conceptos que se van a comprobar.

Es así como resaltamos las siguientes interpretaciones que pretenden cambiar la concepción de actividad experimental en la enseñanza de las ciencias, Malagón (2012) considera que la relación entre estas dos dimensiones debe ser dinámica y sin un orden jerárquico establecido en la enseñanza de la física. Ordoñez y Ferreirós (2002) “...afirman que la miseria del teoricismo está en reducir la riqueza y la complejidad del proceder científico a un asunto de mera elaboración conceptual dejando de lado la riqueza de conocimiento que se esconde detrás de las prácticas experimentales.” (García y Estany, 2010, pg. 11). Además de un procedimiento material como característica de la actividad experimental que Romero y Aguilar (2013) interpretan como “*elementos materiales*” de las ciencias, es decir, “el conjunto de instrumentos, experimentos y técnicas diseñados y usados en los espacios de producción científica, se vuelven determinantes

desde esta óptica a la hora de comprender y analizar las formas como se ha asumido y practicado la actividad científica a lo largo de la historia”. Estos aportes se convierten entonces en elementos para modificar lo que hasta el momento se considera importante en la enseñanza de la física y en particular para la actividad experimental.

A pesar de que se ha identificado esta problemática, pocos son los esfuerzos de proponer algún tipo de actividad experimental que tenga una concepción diferente a la cual se está apreciando en la enseñanza de la física, se encuentran por ejemplo en nuestros antecedentes de investigación una actividad experimental que rescate la construcción de los instrumentos de medida como una forma que promueva dicha superación. La construcción de un termómetro, electroscopio u otro instrumento con propiedades de medida; son algunos de estos ejemplos. Además como consideración teórica nos basamos en una perspectiva de actividad experimental en la cual se consideren dichos modelo de construcción, ya sea un artefacto o instrumentos, basados por supuesto en dicho procedimiento material como característica de la actividad experimental que pueden llegar a ser determinante para cambiar hacer cambios en los procesos de enseñanza, tratando de llevar estas bondades encontradas por los filósofos de la ciencia a las aulas de clase, y que como maestros lo que deben hacer es contextualizar y adecuar de acuerdo con las características de los estudiantes y de los temas a tratar.

2. 1.1 Visión Clásica positivista sobre el trabajo científico

El positivismo es una corriente de pensamiento que ha influenciado en gran medida en la forma como comprendemos el mundo, La visión clásica positivista reduce el hacer ciencia al método científico, es decir seguir una secuencia de pasos para dar validez y veracidad a una hipótesis, esta forma de proceder conlleva a que la ciencia tuviera un carácter absoluto, exacto y acabado.

Por lo mencionado, la actividad experimental estuvo relegada al papel de comprobar y demostrar las hipótesis planteadas. Dicho método científico reflejó una imagen unidireccional de la ciencia en donde prevalecía el resultado final de dicho proceso y no la manera como este se construía.

A partir de los siguientes autores se ha transformado esos aspectos de la ciencia, partiendo de una imagen de ciencia que se da desde la construcción, lo social y las experiencias, por ello es necesario resaltar los planteamientos de los siguientes autores y sus ideas principales, que permiten la comprensión de una nueva visión de la ciencia:

Karl Popper (1996) Transforma la imagen de la ciencia, puesto que este no está de acuerdo con la lógica inductiva ya que no considera que el principio de inducción sea el medio por el que la ciencia decide sobre la verdad, es así como este filósofo de la ciencia rechaza el método inductivo con la forma de asumir el trabajo científico, Popper (1996) afirma que “el trabajo del científico consiste en proponer teorías y en contrastarlas “es así como propone el Método deductivo de contrastación, que consiste en proponer teorías y en contrastarlas” (p.35).

Es así como Popper (1996) se plantea como criterio de demarcación la falsabilidad que permite el contraste y el uso de la experiencia para establecer si una teoría debe ser considerada como aceptada o falsa, partiendo de la refutación y falsación como método para la construcción de conocimiento y avance de la ciencia.

Thomas Kuhn (1969) en su texto la estructura de las revoluciones científicas propicia una revolución filosófica puesto que este propone un concepto llamado paradigma que significa “toda la constelación de creencias, valores, técnicas, etc., que comparten los miembros de una comunidad dada, un concepto unitario, que engloba lo que se conoce” (Kuhn, 1969, p.69). La ciencia avanza en la medida que el paradigma actual es capaz de explicar lo que se conoce; una vez este no es capaz de explicar este paradigma debe ser cambiado y sustituido por uno nuevo, este proceso se llamó revolución científica, esta lo que busca es dar explicación a aquello que escapa al paradigma anterior y que no es capaz de explicar.

1 8 0 3

Kuhn (1969) Intenta mejorar y corregir el pensamiento de Popper para el progreso de la ciencia e identifica los intereses de la ciencia; afirma que el conocimiento científico se da a través de muchos paradigmas que compiten entre sí. Por ello Kuhn (1969) se refiere a que “La mayoría de los descubrimientos de hechos inesperados y todas las innovaciones fundamentales en la teoría son

respuestas a una ruptura anterior de las reglas establecidas”. Este a su vez concibe a un científico como aquella persona que está sin compromiso detrás de la búsqueda de la verdad, un explorador de la naturaleza un hombre que rechaza los prejuicios en búsqueda de lo verídico.

Imre Lakatos (1983) plantea la metodología del programa de investigación científica como una manera de reformular el falsacionismo de Popper. Estos programas son asumidos como un conjunto de teorías relacionadas entre sí, de tal manera que unas se derivan de otras, en las cuales las teorías comparten un núcleo duro y rodeadas por un cinturón protector, el núcleo duro es aquel que no puede ser falsable y el cinturón protector es un conjunto de hipótesis auxiliares que protegen al núcleo duro, estas pueden ser replanteadas, modificadas o eliminadas con el fin de que el núcleo duro permanezca.

Lakatos (1983) menciona que cuando dos programas se enfrentan, debe ser contrastadas sus hipótesis contra la realidad empírica, si estas dan paso a anomalías o sucesos que no pueden ser explicados, dan paso a su rival la otra teoría científica que sí puede explicarlo. En caso de que ambas no puedan dar cuenta de la otra teoría, y su núcleo no pueda ser falseado se mantendrá.

Feyerabend (1986) plantea un anarquismo epistemológico, Pues este considera que la ciencia no posee un método propio, negando la existencia del método científico, esto implica que la ciencia no posea una diferencia entre aquellos conocimientos de disciplina que no son científicos, por lo cual la superioridad de la ciencia no existe, la ciencia lo que hace es conocer cada científico con su subjetividad aquello que hace que la ciencia avance.

El científico que progresa es aquel que no sigue el método científico en esto hace referencia cuando señala que” Los métodos de investigación uniformes llevan a conclusiones uniformes” no permitiendo avanzar; por ello señala que muchas veces los descubrimientos se han dado por suerte, error o de manera equivocada.

El defiende una corriente de ciencia revolucionaria que está orientada en la libertad, La ciencia no tiene como función social buscar la verdad, si no de buscar la felicidad de las personas, siendo esta una herramienta que debe ser juzgada según su eficacia, Señala que esta al tener gran apoyo y prestigio del estado, se vale para ser violenta, discriminadora con los demás conocimientos.

Teniendo en cuenta los planteamientos de los autores que rechazan que el progreso científico sea lineal y acumulativo y de que se basen de un método único en la ciencia, es necesario permitir hacer una crítica a la forma en que actualmente se concibe la ciencia, puesto que históricamente esta ha sido transformada, Aún perdura una imagen de ciencia clásica positivista que incide en la manera en que se enseña la ciencia, pues se parte del conocimiento como un producto ya acabado, reduciendo la enseñanza a transmitir conceptos y verdades que se tienen que dar por ciertas. Por ello la actividad experimental ha sido sometida a la mera comprobación, verificación y refutación, de los postulados teóricos que se han mantenido a lo largo del tiempo como verdades absolutas como es señalado por Romero y Aguilar (2013).

2. 1.2 Perspectiva filosófica de la actividad experimental

Una dirección y visión de la experimentación diferente a lo que comúnmente se entiende como una concepción heredada de la ciencia, emana a finales del siglo XX de reflexiones filosóficas por parte de pensadores como Ian Hacking (1996) quien defiende que la experimentación tiene vida propia y la concibe en un mismo nivel con la teoría. En la intervención y representación del sujeto para con el mundo, enfatiza que la ciencia es hacer (intervenir) y no solo conocer (representar), reivindicando el papel del experimento en la ciencia y haciendo un recorrido desde la historia y epistemología de esta, referentes a algunos hechos en la producción de conocimiento científico en donde tanto la experimentación como la teoría poseen una jerarquía por lo menos igual en este proceso. Aunque en ocasiones se le hace un mayor reconocimiento a la actividad experimental.

En esa misma línea en cuanto al rol de la experimentación Latour y Woolgar (1995), aseveran que la primera consecuencia de relegar los procesos materiales al reino de lo meramente técnico es que se considera que las inscripciones son indicadores directos de los sucesos y fenómenos en estudio.

Esto debido “a la utilización de aparatos de inscripción en el laboratorio ya que, una vez se dispone del producto final, una inscripción, se olvida todas las etapas intermedias que posibilitaron su producción” (Latour y Woolgar,1995, p.76). Es decir que cuando se disponen de ciertos elementos (ellos lo denominan como instrumentos de inscripción gráfica) ya sean instrumentos de medida, artefactos o máquinas; se hace muy técnicamente en tanto se utiliza para inscribir o registrar algo y que le da un significado e importancia a ello que al propio carácter, historicidad y sentido sustancial de dicho instrumento en el estudio y actividad científica. Además, una segunda consecuencia es la tendencia a considerar la inscripción en términos de confirmación o de evidencia a favor o en contra de teorías, conceptos o ideas concretos.

La importancia fundamental de esta disposición material es que ninguno de los fenómenos “sobre los que” hablan los participantes podría existir sin ella. (...) No se trata sólo de que los fenómenos dependen de ciertos instrumentos materiales, sino que el escenario material del laboratorio constituye completamente los fenómenos. (Latour y Woolgar,1995, p.77).

Una idea similar es defendida por Bachelard (1953) cuando a lo anteriormente descrito se le da el nombre de fenomenotécnica, haciendo referencia a la realidad artificial, en donde adquiere la apariencia de un fenómeno en virtud de su construcción mediante técnicas materiales.

Por su parte Shapin (1991), en el texto: Una bomba circunstancial, menciona que se fundamenta en una filosofía de la experimentación, para plantear la tecnología en la de producción de conocimiento científico, la cual se compone de tres tecnologías, tecnología material, que hace referencia a la creación y utilización de artefactos, tecnología literaria, refiriéndose a la forma como se comunican los detalles en la construcción de artefactos y producción de un fenómeno, y la tecnología social, en la que expone la importancia de compartir las observaciones y construcciones teóricas hechas en torno a un fenómeno, con el fin de reivindicar y rectificar los conocimientos adquiridos.

En la bomba circunstancial se hace más énfasis a los alcances de la tecnología literaria, sin embargo, para los propósitos de la investigación centramos nuestro interés en lo expuesto sobre la tecnología material, ya que supone una característica de la actividad experimental muy particular; siendo una forma de intervención en el mundo físico.

Eventualmente Andrew Pickering (1995) es citado por diferentes autores con respecto al planteamiento que hace en relación a la experimentación, este afirma que en la producción de todo resultado experimental entran en juego tres procesos o modelos: Un procedimiento material en el cual se resalta el uso y funcionamientos de aparatos e instrumentos que permiten adquirir un conocimiento práctico. Un modelo instrumental que posibilita la comprensión conceptual del funcionamiento de aparatos e instrumentos dentro de las actividades experimentales, que facilitan la utilización de estos. Un modelo fenoménico que permite la comprensión conceptual del mundo por parte del experimentador, este le da sentido y significación a los aparatos y elementos en relación con la realidad.

Se logra identificar entonces un común denominador por así decirlo en la interpretación del carácter de la actividad experimental que desarrollan Latour y Woolgar (1995) con una fenomenotécnica, Shapin (1991) con una tecnología material y Pickering (1995) con lo que denominó como un procedimiento material; es así como encontramos en este punto, una forma particular de asumir y reconocer la bondad y riqueza que tiene la actividad experimental, ya que posibilita una manera de interacción directa y activa del sujeto con el mundo físico y los fenómenos en cuestión. para los intereses de esta investigación, se ampliará más adelante el concepto de procedimiento material expuesto por Pickering (1995).

A raíz de lo anterior, surge una perspectiva filosófica de la experimentación impulsada por Ferreirós y Ordoñez, (2002), desde este supuesto “la ciencia moderna puede verse como un híbrido entre filosofía (lógica, teorización, argumentación) y experimento (técnica, manipulación, observación)” (p.53). Con el interés de reconocer que se está ignorando una riqueza del proceder y acto científico cuando se limita a una mera elaboración conceptual que denominan como teoricismo, refiriéndose a la tendencia -clásica en filosofía de la ciencia- a privilegiar los aspectos teóricos del conocimiento sobre cualquier otro de sus rasgos; definiendo dicho híbrido como una filosofía técnica.

Siguiendo esta línea de la filosofía técnica, los procesos de manipulación, observación y método, que se identifican en los instrumentos utilizados en la práctica experimental, tienen otro enfoque, ya que su carácter y razón de ser va más allá de la simple toma de un dato, puesto que este posee

una carga experimental y desde luego teórica que se visibiliza en dichos procesos. “Y mil veces se ha recordado un dictum lleno de sentido: el que señala la carga teórica de la observación; pero olvidando otro menos importante: el que asigna siempre una carga experimental a la teoría. (...) la empresa científica es vacua si se prescinde de su dimensión experimental”. (p.58). Es decir, los instrumentos de medida o aparatos de los cuales se ha hecho referencia son un producto científico que ha requerido de los procesos antes mencionados, modelos, tecnologías; y en particular de una diáda entre las dimensiones teoría-experimentación.

Por tanto, podríamos interpretar en la experimentación una riqueza en el proceder científico y en particular a la característica de un *procedimiento material* y técnico, correspondiéndole gran parte de la construcción de los instrumentos de medida, artefactos y dispositivos; que dan cuenta de una tecnología material. Sin embargo, no sería suficiente resaltar dichos procesos dándole todo el crédito, ya que en el proceso hubo una intención, objeto de estudio, conceptos o bien teoría que influye en el antes durante y después de la actividad experimental; sin tener en cuenta otros aspectos importantes que ya se mencionaron.

Una corriente fenomenológica del mundo físico en la filosofía de las ciencias emerge con autores que buscan afianzar dicha postura de conjugar la teoría y la experimentación, si bien el concepto de fenomenología es muy diverso en cuanto a la interpretación y es utilizado más ampliamente en el campo de la filosofía, para nuestros intereses nos basamos en la interpretación que hace Malagón Sánchez (2013) de la fenomenología Con base en Husserl (1931) y Heidegger (1949) que menciona que es el fenómeno quien necesita ser revelado, este requiere de alguien para aparecer y no posee un carácter absoluto y verdadero. Es decir que cada sujeto hace una interpretación y actúa de cierta manera ante el fenómeno y con ello construye un campo fenomenológico.

Desde este punto de vista, el cual asegura Malagón es solo un poco de la intensidad y rigurosidad en este campo, la fenomenología considera al sujeto que aparece frente al fenómeno o quien incluso crea las condiciones para producirlo, siendo éste participe activo y determinante en la interpretación que haga del fenómeno debido a su estructura mental, que va a estar condicionada entonces por su vivencia en general.

Las anteriores reflexiones extraídas de la filosofía de la ciencia, tiene importantes repercusiones en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, autores como García y Estany (2010), Romero y Aguilar (2013), Malagón, Sandoval, Mercedes (2013), evidencian algunas problemáticas presentes en el aula, siendo más notoria aquellas que se relacionan con la concepción de ciencia que tiene el maestro y su postura frente al conocimiento y el qué hacer científico, para Romero y Aguilar (2013), es importante que el maestro tenga una adecuada concepción de la ciencia, ya que de esta manera será la que determine su intervención en el aula de clase, si tiene una concepción heredada de la ciencia, posiblemente no desarrolle actividades experimentales en el proceso y si los considera, será como una herramienta que verifica lo que se definió conceptual y teóricamente.

2. 1.3 Dificultades y repercusiones en la enseñanza de la física, derivadas del enfoque positivista de la ciencia.

A través de la historia de la educación en Colombia se logra entrever ciertas dificultades que se presentan en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, en los niveles de educación básica y media, Una de esas dificultades se debe a que los estudiantes presentan un rechazo continuo frente a estas áreas de conocimiento, esto se puede evidenciar durante las prácticas que hacen parte de la formación docente. Una de las razones por las cuales los estudiantes de básica secundaria y media no se interesan por el estudio de la ciencia, es que ellos aún están inmersos en un modelo de enseñanza tradicional, que supone una serie de consecuencias tales como:

- Se privilegia el aprendizaje memorístico: los estudiantes buscarán cualquier método que les ayude a resolver problemas, a menudo se les ponen talleres largos en los cuales deben resolver una gran cantidad de ejercicios, aunque los estudiantes los resuelvan no se puede asegurar que se comprendió el concepto físico estudiado, de alguna forma solo ha aprendido a resolver ecuaciones. Moreira (2012) señala que esto viene a ser el aprendizaje mecánico, el que prácticamente no tiene significado para ellos, ya que es puramente memorístico, que sirve para los exámenes y enseguida es olvidado. En lenguaje coloquial, el aprendizaje mecánico es la conocida memorización, tan utilizada por el alumnado y tan

incentivada en la escuela. las prácticas educativas están fundamentadas en la repetición mecánica y el almacenamiento de información, sin haber efectuado un proceso de significación y comprensión, este aprendizaje es de corto plazo, porque no tiene relación con ningún otro contenido que pueda ayudar a ser recordado.

- Predominio de la teoría sobre la actividad experimental: En muchas escuelas se le da más importancia a que los estudiantes repitan al pie de la letra la teoría y por otro lado la actividad experimental que en pocos casos se desarrolla pasa a un segundo plano. Un aspecto fundamental de la enseñanza tradicional es que se le da menos relevancia a la actividad experimental, esta es la razón por la cual en muchos casos no se realiza, el tiempo dedicado a las actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias en general es reducido, esto puede ser debido a diferentes motivos: excesivo número de alumnos, falta de instalaciones aptas para el trabajo experimental, falta de recursos materiales y herramientas de trabajo propias del área. La actividad experimental se hace como “laboratorio tipo receta” se hacen siguiendo una serie de pasos determinados para lograr unos resultados concretos, de tal forma que, si los estudiantes no logran obtener dichos resultados, se considera que la actividad Experimental está mal efectuada, pues el objetivo principal de esto es la comprobación de la teoría. Esto no permite al estudiante un ejercicio de indagación acerca del tema que se está tratando pues la teoría es absoluta. esto ocasiona que teoría y práctica estén separados uno de otro, en consecuencia los estudiantes normalmente presentan dificultades al responder preguntas que tengan que ver con los conceptos dados en el proceso de enseñanza, Dichas dificultades tienen que ver, entre otros aspectos, con la falta de comprensión de los conceptos (Viennot, 2002) así como con la escasa relación con la actividad experimental y falta de apropiación de la experiencia sensible que le permita dar cuenta de los fenómenos estudiados (García.,1999). La actividad experimental se debe basar en ayudar a los alumnos a construir conocimiento y desarrollar su comprensión sobre la naturaleza de la ciencia.
- El maestro como dueño del conocimiento: “Los procesos de enseñanza son vacíos si no se considerara importante la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia” (García y Estany, 2010, p.7). La física es una ciencia en la cual se da un consenso respecto a determinado

tema, así que en el aula de clases no debería ser diferente, es la costumbre pensar que el maestro es el que sabe todo acerca de los temas y todo lo que él diga debe ser cierto, esta forma de enseñanza no da cabida a que los estudiantes piensen acerca de los fenómenos físicos y den sus propias interpretaciones del mundo que los rodea, esto no los motiva a preguntarse sobre la naturaleza de la física, pues el maestro lo sabe todo y el dará las respuestas, como ya se mencionó esto da una imagen de ciencia acabada.

Una forma diferente de ver la experimentación tendría como efecto una visión de ciencia diferente, la experimentación guiada pone a la teoría por encima de la experimentación y crea una separación entre ambas, la experimentación cualitativa y exploratoria como lo menciona (García y Estany, 2010) tienen otro enfoque en el que se resalta la importancia de la experimentación en la construcción del conocimiento y donde esta no es subsidiaria de la teoría, en esta perspectiva de experimentación puede haber una posibilidad de superar los problemas expuestos anteriormente.

2.1.4 La actividad experimental desde una perspectiva exploratoria o cualitativa

En la enseñanza de la ciencia ha sido cuestionado y señalado la forma en que se lleva a cabo la experimentación pues esta ha sido orientada bajo un modelo positivista que subyace de la perspectiva científica, que a su vez perpetúa una visión simplificada de la ciencia y una separación de la teoría y experimento en la actividad científica. (Malagón, 2011; García y Estany, 2010; Romero & Aguilar, 2012).

Por ello nace la necesidad de brindar de un nuevo rol a la experimentación puesto que pocas veces son objeto de análisis y reflexión las implicaciones de tales perspectivas en la enseñanza de la física (Romero & Aguilar, 2012).

Para ello esta investigación centra su atención en en la distinción tipológica planteada por (Ferreirós & Ordóñez, 2002) de la experimentación con su relación conceptual. En un primer

momento una experimentación cualitativa y una experimentación cuantitativa y en un segundo momento una experimentación exploratoria a una experimentación guiada.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente la experimentación exploratoria y cualitativa es la forma o manera en que se desarrolla la propuesta didáctica que guía la presente investigación; como señala (Romero & Aguilar, 2012) pese a que la experimentación exploratoria y cualitativa tengan poco peso y no se han bien analizadas, no implica que sean poco importantes, Es así que se enfoca la mirada en este tipo de experimentación, dado que es claro que no se pretende llegar a tomar datos, hacer cálculos, o hacer comprobaciones, sino que se busca dar paso a una construcción de conocimiento a través de la manipulación, observación y funcionamiento de aparatos que permitan la construcción de explicaciones.

2.2 El procedimiento material como algo intrínseco y relevante en la actividad experimental

Según Pickering (1995) en la producción de cualquier resultado experimental entran en juego tres elementos fundamentales, Un procedimiento material, un modelo instrumental (se edifica principalmente sobre una interpretación del procedimiento material) y un modelo fenoménico. En este apartado se centrará en el Procedimiento material. Este incluye la utilización de diferentes elementos, instrumentos o aparatos en la actividad experimental.

El manejo de los aparatos y la disposición que se le da a los elementos en la actividad experimental suponen un conocimiento práctico que se adquiere al variar el uso o la disposición de los aparatos o elementos hasta hacerlos funcionar adecuadamente en la actividad experimental. Así se adquiere una comprensión conceptual sobre el funcionamiento del aparato que le sirve al experimentador para diseñar, realizar e interpretar el experimento. (Ferreirós y Ordóñez 2002). Son los elementos, instrumentos o aparatos lo que determinan la actividad experimental, la elección de los elementos que se usarán para la comprensión conceptual de su funcionamiento. Para poner un ejemplo en el estudio de la electricidad al comprender el fenómeno de la conducción eléctrica, los experimentadores ponían a prueba todo tipo de materiales en este fenómeno, esto dio como resultado la distinción entre materiales conductores y no conductores. (Ferreirós y Ordóñez 2002).

En estas actividades experimentales de carácter exploratorio o cualitativo se fue adquiriendo una mejor comprensión sobre el fenómeno lo que permitió que se realizaran experimentos cada vez más reveladores y esto no habría sido posible sin los elementos que se utilizaron para experimentar y los procedimientos que se fueron perfeccionando a medida que se experimentaba.

En el ámbito educativo las actividades que usualmente son guiadas paso a paso no reconocen la importancia de estos elementos y aparatos, pues solo se utilizan para obtener un dato determinado y no va más allá de solo eso. En esta investigación se harán un recuento de reflexiones en torno a las concepciones sobre instrumentos en la historia de la ciencia y como se puede emplear para realizar una transposición didáctica al aplicarse en la enseñanza de la física. reconociendo el potencial los elementos, aparatos e instrumentos en los procesos de aprendizaje llevados a cabo en la escuela.

2.2.1. El aparato experimental

La física es una ciencia que trata de explicar cómo funciona el mundo a través de la experimentación, donde se observa, se describe, se buscan explicaciones, se reflexiona, se explora y en general busca resolver alguna incógnita que surge al estudiar el comportamiento de la naturaleza. El primer contacto que tenemos con el mundo es a través de nuestros sentidos y con estos experimentamos desde que nacemos. Aguilar (2010) Menciona que los instrumentos físicos más universales están contruidos dentro de nuestro cuerpo. Obtenemos información del mundo a través de nuestros ojos, oídos, el tacto, el gusto y el olfato. Es difícil tan siquiera imaginar el mundo sin tener ningún sentido para interactuar con él, necesitamos de estos instrumentos con los cuales nacemos para construir una imagen de la naturaleza que nos rodea, si nos faltara, aunque sea un solo sentido la imagen que tendríamos de nuestro entorno sería muy diferente. Aun así, nuestros sentidos no son perfectos y en ocasiones pueden ser engañados o no ser lo suficientemente poderosos para analizar los fenómenos que se presentan en la naturaleza, para estudiar el mundo de una mejor manera se construyeron aparatos que ayudan a observar la naturaleza más allá del límite que tienen nuestros sentidos.

Hacking (1999) defiende que la experimentación es la intervención humana mediante aparatos en el laboratorio. De la misma manera que imaginar el mundo sin sentidos sería algo muy complejo,

igualmente imaginar cómo sería la experimentación en física sin los instrumentos y aparatos sería algo impensable. Iglesias (2004) menciona que una de las principales acciones que se lleva a cabo en los laboratorios es la intervención de la naturaleza a través de aparatos, es decir los efectos científicos son un resultado de dos interacciones, la que realiza el hombre con sus aparatos y las respuestas que da eso que llamamos naturaleza. Luego interpretamos y modelamos ese comportamiento que nos dio la naturaleza para crear leyes y teorías. En este orden de ideas se puede decir que los instrumentos y aparatos son el mediador entre el experimentador y la naturaleza, es decir, son imprescindibles para el estudio del mundo.

Para Iglesias (2004) el uso que se le da a las palabras instrumento y aparato parece ser el mismo, no obstante, aclara que cuando se habla de instrumento parece aludir a “recursos de estantería”, algo que ya está construido y disponible para su uso, en cambio aparato o artilugio hace referencia a que muchas veces son construidos especialmente para realizar determinados experimentos. En este trabajo de investigación se toma una postura similar frente al significado de estas palabras, cuando se hable de aparato se estará haciendo alusión a la construcción de un artefacto que no sea complejo. Y que permita la reflexión en torno a un fenómeno en específico, o incluso visibilizar y hablar de un fenómeno a través de la construcción de un artefacto.

2.2.2. La importancia del instrumento a través de la historia de las ciencias

“Tanto los aparatos como los instrumentos que utiliza el científico son relevantes en la construcción de conocimiento. En los libros de texto no se le da importancia a esta parte del conocimiento.”. (García E y Estany, 2010, p21.). Como ya se mencionó los aparatos nos permiten ver más allá de lo que nuestros propios sentidos nos permiten, sin embargo, parece que no se les da la importancia que merecen en la historia de la ciencia y en la enseñanza de esta. Reivindicando el papel que tienen los aparatos en la construcción del conocimiento Iglesias (2004) afirma que “los aparatos han extendido nuestra conciencia del mundo, por medio de ellos hemos ampliado nuestros horizontes y perspectivas y se ha transformado el mundo en que vivimos” (p.111). En estos está el centro de la comprensión del mundo, es a través de ellos que podemos estudiar a detalle la naturaleza además con la creación de nuevos aparatos la ciencia ha ido avanzando.

Mediante los aparatos que se construyeron a lo largo de la historia de la ciencia, se ha podido observar y dar cuenta de nuevos fenómenos. Son los aparatos quienes nos permiten decirnos como es el mundo. Estos “son condición de posibilidad del descubrimiento científico”. (Iglesias, 2004, p.112). Siempre que se encontraba un nuevo dispositivo experimental o cuando se construía un nuevo aparato o instrumento, había una intensa exploración, que consistía en ver que es lo que se podía hacer con el nuevo dispositivo o aparato experimental, de variar las circunstancias imaginativamente y ver qué pasaría luego de la variación. Un ejemplo de esto fue el estudio de la electricidad, habiendo comprendido el fenómeno de la conducción eléctrica, los experimentadores realizaron pruebas con todo tipo de materiales, este juego exploratorio dio como resultado la distinción entre materiales conductores y no conductores. (Ferreirós y Ordóñez, 2002).

Los comerciantes de instrumentos en el siglo XVIII ofrecían tres clases diferentes de estos, los instrumentos matemáticos, que son los que permiten registrar mediciones cuantitativas precisas, los instrumentos filosóficos, que eran los que colocaban la “filosofía natural” ante fenómenos cualitativamente novedosos de los cuales aún no se sabía mucho, y por último los instrumentos ópticos, para ver y apreciar cambios. Ferreirós y Ordóñez (2002) afirman que no hay nada que sea propio o característico en el diseño de un instrumento que lo haga ser filosófico y le impida ser matemático eso radica en el uso que se le dé en la actividad experimental.

En este orden de ideas se puede decir que hay aparatos para experimentos cualitativos y para experimentos cuantitativos. Durante varios años, los instrumentos filosóficos no sirvieron para realizar mediciones precisas, la historia del instrumento lo lleva de ser un productor de nuevos efectos a ser un medidor preciso, los barómetros y los termómetros fueron objeto de estudio cualitativo durante un largo periodo, hasta que se pudo comprender cuáles eran los fenómenos que registraban, sus características como instrumentos y sus posibles usos, así fue posible usarlos para medir y volverlos cada vez más precisos (Ferreirós y Ordóñez 2002) al haber un nuevo efecto se estudiaba con ayuda de los instrumentos filosóficos y tras el estudio y la experimentación se lograba una mejor comprensión del fenómeno, descubriendo cosas nuevas, es cuando posteriormente se modifica el instrumento para lograr mediciones cada vez más precisas del fenómeno, en este sentido pareciera que el fin último del instrumento sea medir de la forma más

precisa posible el fenómeno para tener una comprensión más cercana a la naturaleza. Siendo así no es sorprendente ver que actualmente se tiene la concepción que el instrumento sólo sirve para hacer mediciones, desconociendo todo el proceso por el que pasó en la construcción del fenómeno y cómo ayudó a la comprensión de este, al desconocer toda esta parte histórica y teórica que contiene el instrumento hace que termine siendo subvalorado.

2.2.3. Potencial del instrumento para la educación científica

Si se piensa en la física y sus raíces se puede decir que es una ciencia empírica que nace a través de la experimentación, pero cuando se piensa en la forma como se enseña física en las instituciones de educación media se nota que la actividad experimental no hace parte de los procesos que se llevan a cabo en el aula y predomina una visión teórica de las ciencias con la cual se aprecia que las dificultades en los estudiantes a la hora de aprender sobre los fenómenos pues termina por reducirse a un aprendizaje memorístico, de fórmulas y definiciones cargadas de información abstracta. (García y Estany, 2010). Las pocas actividades experimentales que se realizan son de tipo cuantitativas y están mal encaminadas. Hodson (1994) afirma que

A los estudiantes se les suele pedir frecuentemente que comprendan la naturaleza del problema y el procedimiento experimental (ninguno de los cuales les son consultados), que adopten la perspectiva teórica relacionada con el tema de estudio (con una ayuda mínima del profesor), que lean, asimilen y sigan las instrucciones del experimento, que manejen el aparato en cuestión, que recopilen los datos obtenidos, que reconozcan la diferencia entre los resultados conseguidos y los resultados que «deberían haberse obtenido», que interpreten tales resultados y escriban un informe del experimento (a menudo utilizando un lenguaje impersonal y curiosamente oscuro), (...). El trabajo práctico, tal como se lleva a cabo en la actualidad, plantea demasiadas barreras innecesarias que dificultan el aprendizaje, (...). En muchos casos, los experimentos pueden simplificarse mediante la eliminación de algunos pasos menos importantes y el empleo de aparatos y técnicas más sencillas. (p.304).

Esto da como resultado una imagen de ciencia no adecuada para el aprendizaje y donde el instrumento está al servicio de la teoría pues solo se utiliza para tomar un dato cuantitativo y se olvidan de estudiar su funcionamiento y relacionarlo con el fenómeno que se pretende estudiar. “Saber física no es solamente saber de leyes y teorías, también es el saber experimental” (García y Estany, 2010, p.23).

Hay casos en los cuales no se hacen actividades experimentales, en algunas instituciones el laboratorio - cuando lo hay- termina siendo una bodega y en otros casos el acceso a este es muy restringido y el tiempo de clase es muy corto a menudo 2 horas por semana, razones por las cuales los maestros argumentan no hacer actividades experimentales. Galison (como se citó en Iglesias, 2004) menciona que el laboratorio muta y no es estable a través del tiempo. La imagen del laboratorio puede ubicarse en diferentes sitios a través de la historia pueden ser lugares secretos aislados del exterior donde los alquimistas buscaban la fuente de la vida eterna o pequeños congresos donde varios eruditos observaban un fenómeno y dan sus posibles explicaciones hasta llegar a un consenso.

Haciendo uso del anterior aporte de la historia de la ciencia, se puede pensar en ubicar el laboratorio en el aula de clases, donde se lleve a cabo actividades experimentales cualitativas que no requieran del uso de instrumentos especiales “cuya riqueza está en llenar de sentido un conocimiento” (García y Estany, 2010, p.23). Que permitan la reflexión en el aula de clases sin necesidad de llevar a cabo estas actividades experimentales en espacios especiales.

En el instrumento puede haber una posibilidad para la comprensión conceptual de los fenómenos físicos. “El conocimiento práctico que se encuentra en el diseño, creación, construcción y funcionamiento de aparatos e instrumentos son relevantes en la construcción de conocimiento”. (García, 2011, p.95). En su construcción se utiliza y se interiorizan ideas que son puestas a prueba en la realidad, esto motiva al estudiante puesto que pasa a tener un papel mucho más activo en la construcción del conocimiento, ya que debate con sus compañeros sobre cuál es la mejor forma de construir el instrumento, de acuerdo con las indicaciones dadas por el docente y la actividad que deben realizar, además de hacer posibles variaciones o anexos que les permita profundizar en el tema. El objetivo no es el de hacer replicas iguales a los originales, es la comprensión conceptual. Construir explicaciones, discutir sobre el diseño y funcionamiento de aparatos e instrumentos

permite comprender los fenómenos de manera significativa. (García, 2011). Este tipo de actividades experimentales hace que el estudiante se acerque más a la ciencia y no la sienta impersonal, en la construcción de un aparato el estudiante pasa de seguir una serie de pasos determinados para llegar a un resultado específico, a buscar una meta y en el proceso puede hacer adiciones en la construcción del aparato, adaptarlo a sus necesidades, sentirlo propio pues es él quien está construyendo, poniendo sus ideas y sus pensamientos confrontándolos con otras personas llegando a acuerdos, experimentando con el fenómeno y aprendiendo cómo funciona. García y Estany (2010) afirman que hay fortalezas en la práctica científica que permiten abrir posibilidades de exploración experimental y conceptual en donde los aparatos e instrumentos son relevantes en la construcción del conocimiento y de esta manera la experimentación supera el papel subsidiario de la teoría, donde el estudiante tiene un papel activo en la construcción del conocimiento.

2.2.4 El papel del instrumento invisibilizado a lo largo de la historia de la ciencia y su enseñanza

El historiador y sociólogo de la ciencia Steven Shapin en su obra “una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle” relata como Boyle con ayuda de Robert Hooke crean la bomba de aire o bomba neumática, al experimentar con ella encuentran algunos efectos, los cuales no eran fáciles de explicar por lo que se buscaba crear un consenso sobre el fenómeno observado para así poder acreditar este conocimiento.

Los hechos de Boyle eran el producto de una máquina. En su terminología, él calificaba las experiencias hechas en la bomba de aire de “no evidentes” o de “complejas” por oposición a la “simple” observación de la naturaleza, o a las experiencias “evidentes” Boyle se servía de esta bomba para generar fenómenos que él interpretaba en términos de “flexibilidad del aire” (o elasticidad) y de pies de aire (o presión). (Shapin, 1991, p.4).

Para Boyle las experiencias tenían la capacidad de producir hechos, pero dependía de que al realizarlas hubiera una comunidad expectante que estuviera segura de lo que había visto.

“menciona como lo afirmaban Boyle y los otros experimentalistas ingleses, los conocimientos debían tener una base empírica, era necesario que sus fundamentos experimentales fueran atestiguados por testigos oculares”.(Shapin, 1991, p.6) Para Boyle los testimonios múltiples constituían el fenómeno, con esto quiere decir que en cuyo caso un fenómeno esta abalado bajo la observación de varios individuos los cuales acuñan la existencia o no de él, pero para que esto se dé, se debe buscar el perfecto escenario donde se pueda llevar a cabo, y así poder reunir la mayor cantidad de conocedores en un solo lugar, y una de las formas que se encontró para obtener múltiples testimonios era realizar las experiencias en un espacio social. El “laboratorio” que en este caso fue una sala publica donde se llevaban a cabo los experimentos, las primeras experiencias con la bomba de aire fueron ejecutadas conforme a lo habitual en las salas públicas de la Royal Society, hasta donde se había transportado el aparato, Boyle relata que estas experiencias en su mayor parte eran observadas por “hombres hábiles” o en “presencia de la asamblea ilustrada de virtuosos” quienes contribuían a los testimonios que en un fin ayudarían a construir la veracidad del fenómeno. Otra forma de multiplicar los testimonios sobre los fenómenos producidos de manera experimental era facilitar la reproducción de la experiencia y por último la tercera forma de multiplicar los testimonios que no requería de testigos oculares ni de su reproducción se le llamo testimonio virtual, esta buscaba producir en la mente del lector una imagen de la experiencia de forma muy detallada.

En este episodio de la ciencia se logra apreciar cómo el aparato es el que permite el descubrimiento científico, cómo propicia el dialogo sobre los efectos cualitativamente novedosos que mostraba y cómo a partir de esto se crea la divulgación científica para llevar la ciencia a todos los niveles sociales de la época, sin el aparato no se habría podido conocer y comprender este nuevo fenómeno, hoy en día la bomba de aire se utiliza en muchas partes como por ejemplo en la industria de los alimentos, donde empacan los alimentos al vacío para que se puedan conservar por más tiempo, sin embargo los aparatos no son reconocidos en la historia y pasan a un segundo plano y solo se menciona los modelos teóricos y leyes que con él se descubrieron. No se reconoce la presencia histórica del aparato, obviada generalmente por historiadores y por filósofos de la ciencia, el reconocer esto implica una concepción muy diferente de la ciencia y del mundo (Iglesias, 2004).

Hay muchas ramas de la física donde es imprescindible el aparato para la construcción de conocimiento como por ejemplo en el electromagnetismo, la termodinámica, física de campos, física de la luz entre otras, sin embargo, García y Estany (2010) mencionan que en los libros de texto que se utilizan para la enseñanza de las ciencias no se le da a los instrumentos la importancia que merecen, poniendo como ejemplo la electrostática, en los libros de texto se menciona al electroscopio de paneles de oro para hacer registro de cargas eléctricas, sin embargo, su importancia no va más allá que como detector de carga eléctrica. Esto se puede evidenciar en las instituciones educativas donde las actividades en el laboratorio requieren que los estudiantes manipulan una serie de instrumentos, pero no se reflexiona sobre su historia, del para qué fueron contruidos, cómo funcionan, pareciera que solo sirven para tomar un dato y se desconoce el poder que tienen estos para la construcción del conocimiento

2.2.5 La naturaleza de la luz y el fenómeno de reflexión desde una perspectiva clásica

Para hablar del fenómeno de la reflexión de la luz, es necesario comprender que es la luz, su naturaleza y como está se propaga, para ello es necesario indagar como ha sido la construcción de la óptica, rama de la física que estudia y analiza los fenómenos relacionados con la luz.

Son distintos fenómenos relacionados con la luz que han llamado la atención del hombre tales como el arco iris, las sombras, las reflexiones y las refracciones. Estos han llevado a que se busque dar sentido y explicaciones a lo que los ojos ven y no logran comprender, por estos fenómenos se ha construido una rama de la física que recibe el nombre de óptica, palabra griega que significa relacionado con lo visto. Los primeros documentos que tratan este tema de la naturaleza de la luz datan del primer milenio antes de cristo, estos no solo son documentos de origen griego, también se encuentran documentos de china e india, sin embargo, las ideas de los filósofos griegos son los que han influenciado en gran medida la forma en que esta se construyó por ello se centra en la postura expuesta por ellos.

En el siglo quinto a.C., el filósofo griego Empédocles creía que todos los seres del universo estaban formados por cuatro elementos: fuego, aire, tierra, y agua. Y que la diosa Afrodita creó los ojos

humanos sin utilizar ninguno de los cuatro elementos, y que encendió en ellos una llama especial que brillaba hacia el exterior, es decir que los ojos emitían una especie de “fuego” que permitía la vista posible.

Los atomistas no estaban de acuerdo con esta teoría y fueron dos discípulos de Demócrito: Epicuro y Lucrecio quienes debatieron las ideas de Empédocles. El primero afirmaba que eran los objetos los que emitían un conjunto de átomos que al llegar al ojo permitían la visión. Para explicar que solamente vemos en presencia de una fuente de luz, Lucrecio afirmaba que los rayos del sol o de otra fuente de luz facilitaban el trayecto de los átomos emitidos.

Platón recoge estas ideas en su teoría sobre la visión, pero su discípulo Aristóteles rechaza la idea del flujo de fuego, introduciendo un medio que lo llenaba todo el “éter” y que permitía la transmisión de algunas propiedades intrínsecas de los objetos. Afirmaba que el proceso de visión era instantáneo.

Todas estas ideas que hoy pueden resultar un poco descabelladas o desacertadas fueron la forma en que se fue concibiendo el proceso de percepción de la visión, además de estas posturas los griegos también tenían una gran habilidad con la geometría, misma que fue utilizada para dar explicación a la formación de las imágenes.

Uno de los grandes aportes en la rama de la óptica lo hizo Euclides que escribió en torno al 300 A.C el texto titulado “Óptica” en el que parte de 7 postulados y elabora un tratado sobre la perspectiva y la visión como una aplicación de la geometría, estos son los postulados:

- 1. Los rayos rectilíneos que proceden del ojo atraviesan grandes distancias.*
- 2. La figura contenida por un conjunto de rayos visuales es un cono cuyo vértice se encuentra en el ojo y la base en la superficie de los objetos vistos.*
- 3. Las cosas se ven sobre las cuales caen los rayos visuales y aquellas que no se ven son por que no caen los rayos sobre ellas.*
- 4. Las cosas que se ven bajo un ángulo más grande parecen más grandes, las que están bajo un ángulo más pequeño parecen más pequeñas y las que están bajo ángulos iguales parecen iguales.*

5. *Las cosas que se ven con los rayos visuales superiores parecen más altas, y las cosas que se ven con los rayos visuales inferiores aparecen más bajas.*
6. *Las cosas que se ven por los rayos más a la derecha aparecen más a la derecha, y las que se ven por los rayos más a la izquierda aparecen más a la izquierda.*
7. *Las cosas que se ven bajo más ángulos se ven más claramente.*

Estos postulados fueron los primeros que describieron un comportamiento matemático en el proceso de visión, e influyó en los trabajos posteriores de los científicos. Christiaan Huygens publicó en 1690 una obra titulada "Tratado de luz". En el cual buscaba describir las leyes fundamentales de la luz para ello Huygens discrepa de que la luz consistía en el transporte de una serie de "átomos" puesto que si así fuera cuando llega la luz de distintos sitios no se distorsiona, los átomos chocarían y la luz se desviaría.

Así, por analogía con el sonido que se propaga por el aire como la vibración de unas partículas a otras, Huygens concluye que la luz debe consistir en un movimiento de una materia que llena todo el espacio, el éter. Dicho movimiento se extiende en forma de superficies y ondas esféricas igual que en el sonido. Huygens las llama ondas por analogía con las ondas que se observan en el agua cuando cae una piedra.

Unos años después de la publicación del libro de Huygens, aparece la publicación en 1704 titulada "Ópticas o, un tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz". Por el físico Sir Isaac Newton, en este tratado se estudia la reflexión de la luz, la refracción, la formación de imágenes por las lentes, la descomposición espectral y la teoría del arco iris, etc.

Para Newton, la luz está constituida por pequeñas partículas desprendidas de los cuerpos luminosos o iluminados que se mueven en un medio "misterioso" llamado éter y que al interactuar con el ojo producen el efecto de la visión. Según este modelo, los fenómenos experimentados por la luz, como por ejemplo la reflexión o la refracción, son fenómenos puramente mecánicos, perfectamente explicables a partir de los Principios de la Dinámica newtoniana. Es así como se da un enfrentamiento entre la teoría ondulatoria de la luz propuesta por Huygens, siendo aceptada la primera por la personalidad de Newton y por la claridad con que Newton explicaba y exponía los diferentes fenómenos conocidos desde la teoría corpuscular.

Los trabajos de Thomas Young y Augustin Fresnel acerca de la interferencia, junto con los del propio Fresnel con François Arago acerca de la polarización ayudaron a destronar a la teoría corpuscular de la luz. Además de ello los estudios teóricos de James Clerk Maxwell demostrando que el campo electromagnético se propaga en el vacío con una velocidad igual a la de la luz y los experimentos de Hertz en 1888, llevaron a la conclusión de que la luz es un fenómeno electromagnético.

Todo este recuento histórico de la naturaleza de la luz permite evidenciar que ha sido una teoría que se ha construido desde diferentes puntos de vista y que se han ido transformando durante el tiempo, por ello la importancia de comprender que todo concepto o teoría sufre transformaciones o construcciones para consolidarse, es decir que es desafortunado mostrar una imagen acabada de la física, pues esta no se ha dado de esta manera.

2.3 Reflexión de la Luz

Primero hay que destacar que se consideró pertinente trabajar con el fenómeno de la reflexión de la luz puesto que se vio gran incidencia de este fenómeno en la realidad, lo cual posibilita que los estudiantes puedan tener una comprensión de un fenómeno más contextualizado e idóneo, debido a que este es muy evidente en su cotidianidad y hay muy poca comprensión y noción del fenómeno por parte de los estudiantes.

A la vez encontramos dificultades con la enseñanza de este fenómeno pues evidenciamos que todas las explicaciones se centran en comprender el comportamiento de los rayos de luz, y esta enseñanza se da de una manera muy tradicional en donde los estudiantes no tienen la posibilidad de comprender realmente la naturaleza y funcionamiento del fenómeno. Al hacer un rastreo en los libros de texto y en las guías experimentales que se han propuesto se encontró que hay muy poco material que permita un mejor acercamiento al estudio y comprensión de este fenómeno, es por ello que en búsqueda de una mejor comprensión, centramos nuestra mirada debido a que desde nuestra propia experiencia en el proceso de aprendizaje y enseñanza de la física identificamos que no se tuvo la oportunidad de encontrar actividades experimentales que indagaran y guiaran la

construcción conceptual de este fenómeno, si no que por lo contrario eran guías experimentales centradas en óptica geométrica y otros conceptos, que no se detenían en la comprensión de este y en la verdadera naturaleza del mismo.

El acercamiento a la comprensión de este conocimiento en la actualidad, no permite evidenciar las transformaciones, dificultades y formas de interpretación que este fenómeno ha afrontado para ser construido, es por ello que se considera pertinente este tipo de propuesta dado que se busca que el estudiante pueda recrear experimentalmente, probar, discutir y, analizar este fenómeno físico, Ello con el fin de que puedan lograr una verdadera y mejor comprensión del fenómeno y evidenciar la relación que este tiene en su vida cotidiana, pues este no es algo que está ajeno a su realidad y que solo se pueda limitar a ser visto en un laboratorio o salón de clases, si no por el contrario que está presente en muchos eventos cotidianos.

3. METODOLOGIA

3.1 Enfoque y Tipo de estudio.

Con relación a las reflexiones en torno a la construcción de conocimiento y procesos de investigación, que se han realizado durante los seminarios de prácticas y el objetivo trazado en esta investigación, el trabajo se inscribe en un paradigma cualitativo interpretativo y apoyados en los planteamientos de Stake (2010) en el cual, mediante las actividades propuestas, las discusiones generadas, el uso y el diseño de actividades, vinculadas a la dinámica científica en la enseñanza de la ciencia, y en particular de la física; se busca centrar la atención en las explicaciones suscitadas en los estudiantes que se derivan de la construcción de un procedimiento y funcionamiento de elementos materiales en el fenómeno de reflexión de la luz, Lo cual permite un acercamiento a la generación y aproximaciones en las explicaciones. Lo anterior con el propósito de hacer una interpretación que conlleve a comprender posibles aportes que se puedan desprender, como ideas para mejorar el proceso de enseñanza de la física.

Este trabajo investigativo se orientó mediante un estudio de caso tomando como referente los planteamientos propuestos por Stake (2010), quien menciona que, los casos que son de interés para la educación pueden ser una persona o un grupo de personas, estudiantes, profesionales, entre otros; pero a la vez es una parte minúscula y compleja de una generalidad en funcionamiento. Es decir, que dicho estudio no hace parte de una generalidad ni está en busca de una, sino que es el caso como tal, las explicaciones y procedimientos por parte de los estudiantes derivados de los elementos y procedimientos asociados al fenómeno de reflexión de la luz en la clase de física que lo hace único y sujeto a la interpretación por parte de los investigadores.

El estudio de caso es de carácter instrumental dado que el caso en sí ocupa un papel secundario, pues como lo menciona Stake, lo que se busca con el caso es comprender algo completamente diferente en donde, el caso como tal, se convierte en un instrumento o en el medio para alcanzar y comprender lo que realmente es de interés para los investigadores (Stake, 2010),

El interés y decisión por realizar un estudio de casos instrumental deviene de la primera práctica, en donde surge la inquietud de cómo orientar la clase de física en donde la actividad experimental tuviese un papel diferente al que se le concibe aún, basada en la construcción y reflexión de elementos que componen la reflexión de la luz y los procedimientos materiales, que posibiliten el estudio de dicho fenómeno de la luz con una diada de teoría-experimentación; en donde la disposición del espacio, los momentos propuestos y en últimas los resultados y respuestas por parte de los estudiantes permitirán dar una interpretación de dichos procedimientos y los alcances en éste propósito.

3.2 Caso y contexto de la investigación.

Esta investigación se implementó en un primer momento en la Institución Educativa Manuel J Betancur del corregimiento de San Antonio de Prado, de carácter público y oficial con una población diversa y en su mayoría con estudiantes de estratos 1,2 y 3, en donde se tomó un grupo de estudiantes de grado undécimo de edades entre 15 y 17 años, para llevarse a cabo en el

laboratorio de la institución y en un horario extracurricular, puesto que las condiciones no permitían que se desarrollara dentro de los horarios de las clases, por ello la propuesta se desarrolló de 12:30 a 1:45 de la tarde, durante los meses de septiembre y noviembre. Puesto que la información que se obtuvo fue muy poca debido a diferentes actividades en la institución que irrumpieron en el transcurso de la aplicación. Fue necesario aplicar la propuesta pedagógica en la Institución Educativa Rural de Piedras Blancas de carácter público y oficial en el municipio de Guarne, en donde ya se conocía con anterioridad el tipo de población, dado que se había acompañado con unas actividades piloto y unas observaciones de clase que permitió entrever problemáticas muy similares entre las dos instituciones.

La propuesta didáctica fue implementada a principios del 2019 con los estudiantes del grado 11 conformado en su totalidad por 9 estudiantes pertenecientes a estratos sociales entre 1, 2 y 3 con edades aproximadas entre los 15 a 17 años; el tiempo en cada sesión fue de aproximadamente 3 horas intensivas y se emplearon 3 sesiones.

Estos grupos de estudiantes fueron seleccionados por el acompañamiento que se tuvo en el proceso de práctica y la motivación de los estudiantes en participar en el proyecto. En el caso de la aplicación en Piedras Blancas, fue posible gracias a la gestión y esfuerzo de nuestra asesora del trabajo de grado Yaneth Liliana Giraldo y a los docentes que brindaron la oportunidad de la implementación de la propuesta. Los criterios en cuanto al grado y la edad de los estudiantes es por las bases de pensamiento físico que ya poseen, aunque la propuesta como tal se puede implementar en otros grados, lo que cambiaría son los elementos utilizados en las actividades que faciliten el desarrollo de las actividades y no resulte complejo manejarlos.

3.3 Sobre la propuesta de enseñanza.

La propuesta de investigación surge entonces con la intención de que la actividad experimental sea considerada como un camino y forma para la enseñanza de un concepto, además haciendo hincapié en lo que denominamos como un procedimiento material en la actividad experimental, Cobró importancia en la mayoría de las actividades, la construcción de algún elemento durante la

clase y por supuesto las contribuciones que tuvieran relación con el objeto de estudio; es así como aquello fue configurando una clase en la cual la actividad experimental fuese un punto de partida para el proceso de enseñanza de la física.

Posteriormente se fue analizando la posible temática de la física con la cual orientar la propuesta, donde consideramos inicialmente el concepto de energía, luego los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, para que finalmente fuese el fenómeno de reflexión y sus leyes el que suscitó más interés y particularmente porque es uno de los temas en física a los cuales casi que no se le considera experimentalmente y es enseñado y representado de forma tradicional, desconociendo la incidencia que este fenómeno tiene en la cotidianidad para su enseñanza. Lo cual permitiría una mejor comprensión de la reflexión de la luz.

Las Actividades que se desarrollaron fueron:

- **Jugando con el láser:** Esta se desarrolló en una primera sesión que tuvo como objetivo que los estudiantes interactuaran con un láser y superficies reflectoras (espejos de bolsillo), después de ello se les desafió a la formación de figuras geométricas. Ello con el propósito de introducir a los estudiantes a la representación de un rayo de luz, su comportamiento, la sensibilidad y tacto con el fenómeno como tal y sus dos primeras leyes.
- **Holograma 3D:** Esta se desarrolló en una segunda sesión, en esta se propone la construcción del Holograma 3D con los elementos llevados a clase y con los dispositivos electrónicos, que tenía como propósito comprender el fenómeno y la formación de

imágenes por reflexión que dieran una explicación a dicha ilusión óptica que propiciaba este artefacto. Al igual que impresionarlos y cautivarlos con lo maravilloso de la física.

- **Que la física nos salve:** Esta se desarrolló en una tercera sesión en la cual se propuso unas situaciones problemas a dos diferentes grupos donde la idea era que los estudiantes suscitara las reflexiones y preconcepciones del fenómeno ya abordadas anteriormente que les permitiera ideas en la solución de dicha problemática, donde el Periscopio fue el artefacto más idóneo para las condiciones dadas.

3.4 Estrategias para el registro de la información.

Las estrategias para la recolección de información son todas aquellas que nos permitan identificar y evidenciar en la actividad experimental un procedimiento material por parte de los estudiantes, que son derivadas de la interacción de ellos con los elementos que la conforman, además de la generación de explicaciones producto de la orientación a modo de situaciones problema y preguntas referentes a la temática, por ello se hace uso de: grabaciones de audios, videos, cuestionarios, fotos y diarios de campo; para la interpretación de los fragmentos.

Para dejar evidencia de los desarrollos que se dieron en las diferentes sesiones de clase y las observaciones realizadas por los investigadores, se hizo un registro de imagen, video y audio, este último, luego se transcribió para poder sacar de allí, muchas de las reflexiones valiosas que permitieron desencadenar los análisis que se encuentran más adelante.

3.5 Procedimiento de análisis.

Para el desarrollo del análisis en la investigación que es de carácter cualitativa y centrada en un estudio de casos instrumental, donde se busca comprender un caso que se estudia, en esta ocasión un grupo de personas en donde no se busca crear una generalización de la información y los

hallazgos sino en analizar el caso a profundidad, centrándose en lo que el investigador considere pertinente para la investigación. “El investigador cualitativo se concentra en el ejemplo, intenta ponerlo aparte, para devolverlo a su sitio cargado de mayor significado” (Stake, 2010, p 70).

Partiendo de que en el estudio de caso instrumental lo que pretende es comprender un fenómeno, y el caso pasa a ser el instrumento para su comprensión, se elabora un análisis de los registros, que permitan hacer correspondencias por parte del investigador de la información obtenida, de tal manera que como menciona Robert Stake (2010), analizar consiste en dar sentido a las impresiones que obtiene el investigador, por tanto, es importante precisar en la interpretación de la información, para la cual desarrollamos entonces el siguiente plan de análisis, con base en Piñuel (2002), Candela (2006) y Cisterna (2005).

El plan que se llevará a cabo para el registro de la información es desde una técnica de análisis de contenido en base con lo planteado por Piñuel (2002), siguiendo una interpretación de los pasos a seguir para dicho análisis de contenido: *Selección de la comunicación que será estudiada, Selección de las categorías que se utilizarán, selección de las unidades de análisis y selección del sistema de recuento o medida*. En cuanto a la comunicación que será estudiada encontramos un *análisis descriptivo* que “se caracteriza por la identificación y catalogación de la realidad empírica en los textos o documentos, mediante la definición de categorías o clases de sus elementos”. (Piñuel, 2002, p.), en este caso se delimitan las palabras claves y temáticas de interés central en la investigación y que conlleven al establecimiento de las categorías de investigación que guiarán dicho análisis.

Consecuentemente la selección de dichas categorías son el segundo paso en este proceso de análisis a seguir, en donde de acuerdo a lo que se ha venido tomando como referencia en el marco teórico y las pretensiones de la investigación conformarán un camino a seguir en la investigación, componiéndose entonces de dos categorías de análisis para dicho estudio cualitativo instrumental de casos; siendo estas el procedimiento material y la actividad experimental. Y es que como se ha venido planteando en cuanto a los procesos de enseñanza de la física y las diversas problemáticas en particular con la actividad experimental, la cual se le ha relegado en los procesos de construcción de conocimiento [Que de acuerdo con Candela (2006) estos procesos son en un

contexto escolar que bien debemos hacer diferenciación de los procesos de construcción de conocimiento científico a los procesos de construcción de conocimiento científico en el aula], ya que una de las más importantes virtudes de la actividad experimental es que los estudiantes implicados en este proceso, pueden ser partícipes activos en su constructo, teniendo de todas formas la interacción directa con el mundo físico y los fenómenos; además de la posibilidad de implementar actividades en las cuales se proponga la construcción de artefactos, los cuales tengan que ver con propósitos e intereses de la enseñanza de un concepto o temática de la física.

En esa misma línea se identifica entonces en esa interacción de los estudiantes con el mundo físico (es decir con elementos, instrumentos, materiales, etc. a los cuales el estudiante les da un sentido en determinada situación), en este desarrollo entra en juego la decisión o necesidad de hacer correcciones o variaciones en el montaje experimental que se identifica como un procedimiento material y que en últimas se convierte en un producto intrínseco de la actividad experimental, donde los estudiantes, cuando interactúan con dichos elementos, vinculan sus construcciones y conocimientos previos en cierta medida para con las correcciones, resultados y reflexiones en dicho procedimiento; y esto influyendo también en la posibilidad de reflexionar en torno a un concepto físico de interés en la enseñanza a partir de este tipo de actividades. Estas categorías de análisis fueron establecidas de acuerdo con Cisterna (2005) “Como es el investigador quien le otorga significado a los resultados de su investigación, uno de los elementos básicos a tener en cuenta es la elaboración y distinción de tópicos a partir de los que se recoge y organiza la información” (p.64). Dichos tópicos denotan la categoría en sí y unas subcategorías como las que detallan dicho tópico.

Y es que a propósito de este tipo de actividades experimentales exploratorias, estas propician que a partir de todo el desarrollo y proceso, se vaya haciendo una socialización paralela en todo momento, ya que esto permite asociar la temática o concepto físico mediante preguntas orientadoras que tengan en cuenta la experiencia y resultados obtenidos por los estudiantes, que en últimas se convierten en un mecanismo donde se suscitan, generan y construyen explicaciones y/o descripciones entre los mismos estudiantes y profesores (puntualizando que cuando nos referimos a una explicación, no necesariamente debe ser una la cual esté muy bien construida y desde luego sea una respuesta bien acertada, sino que como ya hemos dicho esta explicación está

mediada por los individuos inmersos en un contexto escolar de básica secundaria en donde se determina en cierta forma los alcances y límites que se tengan con dicha pregunta); promoviendo además la relación y un sentido de la actividad experimental con dicha temática o concepto físico de interés. Donde a partir de una relación dialéctica entre estudiantes y docentes haya eventualmente un acercamiento y nexos conceptual y/o teórico con la actividad.

Desde luego que dichas subcategorías entonces van a estar delimitadas por esa interpretación que hacemos de la actividad experimental y el procedimiento material, por tanto, las subcategorías son:

- El procedimiento material como mecanismo que permite a los estudiantes proponer y llevar a cabo variaciones a las actividades que se orientan en torno al desarrollo de un concepto físico.
- El procedimiento material como posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, derivadas de la relación con el medio físico, a las discusiones generadas a partir de la reproducción de un fenómeno en particular
- La actividad experimental como un espacio que le permite a los estudiantes involucrarse en la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de reflexión de la luz
- La actividad experimental como estrategia que favorece el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes en el aula

A continuación, se presentan los indicios relacionados con dichas subcategorías establecidas, donde dicho contenido escrito en la tabla 1 corresponde a éstas, que nos sirvió para poder clasificar las transcripciones de las actividades y de los diarios de campo. La sistematización de la información se llevó a cabo por medio de transcripciones, de los registros de audio durante el desarrollo de las actividades experimentales y del material escrito recolectado al culminar cada sesión. Cabe señalar que no fue posible la transcripción total de los audios, debido a que en algunas partes no se escuchaba bien lo expresado por los participantes.

1	los estudiantes toman determinados roles para poner en marcha y controlar el funcionamiento de los elementos,
----------	---

2	los estudiantes proponen y llevan a cabo variaciones a las actividades
3	vincula sus conocimientos previos en relación con el mundo físico.
4.	Hacen diferentes correcciones en las disposiciones de los materiales e instrumentos para un adecuado funcionamiento.
5.	Los estudiantes se apoyan en las diferentes actividades para reflexionar sobre un fenómeno.
6.	Promueve el trabajo colectivo.
7.	Un espacio que posibilita la construcción conceptual y reflexión en torno a un concepto físico
8.	Involucra y motiva a los estudiantes a ser partícipes activos en la clase
9-	Posibilita la generación y construcción de explicaciones por parte del estudiante

Tabla 1: Convenciones para los indicios.

Los colores asignados a la anterior tabla de indicios surgen como estrategia para la identificación de enunciados en las transcripciones, para construir el análisis de las categorías. A continuación, se presenta a modo de ejemplo, la organización de la información en el proceso de análisis (ver tabla 2).

<p>¿Qué pasa cuando hacemos incidir el rayo láser sobre el espejo?</p> <p>Participante 5(Marco) y participante 9 (Paola) se reflejan, se reflejan al ángulo que pongamos nosotros.</p> <p>Participante 1 (Erick): dependiendo de la figura que vayamos hacer.</p> <p>Participante 9 (Paola): debe estar con un ángulo, no puede estar de frente por que rebota igual.</p> <p>Participante 6 (Andres):: rebotaría al laser, se devuelve</p> <p>Participante 5 (Marco): tiene que inclinar el láser.</p>
--

Tabla 2: Transcripción 25 de enero. Actividad 1 pág. 10

Para la construcción de datos que ligara la información a las categorías de investigación, se revisaron las intervenciones, se clasificaron y ordenaron de acuerdo con los indicios planteados y los colores asignados a éstos, buscando además que se puedan establecer correspondencia entre la pregunta y los objetivos planteados.

Lo anteriormente descrito, que permita un análisis de contenidos, como un conjunto de procedimientos interpretativos de los productos de conocimiento (Piñuel, 2002), buscando una correspondencia entre las categorías de investigación.

Candela (2006) hace referencia a los textos previos que representan nuevas de estudio en la construcción de conocimiento científico en el contexto de aula citando a Lemke (1990) que abre el estudio del papel del aula en la clase de ciencia desde un enfoque semiótico (p. 800)

En este trabajo se entiende como conocimiento científico escolar al conocimiento que en relación con temas de la ciencia se va construyendo en la interacción entre docentes y alumnos en el aula y se legitima por su aparente objetividad, universalidad e independencia de los sujetos y condiciones sociales de producción. (Candela, 2006; p. 804), es decir que teniendo en cuenta los conocimientos previos de los alumnos, el contexto sociocultural y escolar en el cual ellos están inmersos y el contenido que se está trabajando; la actividad experimental se presenta como un espacio que posibilita dicho enfoque semiótico entre docentes y alumnos para la construcción de conocimiento en el aula de clase En la tabla 3 dicha transcripción ilustra esa interacción entre docentes y alumnos en el aula, mediada por una pregunta en la cual los estudiantes se muestran identificados y contextualizados

Desde una perspectiva discursiva que propone Candela 2006 entre profesores y alumnos, falta agregar que entre los alumnos también es posible y enriquecedor desde el discurso, hace referencia a la importancia de considerar no solo la evidencia empírica como totalidad, sino que es necesario una descripción de dicha experiencia en el discurso científico y en especial en el discurso científico escolar. “Tienen que descubrir cuáles son los criterios por los que, en la escuela, se discrimina un tipo de explicación o de descripción por otra”. (Candela, 2003-2006, p. 805); Desde este punto de vista e importante la consideración de las explicaciones o mejor, utilizar descripciones antes que

explicación o ambas, siendo esto muy importante. Ya que inclusive en la segunda parte donde la actividad experimental se nos presenta como estrategia que posibilita dicha construcción de conocimiento científico en el aula, las explicaciones y descripciones durante dicho proceso suelen ser aquí determinantes.

En la escuela se pretende enseñar cómo se explican los fenómenos físicos desde el punto de vista de la ciencia, esto es, lo que “realmente sucede” o lo que son los hechos para la ciencia. La propuesta de confrontar al alumno con la evidencia” a través de la observación y de las actividades experimentales es y ha sido, probablemente, el elemento más significativo de la enseñanza de la ciencia desde diversas perspectivas psicopedagógicas (Candela, 1991-2006, p. 805).

Más sin embargo la actividad experimental por sí sola no garantiza que se propicie dicha construcción de conocimiento y que es necesario que, a partir de una interacción discursiva, se construya un significado de la evidencia que permita articular la interpretación que los alumnos pueden dar desde sus concepciones cotidianas con las concepciones científicas escolares. Candela (2006) defiende entonces que la experiencia escolar a modo de evidencia empírica y una interpretación que se valida como científica en el aula se encuentre uno de los núcleos fundamentales a dichas orientaciones que pretendan que los alumnos aprendan ciencia de manera constructiva y a partir del trabajo en el laboratorio (o mejor de laboratorio)

En seguida se puede interpretar de la autora que es necesario esa interacción discursiva, ya que la evidencia empírica por sí misma no es objetiva, ya que como se ha dicho, los estudiantes interpretan la realidad de una manera diferente, a partir de las concepciones que tienen; por tanto, el maestro puede ver algo, y seguramente el estudiante ve otra. Por lo tanto, dichas dimensiones como lo son el procedimiento material, que posibilita evidencia empírica y la actividad experimental en general nos permite una dialéctica y discurso entre los estudiantes y los estudiantes con los docentes.

3.6 Sobre las categorías de análisis

De acuerdo con los objetivos trazados en esta investigación y el marco teórico que apoya a la misma, se da paso a construir categorías que tengan como propósito la vinculación del papel de la actividad experimental en la enseñanza de la ciencia.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	INDICIOS
PROCEDIMIENTO MATERIAL	El procedimiento material como mecanismo que permite a los estudiantes proponer y llevar a cabo variaciones a las actividades que se orientan en torno al desarrollo de un concepto físico.	Hacen diferentes correcciones en las disposiciones de los materiales y aparatos para un adecuado funcionamiento. los estudiantes proponen y llevan a cabo variaciones a las actividades.
	El procedimiento material como posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, derivadas de la relación con el medio físico, a los dialogos generadas a partir de la reproducción de un fenómeno en particular.	vincula sus conocimientos previos en relación con el mundo físico. los estudiantes toman determinados roles para poner en marcha y controlar el funcionamiento de los elementos.
	La actividad experimental como estrategia que favorece el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes en el aula.	Promueve el trabajo colectivo. Los estudiantes se apoyan en las diferentes actividades para reflexionar sobre un fenómeno. Un espacio que posibilita la construcción conceptual y reflexión en torno a un concepto físico.
ACTIVIDAD EXPERIMENTAL	La actividad experimental como un espacio que le permite a los estudiantes involucrarse en la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de reflexión de la luz.	Involucra y motiva a los estudiantes a ser partícipes activos en la clase. Posibilita la generación y construcción de explicaciones por parte del estudiante.

Tabla 3: Categorías y Subcategorías e indicios.

3.6.1 Procedimiento Material

En esta investigación se considera el procedimiento material como relevante, puesto que es un proceso intrínseco en la experimentación, y que de acuerdo con Cabrera H. & Quintanilla M.; (2014) basados en Pickering (1989) tiene que ver con la construcción de artefactos y elementos según la necesidad. (p. 211), el cual se manifiesta cuando los estudiantes se “involucran en un complejo de acciones realizadas en el mundo material: disponer los aparatos y hacerlos funcionar adecuadamente esto es, ponerlos en marcha y controlar su funcionamiento”. Pickering (como se citó en García, 2011 y Romero, 2013). Es decir que la orientación de la actividad experimental repercute en la disposición y utilización de dichos elementos para su correcto funcionamiento. Las dificultades técnicas que los estudiantes presentan durante el desarrollo de la sesión y que

posteriormente logran superarlas para que marchen de una correcta manera, se transforma en un conocimiento práctico ya que es un proceso que requiere que los estudiantes lleven a cabo variaciones en la disposición de los elementos dados por el docente, donde se generen discusiones e ideas entorno a dicho desarrollo y además vinculen sus ideas y conocimientos previos construidos del mundo físico en la práctica; y esto se va adquiriendo como un conocimiento en la medida que lo utilizan para la resolución de situaciones problema y las explicaciones dadas a las preguntas.

Resaltamos entonces la importancia y carácter que tiene el procedimiento material en el planteamiento y desarrollo de la actividad experimental, reconociendo en esta investigación dos características del mismo: es un mecanismo que permite a los estudiantes proponer y llevar a cabo variaciones en las actividades que se orientan en torno al desarrollo de un concepto físico y como posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, derivadas de la relación con el medio físico a las discusiones generadas a partir de la reproducción de un fenómeno en particular.

3.6.1.1. El procedimiento material como mecanismo que permite a los estudiantes proponer y llevar a cabo variaciones a las actividades que se orientan en torno al desarrollo de un concepto físico.

En esta subcategoría se incluye la utilización de diferentes elementos o instrumentos en la actividad experimental, con los cuales los estudiantes interactúan al utilizarlos para evidenciar un fenómeno. Los estudiantes al hacer modificaciones en los elementos y aparatos generan un saber práctico que se construye en la medida que manipulan los recursos (García y Estany, 2010) con este conocimiento práctico que se va generando a medida que utilizan los aparatos y elementos los estudiantes entienden como variar el modo en el que se usan y la disposición de estos para un adecuado funcionamiento del experimento.

Este apartado centrará la atención en las modificaciones que los estudiantes hacen en la disposición de los elementos y construcción de aparatos para su correcto funcionamiento y las variaciones que realizan a las actividades con el fin de estudiar más a profundidad el fenómeno de reflexión. Al realizar estas modificaciones los estudiantes se evidencia el procedimiento material el cual determina el experimento.

Los indicios construidos que nos permitió dar cuenta de esta subcategoría son:

- ❖ Los estudiantes hacen diferentes correcciones en las disposiciones de los materiales y aparatos para un adecuado funcionamiento.
- ❖ Los estudiantes proponen y llevan a cabo variaciones a las actividades.

3.6.1.2. El procedimiento material como posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, derivadas de la relación con el medio físico, a los diálogos generadas a partir de la reproducción de un fenómeno en particular.

Esta subcategoría se estudia la forma en que los estudiantes, ponen en juego sus conocimientos previos y sus ideas frente al mundo físico, para la construcción y funcionamiento de los elementos. Pickering (como se citó en García 2011). Se indaga sobre la manera en que los estudiantes se asignan funciones para diseñar y construir el experimento y controlar el funcionamiento de este.

En este apartado se permite establecer relaciones entre los conocimientos o ideas previas de los estudiantes que son puestas en consideración en el momento de la disposición de los elementos y la construcción de aparatos, dejando ver que la disposición que estos hacen de los elementos no es al azar, puesto que estos tienen relación con su cotidianidad.

Los indicios que forman parte de la reflexión de esta subcategoría son:

- ❖ Vincula sus conocimientos previos en relación con el mundo físico.

- ❖ Los estudiantes toman determinados roles para poner en marcha y controlar el funcionamiento de los elementos

3.6.2 Actividad Experimental

Esta categoría está centrada en orientar las reflexiones llevadas a cabo en este trabajo de investigación al comprender la dimensión y carácter de la experimentación dentro de la enseñanza de la física, ello con el fin de que se pueda mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje dentro del aula. Puesto que esta permite la construcción de un pensamiento más reflexivo y discursivo.

Es así entonces como se resalta, la riqueza conceptual que posee la actividad experimental que posibilita el trabajo colectivo entre los estudiantes, como esta vincula los conocimientos previos y como puede ser foco de motivación para que los estudiantes se interesen en la ciencia, a su vez como este espacio permite la construcción de explicaciones y reflexiones frente a un fenómeno.

3.6.2.1 La actividad experimental como estrategia que favorece el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes en el aula.

En esta investigación se concibe la actividad experimental como una estrategia didáctica para la enseñanza de la física, donde no requiere de un espacio determinado como un laboratorio, sino que el aula de clase se puede integrar con elementos de fácil acceso, la cual tampoco esté antecedida de una teoría; sino que puede componerse de manera bilateral teoría y experimentación, permitiendo que no se de una subvaloración la una de la otra.

Estas actividades experimentales están orientadas en analizar el alcance que tiene y sus bondades la construcción de explicaciones basadas en el desarrollo de actividades guiadas hacia la construcción de aparatos y funcionamiento de los elementos dentro de la enseñanza, puesto que promueve el trabajo colaborativo y colectivo por parte de los estudiantes, propicia espacios de reflexión y construcción conceptual en torno a los fenómenos físicos.

Los indicios que apuntan a esta subcategoría son:

- ❖ Promueve el trabajo colectivo
- ❖ Los estudiantes se apoyan en las diferentes actividades para reflexionar sobre un fenómeno.
- ❖ Un espacio que posibilita la construcción conceptual y reflexión en torno a un concepto físico,

3.6.2.2 La actividad experimental como un espacio que le permite a los estudiantes involucrarse en la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de reflexión de la luz.

Esta categoría permite dimensionar el poder que posee la actividad experimental en la enseñanza de la ciencia y como posibilita que los estudiantes puedan tener acercamientos a los fenómenos y a partir de ello, construir sus propias explicaciones de la realidad, esto es posible gracias a la interacción de los sentidos con el mundo físico.

Se destaca a su vez la capacidad que tiene la actividad experimental para involucrar, motivar y movilizar a los estudiantes a participar en la clase de física, permitiendo que sean ellos quienes construyan sus propias explicaciones y las pongan en contraste con el fenómeno en cuestión.

Los indicios que nos aproximaron a esta categoría son:

- ❖ Involucra y motiva a los estudiantes hacer participes activos en la clase.
- ❖ Posibilita la generación y construcción de explicaciones por parte del estudiante.

3.7 Criterios de credibilidad

“es el sujeto quien construye el diseño de investigación, recopila la información, la organiza y le da sentido, tanto desde sus estructuras conceptuales previas, como desde aquellos hallazgos que surgen de la propia investigación” (Cisterna, 2005, p. 62

Las investigaciones de tipo cualitativo y que se ubican dentro de un estudio de casos, están determinadas por la interpretación que hacen los investigadores con la información recolectada. Sin embargo, es necesario que se dé una validez y una credibilidad. para que la información analizada sea interpretada y arroje verdaderos significados. como lo plantea Cisterna (2005) “Investigar desde un enfoque cualitativo es comprender, analizar, estudiar y entender cómo se construye conocimiento a partir de procesos de interpretación, donde es el investigador que le da validez y confiabilidad partiendo del rigor.” (p. 62)

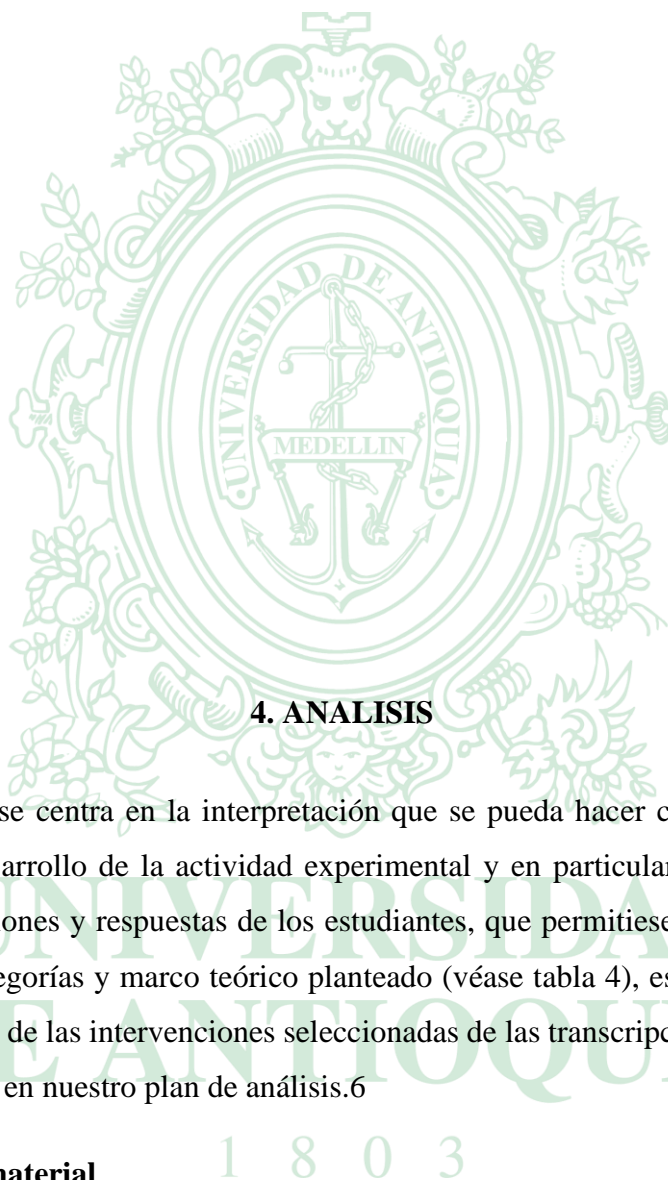
En esa búsqueda de dar validez a la investigación se tomaron en cuenta los siguientes procedimientos:

Triangulación con el marco teórico: Se busca que exista una relación con los referentes y la literatura seleccionada en el marco teórico con los datos arrojados en la implementación de la propuesta didáctica, permitiendo vislumbrar cierta contrastación y reflexiones entre lo planteado teóricamente y el análisis de la investigación (Cisterna, 2005).

Triangulación metodológica: Busca afianzar las interpretaciones, con la revisión de los registros y con la observación directa (Stake, 2010). Analizando las transcripciones, con lo observado en los videos, los registros de audio y los diarios de campo que fueron herramientas que permitieron guiar las sesiones.

- El juicio de expertos: Se desarrollaron las actividades de la propuesta didáctica, con los integrantes del Seminario 1 y 2, dirigido por la profesora Yaneth Liliana Giraldo, con el fin de organizar y mejorar dichas actividades, antes de ser aplicadas a los estudiantes.
- La propuesta didáctica se llevó a cabo en un primer momento como una prueba piloto en la I.E.R Piedras Blancas con los estudiantes de grado 11°y con el acompañamiento de la Profesora Yaneth Liliana Giraldo, lo cual permitió evidenciar aspectos a mejorar en la propuesta didáctica.
- Presentación de la investigación ante los docentes de la I.E.R de Piedras Blancas, lo cual permitió evidenciar aspectos a mejorar y del cual surgieron elementos importantes que

enriquecieron nuestra investigación y permitieron dar un mejor orden a la propuesta de intervención.



4. ANALISIS

Como dicho análisis se centra en la interpretación que se pueda hacer como investigadores en cuanto al papel y desarrollo de la actividad experimental y en particular con el procedimiento material, las explicaciones y respuestas de los estudiantes, que permitiese una triangulación con las categorías, subcategorías y marco teórico planteado (véase tabla 4), estas interpretaciones de los enunciados surgen de las intervenciones seleccionadas de las transcripciones y de acuerdo a la metodología señalada en nuestro plan de análisis.⁶

4.1. Procedimiento material

4.1.1 El procedimiento material como mecanismo que permite a los estudiantes proponer y llevar a cabo variaciones a las actividades que se orientan en torno al desarrollo de un concepto físico.

Para llenar de significado este procedimiento material como un mecanismo que en la actividad experimental se manifiesta en la disposición y variaciones de los elementos, nos centramos entonces en la atención en esos momentos en los cuales los estudiantes proponen y llevan a cabo dichas variaciones, que les permita superar las dificultades encontradas y por supuesto los acerca a al concepto de reflexión de la luz y sus leyes.

Para el primer momento de la actividad experimental se tuvo como propósito que los estudiantes pudiesen interactuar con ciertos elementos materiales (espejos, láser, plastilina y talco) y que con una orientación determinada, para su desarrollo formasen figuras geométricas como el cuadrado o triángulo con el rayo láser, donde para tal fin se debería tener en cuenta indirectamente diferentes reflexiones de la luz y donde todas estas deben estar en un mismo plano; además indagar a partir de las propiedades de estas figuras sobre la segunda ley que hace referencia al ángulo incidente y el ángulo reflejado.

Orientación para el desarrollo de la primera actividad: *Se le hace entrega de los elementos a los estudiantes, con la intención de retarlos para que formen diferentes figuras geométricas como el cuadrado, triángulo o pentágono con la ayuda del rayo láser y utilizando los demás elementos para tal finalidad.*

Cada estudiante tiene una tarea que cumplir mientras uno de ellos toma la iniciativa y establece qué hacer, a continuación unos acomodan los espejos otro se encarga de hacer incidir la luz del láser en los espejos y otro coordina cómo se está viendo la figura, otro estudiante espolvorea talco para hacer visible el rayo de luz; cada uno tiene un papel importante en la realización del efecto experimental y que controlan cada uno de los elementos para que funcionen adecuadamente, lo cual podemos identificar en las siguientes transcripciones:

Participante 5 (Marco): Espere yo les explico algo, vamos a trabajar así, la luz se va a proyectar primero a este, de aquí tenemos que mover este para proyectarlo al de acá, después este, sino que el participante 1 mueve este y el participante 8 mueve este, se estarían contradiciendo.

Participante 1 (Erick): cual necesita que pegue ¿Que pegue aquí?

Participante 5 (Marco): ¡Que pegue vea se desvía acá que pegue en la de acá, eso! Hágale pues.

Participante 7 (Lorena): este tiene que quedar más inclinado.

Participante 7 (Lorena): a pues claro que quede ahí, y el de ahí tiene que pegar es acá

Participante 1 (Erick): a pero no la mueva

Participante 7 (Lorena): ud porque movió eso así?

Participante 5 (Marco): la estoy cuadrando, eso así que pegue en la de acá y ahí hay que hacer que pegue en la de acá.

Participante 5 (Marco): ¿para qué es el talco?

Docente: para ver mejor la estela del laser

(T.25/01/2019 Pag 1 Sesión 1 Acti 1)

En estos extractos se evidencia cómo el participante 5 toma la iniciativa y orienta a sus demás compañeros para desarrollar la actividad en grupo, donde a la palabra “proyección” es referida al comportamiento y desplazamiento del rayo láser, y “para proyectarlo al de acá” refiriéndose a la reflexión de dicho rayo en otro espejo, a lo que los demás participantes se involucran y proceden a colocar los espejos en determinadas posiciones dependiendo de la figura a realizar, haciendo variaciones a los elementos como la participante 7 que cuestiona la posición inadecuada de cierto espejo “*éste tiene que quedar más inclinado*”, entre ellos mismos discuten sobre dichas disposiciones de los espejos y corrigen las mismas, siendo indispensable la utilización de plastilina para acomodarlos fácilmente. En primera instancia no utilizaban el talco y se guiaban por los puntos que se veían en el espejo, después al preguntar y saber la intención que se tuvo con el talco, éste fue considerado más adelante por los estudiantes reconociendo su importancia.

Esta función del talco fue determinante en la actividad ya que es necesario para poder observar el rayo de luz, al mismo tiempo que se iba corrigiendo la posición de los espejos y la dirección del rayo láser para que dichas reflexiones pudiesen coincidir todas en un mismo plano; y que por supuesto fue necesario para captar en la foto el rayo y sus respectivas reflexiones. En estos procesos iniciales donde los estudiantes se involucran en este complejo de acciones realizadas en el mundo material para controlar los elementos y verificar que funcionen adecuadamente, se evidencia un carácter del procedimiento material en la medida que van superando las dificultades satisfactoriamente obteniendo como resultado lo ilustrado por las fotos de las transcripciones (Fotos 1,(a), (b) y (c)).

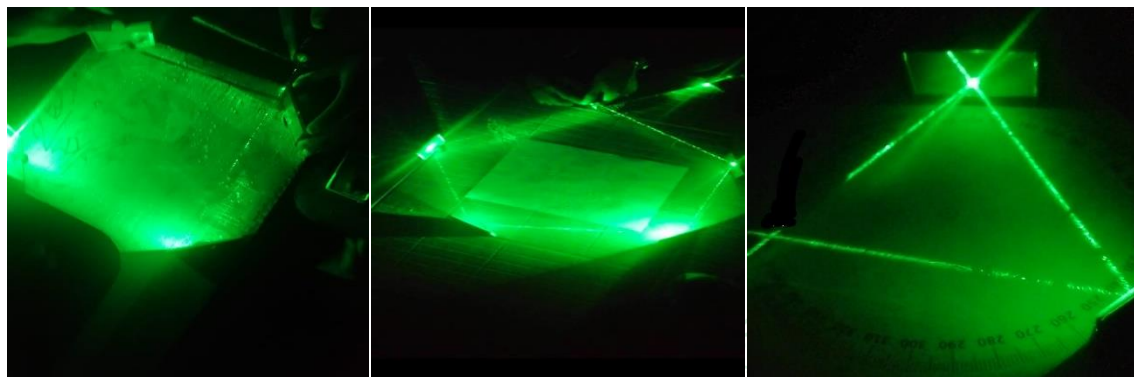


Foto 1: Capturas a las figuras geométricas que formaron los estudiantes en la actividad experimental. (a) Cuadrado (b) pentágono (c) triángulo.

Siguiendo con el desarrollo de la actividad inicial, el participante 5 toma la iniciativa cuando propone llevar a cabo variaciones a las orientaciones principalmente dadas, y modifican el montaje, ya que al inicio se les propone la formación de figuras geométrica sencilla como el cuadrado y el triángulo, y luego ellos proponen otro tipo de figura como el pentágono (Fotografía 1(a)) y también dos tipos de estrellas más complejas como las registradas en Fotografía 2.

Participante 5 (Marco): hagamos un pentágono.

Participante 7 (Lorena): eso ahí ahí, póngalo así

Participante 7 (Lorena): pasen el talco, échelo desde arriba

Participante 5 (Marco): póngalo bien para que pegue en el centro del espejo

Participante 7 (Lorena): gradué este para que pegue acá en el centro

Participante 5 (Marco): Andrés ven tengo una idea

Participante 6 (Andres): que paso

Participante 5 (Marco): vengan hagamos nos todos juntos y hacemos una estrella más grande (toman iniciativa para realizar una estrella más grande más el uso de más espejos y mas láser)

Se unen dos equipos...

Participante 5 (Marco): la idea es hacer aquí una estrella bien grande con los dos láseres

Participante 6 (Andrés): hagamos una estrella de 6 puntas

Participante 7 (Lorena): no hagámosla de 8

Participante 5 (Marco): una de 6 con dos triángulos

Participante 7 (Lorena): con uno aquí otro aquí y otro aquí

Participante 6 (Andrés): hagamos primero dos triángulos

Participante 5 (Marco): guiémonos con las líneas de las baldosas

Participante 7 (Lorena): donde tengo que poner este jacá?

Participante 5 (Marco): si eso ahí en una esquina

Participante 7 (Lorena): póngalo derecho

Participante 5 (Marco): vea con este vamos a reflejarlo así

Participante 5 (Marco): y con este reflejamos aquí

Participante 5 (Marco): vea gradúe bien este para que pegue bien acá

Participante 7 (Lorena): gradúelo bien para que peque en toda la mitad

Participante 5 (Marco): Andrés no lo mueva no lo mueva

(T.25/01/2019 Pag 2-3 Sesión 1 Acti 1)

En los fragmentos que se citan anteriormente permite identificar esas variaciones que los estudiantes hacen a la actividad propuesta, ya que al tener un campo ganado (esto es, saber la utilidad y propósitos de los elementos) e inclusive una conceptualización indirecta de reflexión y las dos primeras leyes de la misma, el participante 5 propone un reto mayor para el cual fue necesario la unión de dos grupos al tener en cuenta el número de espejos necesarios y los dos láseres para formar una estrella más grande. Esto resultó sumamente interesante pues se puede

evidenciar la creatividad y apropiación de los estudiantes para hacer que la actividad resulte mucho más interesante sugiriendo nuevas ideas y formas de hacer funcionar los elementos. Los estudiantes al hacer modificaciones en los elementos y aparatos generan un saber práctico que se construye en la medida que manipulan los recursos. La inquietud de los estudiantes era como formar una figura geométrica con los láseres y los espejos, para ello empezaron a construir las figuras con los espejos para luego hacer incidir los lasers en ellos pero las figuras no eran muy precisas y se veían deformes para resolver esto los estudiantes tomaban como referencia las líneas de las baldosas para alinear los espejos y tomar distancias entre ellos y gradúan los ángulos en los cuales acomodan estos.

Al interactuar con los elementos y realizar el montaje adquieren un conocimiento sobre los elementos que estas manipulando lo que les permite proponer variaciones en las orientaciones dadas y realizar nuevos montajes para esclarecer aún más el fenómeno estudiado, esto supone que la búsqueda del fenómeno está enmarcada dentro del procedimiento material, donde ellos toman y establecen diferentes roles para tal fin por ejemplo la elección del número y posicionamiento correcto de los espejos, quién y cómo hacer incidir el rayo láser sobre estos y ya unas pequeñas variaciones que permitieron una correcta disposición y montaje para alcanzar tal fin.



Foto 2: Figuras geométricas que propusieron los estudiantes como una forma de variación de las actividades. (a) Estrella con 5 espejos (b) Estrella más compleja con 9 espejos.

En la tercera actividad, se tuvo como como propósito que los estudiantes pudieran utilizar las experiencias previas y los conocimientos adquiridos en las actividades anteriores, para construir un instrumento que respondiera una situación problema que se les planteo.

Orientación para el desarrollo de la tercera actividad: Se les hace entrega de los elementos a los estudiantes, con la intención que diseñen y construyan un aparato que les permita solucionar la situación problema que se les asigna.

Es así como los estudiantes ponen en marcha las experiencias previas y diseñan y proponen un aparato que les permita solucionar dicha problemática, durante el desarrollo de esta actividad logramos evidenciar como ellos tenían discusiones y proponían el diseño y la construcción del aparato, permitiendo evidenciar un gran control entre los elementos y el funcionamiento de estos.



Foto 3: Construcción y diseño del aparato por parte de los estudiantes.

Los estudiantes durante el desarrollo del aparato "Periscopio" lograron hacer modificaciones tanto en la distribución de los espejos como en su posición, diseñaron bosquejos de como deberían acomodar los espejos para que se lograra dar una reflexión de la luz, que les permitiera observar a través del aparato, en este momento se pudo observar como todos proponían y debatían sus ideas para lograr que funcionara perfectamente, señalar que incluso cuando culminaron la construcción del aparato, el participante 1 propone a su grupo la construcción de soportes que faciliten la manipulación y uso práctico, evidenciando una modificación que el estudiante es capaz de proponer y hacer al aparato.



Foto 4: Construcción del Periscopio.

Hasta aquí con el desarrollo inicial de las actividades experimentales realizadas con los participantes, hubo una certeza de los estudiantes que se apropiaron de la dinámica y se procede entonces a una primera socialización con la pretensión de relacionar lo hecho en la práctica con una conceptualización, es decir, representar dicha idea, noción y percepción abstracta en el concepto o fenómeno de reflexión. Los estudiantes al lograr hacer modificaciones en los elementos aparatos o instrumentos generan un saber práctico que se constituye en la medida que manipulan los recursos.

4.1.2 El procedimiento material como posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, derivadas de la relación con el medio físico, a los diálogos generadas a partir de la reproducción de un fenómeno en particular.

Para reconocer este carácter del procedimiento material que se deriva de las relaciones de los estudiantes con el medio físico llevadas a cabo en la actividad, nos basamos en los diálogos surgidos en las socializaciones de la actividad experimental referentes al fenómeno de reflexión por parte de los docentes y estudiantes, para vincular esos conocimientos previos adquiridos en los diferentes momentos para la representación conceptual de lo que se estaba trabajando desde la reflexión de la luz y sus leyes.

Docente: ¿Cuántas figuras lograron hacer?

Participante 7 (Lorena): La estrella, el pentágono, el cuadro, el rectángulo

Participante 5 (Marco):y ya está que estamos haciendo

Docente: ¿Qué les garantiza a ustedes que si era una figura geométrica?

Participante 5 (Marco): el talco jajaja, los ángulos del espejo

Docente: ¿los ángulos? ¿De qué de la figura cierto?

Participante 5 (Marco): sí

Docente: ¿y que más?

Participante 5 (Marco):los lados

En los fragmentos anteriores se parte entonces de dichos conocimientos y resultados de la actividad con las figuras geométricas, la pregunta parte entonces para identificar propiedades de las figuras geométricas, aunque en la respuesta el participante 5 se refiere al talco como dicha garantía, luego hace referencia a los ángulos que es una de las propiedades de las figuras para distinguirla de las demás, sin embargo cuando dice que “*de espejo*”, el docente hace énfasis en ello haciendo otra pregunta que permita rescatar el aporte pero refiriéndose a que dichos ángulos son de la figura; posteriormente el participante 5 se contextualiza y aporta que también el número de lados de la figura son una propiedad. Es importante ello, ya que los estudiantes tienen un conocimiento referente a estas figuras y reconocen los lados de las mismas además del número de ángulos y su medida, que posibilitan a partir de aquí saber por ejemplo, que un cuadrado tiene 4 ángulos interiores que miden 90° cada uno, con el triángulo son 3 ángulos de 60° ; en este sentido sabemos por ejemplo que el rayo en el cuadrado se refleja 3 veces a ese ángulo y en el triángulo 2 veces al mismo ángulo.

¿Qué pasa cuando el rayo láser llega al espejo?

Participante 5 (Marco): se refleja

Participante 7 (Lorena): refleja

Docente: *lo refleja listo, ¿Con que ángulo se reflejan?*

Participante 5 (Marco): al ángulo que pongamos nosotros

Docente: *cuando estaban haciendo el cuadrado ¿cuántos espejos necesitaron?*

Participante 7 (Lorena): cuatro

Docente: *¿Cuánto?*

Participante 7 (Lorena): tres

Docente: *¿Tres o cuatro?*

Participante 5 (Marco): lo mínimo y poquito serían tres y ya para que quede más bien cuatro

Docente: *Supongamos que este es el láser aquí se emite la luz cierta aquí llega cómo está el espejo?*

Participante 5 (Marco): con un ángulo

Docente: *Con un ángulo ¿cierto?, no puede estar de frente*

Participante 7 (Lorena): por que rebota a la misma parte

En respuesta a la pregunta qué pasa cuando el rayo incide sobre el espejo, las respuestas son que rebota, se devuelve y también que se refleja; esto les permite en primera instancia distinguir la luz como un ente físico, pero aunque se pueda nombrar dicho fenómeno, éste va más allá conceptualmente con sus leyes por ejemplo [L1], que el rayo reflejado lo hace a un mismo ángulo con el que incide el rayo y que además se encuentran en un mismo medio y plano. Por lo que también fue necesario ir indagando sobre dichos aspectos a medida que se iba desarrollando la actividad, con la formación de dichas figuras geométricas se hizo énfasis la primera ley de reflexión ya que para estos propósitos dichas reflexiones deberían estar en un mismo plano; y cómo entonces la actividad en sí y los procesos materiales como lo comprendemos en este trabajo, permitieron ir construyendo un imaginario del concepto y que sobre todo estando contextualizados físicamente.

Continuamos entonces con dicha pregunta referente a lo que pasa cuando el rayo de luz llega a un espejo para reconocer dicho comportamiento desde un concepto, a lo que los participantes 5 y 7 dan una respuesta conceptual que ya se venía poniendo en contexto durante la actividad. Se sigue entonces con la interpretación que se hace respecto a la segunda ley de la reflexión, para la cual se hizo una pregunta referente al ángulo que se reflejaban los rayos, el participante 5 responde que es “*al ángulo que pongamos*” que si bien no está bien estructurada en la medida que tuviera en cuenta la normal, pero en cierta medida interpretamos que logra identificar dicho comportamiento y patrón simétrico del rayo cuando se refleja en el espejo en cuanto al ángulo.

A continuación el docente enfatiza en la disposición de los elementos para realizar la figura y en particular el cuadrado buscando reconocer que en cada reflexión tiene como característica la formación de un ángulo interior que es de 90° y además reconocer que la figura se forma en un mismo plano, sin embargo se tuvo que intervenir y orientarlos en cuanto a la identificación de dicho ángulo; al mismo tiempo que se va introduciendo respecto a la noción de plano ya que todos los rayos tuvieron que estar en un mismo plano para alcanzar y lograr formar el cuadrado. Además, cuando se hicieron las preguntas con el fin de relacionar y reflexionar sobre lo que se realizó en la actividad con el concepto, que si bien logró que los estudiantes comprendieran el rayo de luz como un ente y su comportamiento físico, conceptualmente faltaba más puesto que los estudiantes tenían poca noción respecto al fenómeno y leyes de reflexión.

Docente: Aquí ponemos otro espejo y luego aquí vuelve y se refleja entonces ¿cuántos espejos necesitamos?

Participantes 5, 6 y 7 (Marco), (Andres), (Lorena): tres

Participante 5 (Marco):pero si ahí le ponemos otro queda más bacano

Docente: no porque cuando ud mete el espejo acá que pasa

Participante 5 (Marco):queda uno mas arribita que el otro

Docente: ¿En que plano están todos los rayos?... en el mismo plano acuérdense que si uno movía el espejo se movía todo el plano el ángulo que forma aquí es 90 grados y aquí 90 grados en ángulo se pone el espejo para que láser se refleje un ángulo de 90

Participante 5 (Marco): 45

Docente: ¿45? ¿Con respecto a quien?

Participante 5 (Marco): a x jajaja la horizontal

Docente : ¿Con respecto a este cierto y este ángulo es de cuánto?

Participantes 5, 6 y 7 (Marco), (Andres), (Lorena): 90

Se logra entonces que a partir de los anteriores fragmentos se evidencie que en estos diálogos entre el docente y los estudiantes se va haciendo un vínculo entre la experiencia (un conocimiento que tuvieron los estudiantes en la actividad para reconocer el comportamiento del rayo láser cuando se refleja^[L1]) y la representación conceptual del fenómeno, el participante 5 cae en la cuenta y dice que es de 45° con respecto a la horizontal, sin embargo, fue necesario incluir una línea vertical que los estudiantes reconocen; lo que entonces posibilita incluir que dicho ángulo puede ser con respecto a la normal y así distinguir entre un rayo incidente y otro rayo reflejado además de los ángulos correspondientes.

Docente: chicos miren lo que él decía ahora miren que la dirección de rayo laser cambia pero ¿Qué se mantiene allí?

Participante 7 (Lorena): están sobre el mismo plano

Docente: ¿Qué otra propiedad ven ustedes ahí?

Participante 7 (Lorena): tienen el mismo ángulo

Docente: pero con respecto a quien los ángulos son iguales vamos a dibujar una normal aquí. Miren que los ángulos reflejado con respecto a la normal son iguales

Por consiguiente interpretamos de estos fragmentos la posibilidad de vincular los conocimientos de los estudiantes, adquiridos previamente y experimentalmente en la actividad, partiendo de los diálogos generados entre docentes y estudiantes en la socialización que se articulan en la relación con las acciones de ellos llevadas en el mundo físico que permitieron la reproducción como tal del fenómeno de reflexión; propiciando dialógicamente un acercamiento conceptual del mismo

referente a su carácter, donde al final de los fragmentos por ejemplo, el docente hace una representación gráfica en el tablero de la segunda ley de la reflexión añadiendo la normal (siendo este un concepto que los estudiantes ya familiarizan) a la explicación para mejorar y enfatizar en cuanto al ángulo incidente y el ángulo reflejado, así mismo como la distinción de rayo incidente y el reflejado. Lo que pone de manifiesto cómo a partir de estos procedimientos llevados a cabo en el mundo físico y los conocimientos de los estudiantes posibilitan un vínculo para la explicación del fenómeno de reflexión en cuanto a sus leyes.

Durante la última actividad nos resultó interesante como el participante 5 propone a sus compañeros acomodar los espejos de tal forma que se puedan ver, para ello utiliza una experiencia previa, mencionando que si han ido a una peluquería, que si han visto como es que logran ver como quedan por detrás motilados, dando paso a explicar manualmente con los espejos como se deben acomodar para poder ver la parte de atrás. Este fue un comentario que no pudo ser registrado por los audios pero que nos llamó la atención por la riqueza en la forma como explico a sus compañeros y vinculo sus experiencias.

Es así como se deja entrever que son los estudiantes quienes vinculan sus experiencias previas para construir conocimiento partiendo de la forma en como comprender el mundo y partiendo de ejemplos de su cotidianidad, permitiendo evidenciar que la física esta presente en su realidad y no es algo complejo de comprender. Volviendo a Pickering (1995), en su opinión, lo más importante es que la actividad experimental comienza de tal modo que no hay ninguna relación aparente entre los tres elementos mencionados: “la incoherencia y la incertidumbre son los sellos distintivos del experimento, tal como se hacer notar en los estudios etnográficos de la vida en el laboratorio”. Al final del proceso, se obtiene una coherencia entre los tres elementos, una estabilización: “los procedimientos materiales, [. . .] al ser interpretados merced a un modelo instrumental, producen hechos dentro del marco de un modelo fenoménico”

1 8 0 3

4.2. Actividad Experimental

4.2.1 La actividad experimental como estrategia que favorece el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes en el aula.

En este apartado se hace particularmente un énfasis de lo que interpretamos como construcción de explicaciones por parte de los estudiantes en el desarrollo de la actividad experimental y además en las socializaciones que se centran en el estudio del fenómeno de reflexión derivados de la relación con los elementos de la actividad.

Participante 4: Hagamos la estrella, empecemos moviendo así

Participante 5 (Marco): Esperé Yo les explico algo, vamos a trabajar así. La luz se va proyectar primero a este, de aquí tenemos que mover este para proyectarlo al de aca, despues este, si no que el participante 1 mueve este y el participante 8 mueve este, se estarían contradiciendo.

(T.25/01/2019 Pag 4 Sesiòn 1 Acti 1)

En este fragmento se evidencia cómo el participante 5 es capaz de apropiarse de sus conocimientos en relación al fenómeno de reflexión para explicar cómo pueden proceder, guiando a sus compañeros para lograr construir las figuras con los elementos de la actividad Evidenciando que gracias a la previa experimentación con la disposición de los espejos y los rayos láser, es capaz de comprender el funcionamiento y las variables a tener en cuenta para que el fenómeno de reflexión sea útil.

Participante 5: vamos hacer una estrella de 6 puntas, debemos hacer dos triángulos, ustedes acomoden el de ustedes nosotros hacemos el otro triángulo.

Participante 9: en este se reflecta.

Participante 5: gradúelo para que se refleje, y gradue ese para que pegue en ese, primero gradué uno.

Participante 9: deje ese quieto.

Participante 9: No lo muevan, quiten las manos.

Participante 5: debemos hacer que peguen en el centro de los espejos.

Participante 9: que quede en toda la mitad.

Participante 2: está pegando en este y no se ve nada.

Docente: bueno chicos esta actividad era con el fin de conducirlos a las leyes de la reflexión, esto les va a servir para que respondan las preguntas del siguiente taller entonces vamos a primero decir que es la reflexión entonces

Participante 5 (Marco): la capacidad que tiene la luz de distorsionarse

Participante 7 (Lorena): es la capacidad que tiene para proyectar sobre el otro espejo

A continuación el docente hace una pregunta para saber qué interpretación han construido los estudiantes del fenómeno de reflexión, a lo que intervienen los participantes 5 y 7 apoyados en la actividad y que si bien no es una explicación bien formulada, se rescata la intervención por parte de ellos; aunque creemos que se pudo profundizar más e inclusive dar una definición formal de la reflexión.

Entonces están en el mismo plano entonces ustedes ahora en el taller vana a explicar por que teniendo en cuenta la actividad

Participante 6 (Andres): entonces eso se da en los cristales

Docente: si en superficies que sean altamente reflejantes, así como el espejo

Participante 6 (Andres): hay superficies que distorsionan

Docente: si las distorsionan y no tenemos una imagen clara de lo que vemos

Participante 6 (Andres): a por ejemplo si metemos a luz a un diamante y sale a diferentes partes

Docente : ¿y por qué será eso?

Participante 8 (Santiago): porque tiene varias superficies

Docente : hay varias superficies cierto es como si cada superficie fuera un espejo

Nos parece interesante rescatar en esta subcategoría la intervención a modo de explicación por parte del participante 6 y que también al final el participante 8 en donde pone en otro contexto y comportamiento de la luz, haciendo referencia por ejemplo a la “distorsión” de la luz en los diamantes a lo que el docente dialoga con él tratando de que prosiga con una explicación que tenga en cuenta lo que se ha venido trabajando; a la pregunta del docente del por qué pasa el participante 8 interviene y dice que es por la variedad de superficies en el diamante. Estas explicaciones y diálogos surgen de la apropiación del tema por parte de los estudiantes para analizar el fenómeno en otras situaciones y contextos, enriqueciendo estos procesos de representación del fenómeno.

Durante el desarrollo de la propuesta didáctica pudimos evidenciar como los estudiantes lograron pasar de no tener ninguna noción del fenómeno de reflexión de la luz a poder identificarlo, comprenderlo y explicarlo, todo ello gracias a que en la medida que se desarrolló la actividad los estudiantes pudieron hacer reflexiones frente al fenómeno, pudieron familiarizarse y recrearlo, permitiendo que los estudiantes exploraran y analizaran el funcionamiento de este, para así dar paso a una aproximación de construcción de conocimiento.

4.2.2 La actividad experimental como un espacio que le permite a los estudiantes involucrarse en la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de reflexión de la luz.

La actividad experimental que se concibe en esta investigación trata de diferir entonces de influencias y visiones anteriormente mencionadas, para ello se considera como una estrategia que favorece los procesos de enseñanza de la física para la generación de conocimiento científico escolar, donde los estudiantes son partícipes activos en el desarrollo de la actividad que se convierte en un espacio que es la clase en sí; que no está mediada de una teoría sino que al incluir en cierta medida ese procedimiento material antes mencionado en el desarrollo de la actividad, se van construyendo ambas dimensiones paralelamente.

En estos procesos llevados a cabo en el desarrollo de la actividad experimental requirieron del trabajo en equipo, lo que promueve que los estudiantes se motiven y sean partícipes ayudando en diferentes tareas, dando ideas de cómo hacer, variar y corregir la disposición en estos casos de los elementos; en la medida que lograban superar la necesidades y errores entonces adquirirían cierto

conocimiento práctico, como lo fue por ejemplo saber la utilidad del talco, también la utilización de las baldosas para calcular mejor la posición de los espejos y posteriormente claro, en la construcción de los artefactos que se proponen en los otros momentos.

Participante 6 (Andres): hagamos primero dos triángulos

Participante 5 (Marco): guiémonos con las líneas de las baldosas

Participante 7 (Lorena): donde tengo que poner este jacá?

Participante 5 (Marco): si eso ahí en una esquina

Participante 7 (Lorena): póngalo derecho

Participante 5 (Marco): vea con este vamos a reflejarlo así

Participante 5 (Marco): y con este reflejamos aquí

Participante 5 (Marco): vea gradúe bien este para que pegue bien acá

Participante 7 (Lorena): pasen el talco, échelo desde arriba

En el momento 3 que fue la construcción del periscopio por ejemplo fue determinante el primer y segundo momento, ya que se propuso como una situación problema la cual requería de ciertos conocimientos prácticos ya construidos por los estudiantes con respecto a la reflexión de la luz, su comportamiento y leyes, por lo que se puede decir favorece los procesos de construcción de conocimiento por parte de ellos, además en el artefacto que construyen ponen en juego un procedimiento material en relación con la construcción conceptual construida del fenómeno; lo que se traduce en un trabajo colectivo, en el cual se apoyan de las diferentes actividades desarrolladas con anterioridad para superar una necesidad y que con un diálogo y reflexiones en torno al concepto de reflexión se genera un conocimiento, no solo conceptual sino también material y experimental.

Orientación del momento 3: “Que la física nos Salve”. Hasta aquí hemos experimentado y dado explicaciones sobre características y leyes en la reflexión de la luz, ahora la idea es hacer uso de estos conocimientos para salvar nuestras vidas y triunfar en la batalla. A su disposición tiene diferentes elementos y materiales que serán útiles en la construcción de un instrumento que ayude en la resolución de las situaciones problema.

Se conforman dos grupos y se le pone a cada uno en una situación problema similar pero que difiere en cierto aspecto, la construcción de un artefacto que se valga del fenómeno de reflexión será lo que los ayude para sus propósitos.

¿Por qué pusieron los espejos de esa manera?

Participante 8 (Santiago): pusimos los espejos en esa posición porque ya teníamos la base de cómo podríamos reflejar la imagen.

Participante 5 (Marco): por ejemplo, yo que hice este ejemplo, lo hago acá, acá teníamos la superficie, entonces acá ésta, entonces de acá reflejaba acá, y de acá reflejaba acá.

En los fragmentos anteriores interpretamos que los estudiantes ya tenían un conocimiento no solamente práctico, que como dice el participante 8 ya se tenía una base, sino que también conceptualmente ya se referían al comportamiento de la luz como fenómeno. Así mismo se intentó con ello indagar sobre la formación de la imagen en los diferentes periscopios, ya que particularmente la imagen se invierte en uno de los dos, por ejemplo, cuando observamos con un periscopio hacia el frente la imagen se ve derecha, pero cuando se utiliza el otro para ver hacia atrás la imagen se ve invertida, esto lleva a pensar en una ley de este fenómeno en la cual la imagen reflejada se invierte.

Participante 1 (Erick): muestre ese que se ve al revez, es por lo que están al revés, 4.44

Participante 4 (Sara): así era como los íbamos a poner, uno pa atrás y otro pa delante ese es para ver para atrás, eee para adelante.

Participante 3 (Maria): jajaja se ve muy caja

Participante 4 (Sara): huy muy caja, pero les quedo elegante, sabe por qué, porque uno ve como si fuera derecho.

Participante 1 (Erick): se ve más chiquito.

Participante 3 (Maria): porque la imagen se refleja

Participante 2 (Laura): la superficie se contrae jajajajaja

Participante 3 (Maria): jajaja si, si

Al final los dos grupos comparan los resultados de los dos artefactos hechos, los cuales fueron determinantes para reconocer este fenómeno de reflexión en cuanto a la inversión de la imagen, podríamos decir que es otra ley de la reflexión (o simplemente un juego de espejos) que fue posible ser evidenciado por los estudiantes al comparar la formación de la imagen en los dos periscopios.



Foto 5: Periscopios contruidos en la actividad experimental

Al realizar el periscopio se preguntaban cómo acomodar los espejos para poder ver hacia adelante y hacia atrás, para hacer esto diseñaron un plano modelo del aparato y un plan en su construcción, unos optaron por un diseño cilíndrico mientras que otros por un diseño rectangular al momento de acomodar los espejos medían la distancia entre los espejos, tanteaba los ángulos a los que debían poner los espejos para tener una mayor visión y luego median esos ángulos con el transportador, controlando que funcionase como lo habían planeado todas estas cosas suponen un procedimiento material que determina el experimento. Esto conlleva a un conocimiento práctico en el uso de los elementos para producir el efecto deseado, es decir, lograr ver hacia atrás o hacia adelante dependiendo el caso.

Por lo anterior se defiende la actividad experimental como un espacio que posibilita que los estudiantes puedan involucrarse de manera activa en la construcción de conocimiento y de

explicaciones, pues son ellos quienes de manera libre proponen, varían y hacen modificaciones a los aparatos y elementos. Permitiendo reflexiones e interpretaciones en relación con el fenómeno físico.

5. CONCLUSIONES

Este proceso de intervención e investigación en el aula permitió lograr unos alcances en cuanto a la construcción de conocimiento por parte del maestro y los estudiantes, a partir de la posibilidad de implementar en este espacio actividades experimentales, sin necesidad que se tenga que recurrir a espacios distintos como los laboratorios, de tal forma que en la clase de física no se reduce a una exposición del maestro de algún tema, sino que pueda generar alternativas didácticas que posibiliten a los estudiantes ser partícipes activos de dicha construcción; ya que las actividades estuvieron intencionadas más allá de la interacción con el mundo físico, en cierto grado se desarrolló además una significación y sentido de lo que se estaba haciendo. Por lo que estas actividades experimentales fueron encaminadas a que los estudiantes, trabajando en grupo, generasen discusiones, explicaciones y reflexiones en torno al fenómeno de reflexión, partiendo de la manipulación y disposición de los elementos para alcanzar dichas elaboraciones experimentales.

A diferencia de cómo se concibe la actividad experimental, a saber, que primero la debe anteceder una clase teórica, en esta propuesta dicha actividad tuvo una intención más bien preliminar en la clase, dichas manipulación y disposición de los elementos que denominamos como procedimiento material dieron pie a que los estudiantes tuvieran cierta libertad en el sentido de que propusieron nuevas y diferentes formas de disponer dichos materiales para producir otros efectos relacionados con la actividad; todo ello producto de la motivación y el incentivo que se posibilitó en la misma, lo que posteriormente sirvió como una contextualización para con las preguntas, cuestiones y

explicaciones presentadas, es decir que a la hora de hablar y conceptualizar acerca del fenómeno de reflexión y sus leyes, en este caso, los estudiantes se apoyaron en la actividad, su desarrollo y los procedimientos llevados a cabo para dar respuesta y explicaciones, así mismo, estar en la capacidad para proponer variaciones en los montajes y disposición de los elementos asociados a la reflexión de la luz.

En el análisis se logró la caracterización de las explicaciones por parte de los estudiantes que fueron derivadas de dicha manipulación y observación de estos elementos asociados al fenómeno de la reflexión de la luz, planteadas en una serie estancias que fueron interpretadas e identificadas de acuerdo con los propósitos en este caso; lo cual logró en cierto grado más o menos hallazgos entre estos indicios que se derivaron de las subcategorías de análisis y que esto último permitió una modificación y estructuración emergente de las mismas, así mismo las actividades fueron siendo modificadas de acuerdo a lo obtenido en las diferentes implementación de la investigación, es decir que inclusive este mismo trabajo nos deja entrever como es este proceso y relación entre la teoría-experimentación cuando de construcción de conocimiento se trata.

Podemos reconocer entonces que el estudio del fenómeno de reflexión de la luz desde una perspectiva y procedimiento material en la actividad experimental como una bondad en estos procesos de construcción de conocimiento, ya que esto permitió en gran medida discusiones, explicaciones y consensos en torno al fenómeno de la reflexión de la luz para con el estudio que se pretendió en este trabajo. Así mismo al hacer un énfasis en esta concepción y procedimiento intrínseco de la actividad experimental se encontraron por ejemplo las diferentes propuestas y variaciones en las disposiciones de estos elementos hechas por parte de los estudiantes y que desde luego, nos parece que es una contribución positiva en estos procesos de enseñanza de la física y en particular del fenómeno de reflexión de la luz y sus leyes; ya que como se ha dicho esto proporciona no solo motivación e innovación por parte de los estudiantes sino que en el momento de conceptualización del fenómeno esto es un medio de contextualización y manifestación del mismo.

Con respecto al estudio y enseñanza de la reflexión de la luz que fue la temática que se eligió en este trabajo, es contribuyente a estos procesos en la medida que este fenómeno pueda ser manifestado experimentalmente, con recursos de fácil acceso y que la disposición de estos

elementos además de la construcción de dichos artefactos; puedan ser una base contextual en la cual se puedan generar espacios de discusiones y explicaciones por parte de los estudiantes en una socialización que aporte para las aproximaciones conceptuales de dicho fenómeno de la luz, así como las leyes que la erigen.

Podemos decir que este tipo de actividad experimental contribuyó a que los estudiantes tuvieran un papel más activo en la construcción de conocimiento, por ello este enfoque cualitativo y orientador rompe con una concepción tradicional en cierto grado, ya que las aproximaciones conceptuales y explicaciones estuvieron mediadas por los procesos y puesta en práctica la manipulación y funcionamientos de estos elementos asociados al fenómeno de reflexión de la luz, lo que se reconoce como una bondad en la medida que permitan vincular las concepciones previas de los estudiantes con el mundo físico para alcanzar una aproximación conceptual del mismo.

Un limitante con el que nos encontramos fue con el tiempo, ya que fue un factor influyente en estos procesos de enseñanza de la física y en particular si se trata de implementar actividades experimentales, ya que si bien se logra un acercamiento a la parte conceptual del fenómeno en cuestión además de la conceptualización de esta temática, sigue habiendo algo en que mejorar y detallar por lo que es necesario una profundización, sin embargo fue suficiente para el desarrollo y montajes experimentales. Las preguntas que se plantearon en las actividades no estuvieron intencionadas en gran medida a ser abiertas, por lo que las respuestas y explicaciones dadas por los estudiantes fueron más bien cerradas ya que por parte de los investigadores no nos percatamos de una mejor elaboración de las preguntas y por parte de los estudiantes se escudaron y apoyaron mucho en las actividades desarrolladas impidiendo en cierta forma llevarlos más allá de lo que se estaba trabajando en la clase.

Los propósitos e intereses de esta investigación nos dejan muchos aprendizajes como maestros en formación y cosas por mejorar en cuanto al diseño y planeación de este tipo de actividades experimentales en el aula de clase para la enseñanza de la física, así mismo esto nos permite recomendar que en los diseños y propuestas en el aula se tengan en cuenta este procedimiento material como un foco determinante en la actividad experimental, donde los estudiantes tengan una actitud más activa y participativa en la clase y que ello posibilite la generación y construcción de explicaciones direccionadas al estudio de un fenómeno o concepto físico; en la

cual se pueda generar un espacio de contextualización en la física teniendo en cuenta que esta rama de estudio de los fenómenos naturales tiene en gran medida un carácter experimental considerable. Así mismo reconocer en otras temáticas y conceptos de la física que aún no cuente con propuestas que involucren estos procedimientos materiales.

Los alcances y aportes de la investigación están direccionadas al rol de la actividad experimental en la enseñanza de la física y en particular del fenómeno de reflexión de la luz y sus leyes, brindando la posibilidad de incorporar en las clases dichos procedimientos materiales. Este fenómeno de reflexión desde la óptica geométrica, como ya hemos puntualizado, poco ha tenido relevancia desde una parte experimental, así mismo reconocemos el carácter que pueden tener la experimentación para con la generación de explicaciones, partiendo de la interacción que tiene los estudiantes con el mundo físico, nos parece que se puede particularizar no en explicaciones sino que se puedan hacer actividades con otros propósitos y enfoques partiendo de dicho procedimiento material; en este orden de ideas que se han venido desarrollando durante la investigación, quedan así mismo algunos interrogantes en cuanto a las planeaciones y desarrollos de las clases en física, ¿Qué tipos de actividades experimentales y orientación en las mismas posibilita la generación de explicaciones por parte de los estudiantes en torno a un fenómeno o concepto físico?, ¿Cómo seguir considerando y planteando en las clases de física actividades que apunten al procedimiento material de tal forma que sea relevante en la construcción de conocimiento en la física?, ¿Qué otras características se pueden resaltar en la actividad experimental de tal forma que pase a tener más protagonismo e interés en estos procesos de enseñanza de la física?

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61-71. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/299/29900107/>
2. Ferreirós, J. & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. [Versión Electrónica] *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
3. Feyerabend, Paul. Tratado contra el método. Ed. Tecnos S.A. Madrid, 1986. Selección: Introducción y capítulos 1 a 3, pp. 1-30.
4. García, E. G. (2011). Las practicas experimentales en los libros de texto y su influencia en el aprendizaje. Aporte histórico y filosófico en la teoría de campos. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
5. García, E. (2011). Modelos de explicación, basados en prácticas experimentales. Aportes de la filosofía historicista. *Revista científica*, (14), 89-96. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/viewFile/3704/5304>
6. García, E., & Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 7-24.
7. Giraldo, Y. (2014). La actividad experimental en la clase de física y la construcción social de conocimiento (Tesis de maestría). Universidad de Antioquia, Medellín.
8. Hacking, I. (1996). *Representar e Intervenir* (S. Martínez, Trads.) México: Ediciones Paidós Ibérica (Trabajo original publicado en 1983).
9. Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque, más crítico del trabajo de laboratorio Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, ISSN 0212-4521, ISSN-e 2174-6486, Vol. 12, N° 3, 1994, págs. 299-313

10. Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental. [Versión Electrónica] *Opción*, 20 (44), 98-119.
11. Kuhn, T. S. (1969). Posdata . En T. S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas* (págs. 268-319). México: Fondo de cultura económica
12. Kuhn, T. S. (1.982). Objetividad, juicios de valor y elección de teoría. En T. S. Kuhn, *La tensión esencial* (págs. 344-364). México: Fondo de cultura económica.
13. Lakatos, Imre. *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza editorial, Madrid, 1983. Cap. 2: La historia y sus reconstrucciones racionales, pp.134-179.
14. Latour, B., & Woolgar, S. (1995). *Un Antropólogo Visita El Laboratorio. La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
15. Malagón, F., Ayala, M. y Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica Nueva serie*, Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/pafi/n36/n36a06.pdf>
16. Medina, J. & Tarazona, M. (2011). El caso de la medición del potencial eléctrico: un ejemplo de recontextualización de saberes. En J.F. Malagón et al. (Eds), *El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes* (69-93). Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
17. Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido [Versión Electrónica]. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1-42.
18. POPPER, Karl. *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Ed. Paidós Ibérica S.A. Barcelona, 1972. Sobre el carácter de la ciencia y la metafísica –Kant y la lógica de la experiencia. pp. 229-239
19. POPPER, Karl. *La lógica de la investigación científica*. Ed. Iberoamericana de México, 1996. Selección: Panorama de algunos problemas fundamentales pp. 27-47

20. Romero, A.E. & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
21. Sandín, M. (2000). Criterios de validez en la investigación cualitativa: de la objetividad a la solidaridad. *Revista de Investigación Educativa*, 18 (1), 223-242. Recuperado de <http://revistas.um.es/rie/article/view/121561/114241>
22. Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. Tomado de *La scientetellequ'elle se fait*, Michel Callon y Bruno Latour (editores), La découverte, París. Traductor: Germán Pineda. Revisión de Jorge Charum. Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, 1995.
23. Solís, Carlos. Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn. Ediciones Paidós. Barcelona, 1981. Cap. I: La revolución Kuhniana, pp.21-40. Cap. III: El giro sociologista. pp. 65-93.
24. Stake, R. (2010). *Investigación con Estudio de Casos*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



ANEXOS

Anexo 1: Protocolo ético.



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Facultad de Educación

Ser Maestro
Nuestra esencia

**LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA
SEMINARIO DE PRÁCTICA PEDAGÓGICA**

LÍNEA DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA: ROL DE LA EXPERIMENTACIÓN.

**PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN
INTERVENCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Nombre de la investigación:

La clase de física centrada en las explicaciones dadas por los estudiantes, derivadas de la construcción y observación de elementos asociados al concepto de reflexión de la luz.

Investigadores: Andrés Felipe López Monsalve, Mauricio Sepúlveda Ciro y Norvey Alexander Arias Rojas

Presento ante ustedes mi compromiso ético. Entiendo como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de este trabajo, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la enseñanza de la física, desde el ejercicio de la práctica docente, así como contribuir con cuestiones teóricas y metodológicas a la línea de investigación en la cual se inscribe el seminario de práctica: Línea de la enseñanza y el aprendizaje de la física y las matemáticas: Rol de la experimentación en la enseñanza de la física.

El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes, para su valoración.

Desde esta perspectiva, los padres de familia que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, fotos, discusiones y observaciones, se constituyan en bases de datos para dicha investigación. Al respecto, se solicita también a los firmantes de este documento anotar, algunas recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes en relación con la autorización que otorgan al investigador.

FIRMA RECTOR IER PIEDRAS BLANCAS

FIRMA DEL DOCENTE ORIENTADOR UDEA

FIRMA DE LOS INVESTIGADORES

Recomendaciones o Sugerencias:

Anexo 2: Propuesta Didáctica



PROYECTO INVESTIGATIVO REFLEXIÓN DE LA LUZ
LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA

ACTIVIDADES EXPERIMENTALES

ACTIVIDAD No.1 “Jugando con el láser”.

El propósito de esta actividad es que los estudiantes interactúen con el rayo láser, haciendo uso de espejos para realizar diferentes formas geométricas, que permitan un acercamiento a las preconcepciones de la reflexión y la primera y segunda ley de ésta.

La formación de figuras geométricas planas está encaminadas a trabajar y orientar a los estudiantes a la primera ley de la reflexión de la luz, se les retará a que formen figuras geométricas perimetradas por el rayo láser; siendo un punto de partida para discernir cuando nos referimos a una reflexión en el mismo plano.

DESARROLLO 1: Cuando intentamos formar las figuras geométricas con el rayo de luz que emite el láser y con la disposición de los espejos, ¿Qué dificultades tuvieron a la hora de formar las figuras geométricas?, ¿Qué condiciones son necesarias para poder lograr formar las figuras geométricas?, ¿Qué pasa con el rayo

de luz que emite el láser cuando éste llega a los espejos?, de acuerdo con la experiencia ¿Por qué los espejos debe de estar posicionados de una u otra forma conforme la dirección que toma el rayo, ¿Qué es un plano y cómo reconocerlo en la formación de las figuras con el rayo láser?

En dicha figura geométrica formada se deben cumplir entonces propiedades de geometría euclidiana y particularmente en sus lados y ángulos, estos últimos son especiales en la reflexión de la luz ya que el ángulo con el cual se refleja el rayo es el mismo con el que incide; una ley que comprobamos a continuación con ayuda de un transportador, el rayo láser y un espejo.

DESARROLLO 2: ¿Qué medidas y propiedades tienen los lados y ángulos de un cuadrado, un triángulo u otra figura geométrica?, ¿Puedes asegurar que con dichas propiedades realmente formaste dicha figura geométrica?, ¿Con ayuda del transportador determina la medida el ángulo que forma el rayo al reflejarse?, ¿Si distinguéramos entre rayo incidente y rayo reflejado, que ángulos poseen ambos rayos con respecto a una normal en el punto de incidencia?



<https://onpedia.files.wordpress.com/2011/09/ondareflexion.jpg?w=620>

MATERIALES: Láser, 5 espejos, Plastilina y transportador.

Taller 1

1. Qué facilidades y dificultades presentaron al tratar de recrear las figuras geométricas con el rayo de luz emitido por el láser y los espejos
2. A partir de la experimentación con el rayo láser y los espejos, ¿Por qué se afirma que los rayos de luz que inciden en una superficie y los rayos reflejados están en el mismo plano?

3. En dicho plano se determina una línea normal y o perpendicular a la superficie reflectora, Con respecto a dicha recta, ¿Qué medida tienen el rayo incidente y el rayo reflejado?
4. Con ayuda del transportador y una superficie reflectora, determine los rayos de luz incidiendo en dichos ángulos y mida el ángulo de los rayos reflejados.

REFLEXIÓN	Ángulo de incidencia θ_i	Ángulo de reflexión θ_r
Rayo de luz 1	$\theta_i = 35$	$\theta_r =$
Rayo de luz 2	$\theta_i = 48$	$\theta_r =$
Rayo de luz 3	$\theta_i = 76$	$\theta_r =$

5. Qué características propias de la reflexión logras identificar en las situaciones ilustradas por las imágenes

ACTIVIDAD No.2 “*El Holograma en 3D*”.

La Actividad está encaminada a la ilusión óptica que se observa con la imagen en el holograma que parece estar en tercera dimensión. El fenómeno de reflexión y la forma del holograma hacen de esto un objeto de estudio a partir de las leyes de la reflexión.

MATERIALES: Acetato, tijeras, regla, cinta y dispositivo móvil.

DESARROLLO: La magia del holograma en 3D es precisamente que la imagen que se proyecta en este parece estar en el interior y en tercera dimensión, sin embargo al mirar desde la parte superior no logramos confirmar dicho fenómeno, ¿Qué explicación puedes dar a esta ilusión óptica?, si nos detenemos a analizar una de las caras del holograma en 3D y la imagen que proyecta ¿qué diferencia se puede establecer entre la imagen que proyecta el dispositivo móvil y la reflejada por el holograma en 3D?, la imagen que refleja el holograma está en otra dirección con respecto a la del dispositivo ¿Con qué ángulo se reflejan los rayos de luz?.

ACTIVIDAD No.3 “*Que la física nos Salve*”.

Hasta aquí hemos experimentado y dado explicaciones sobre características y leyes en la reflexión de la luz, ahora la idea es hacer uso de estos conocimientos para salvar nuestras vidas y triunfar en la batalla. A su disposición tiene diferentes elementos y materiales que serán útiles en la construcción de un instrumento que ayude en la resolución de las situaciones problema.

MATERIALES: Espejos planos, cartón, cilindros, papel, cartulina, Colbón, tijeras, madera.

DESARROLLO:

1. Hola Soldadas os, lamentablemente nos encontramos en esta trinchera sin poder salir, es de suma importancia poder saber la ubicación del enemigo para contraatacar, pero nos vemos imposibilitados, puesto que si asomamos la cabeza nos hieren, por ello su misión es construir un instrumento que nos permita ver al enemigo de forma segura, sin que resulten más bajas. –Boom. –AHORA.
2. Hola marinas os, queremos notificarles la situación lamentable que estamos afrontando dentro de este submarino; El enemigo nos está persiguiendo y el submarino no puede girar debido a los torpedos que nos han alcanzado, no logramos saber su ubicación y ellos han dañado nuestro sistema de radar, si no nos damos prisa pereceremos bajo el fuego de los torpedos del enemigo, por ello su misión es construir un instrumento que nos permita ver hacia atrás y conocer su ubicación.

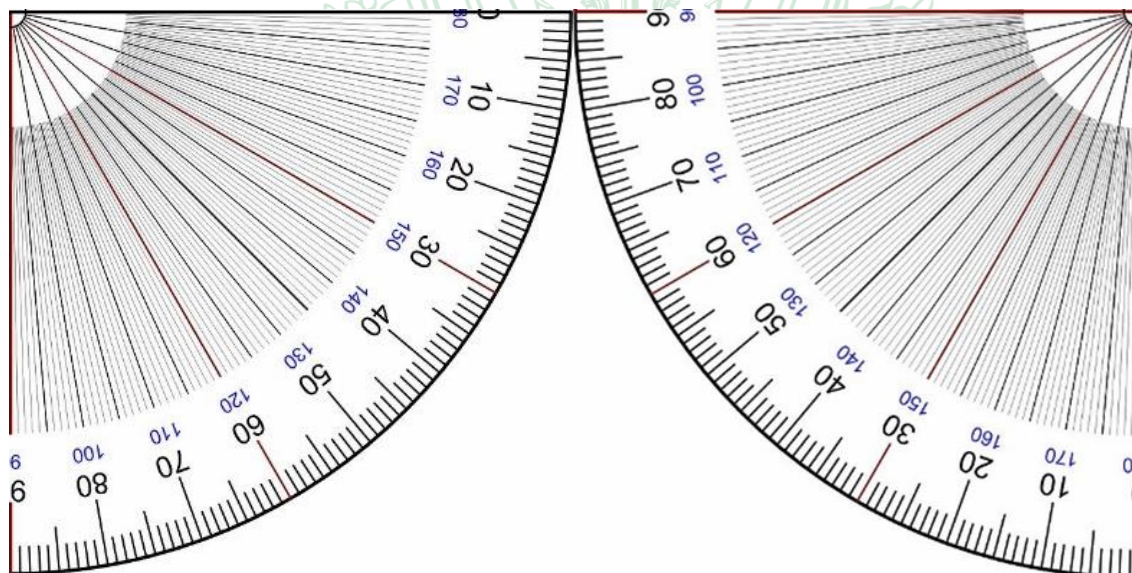
Taller 2

1. Por qué se evidencia la utilidad del fenómeno de reflexión y sus leyes en la construcción y funcionalidad del Holograma 3D y el Periscopio
2. La imagen de un objeto reflejada a través de una superficie es invertida con respecto al objeto como tal, ¿Cómo puedes evidenciar o discernir de dicha afirmación cuando captamos las imágenes a través del Periscopio y el Holograma 3D?
3. Describa gráficamente la formación de la imagen por reflexión a través de: a. Holograma en 3D b. el Periscopio que nos permite ver hacia atrás, sustenta según la experiencia.
4. ¿Qué modificaciones le podrían hacer a los instrumentos para que sean mejores y más eficientes? ¿Qué otra utilidad crees que pueden tener los instrumentos que han construido?

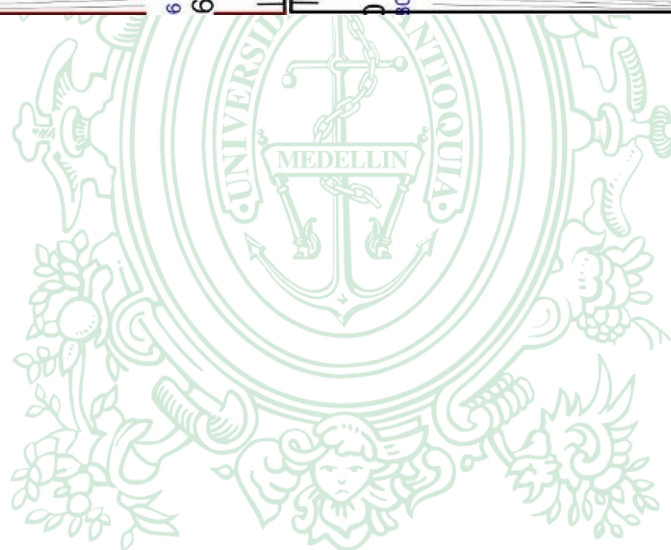
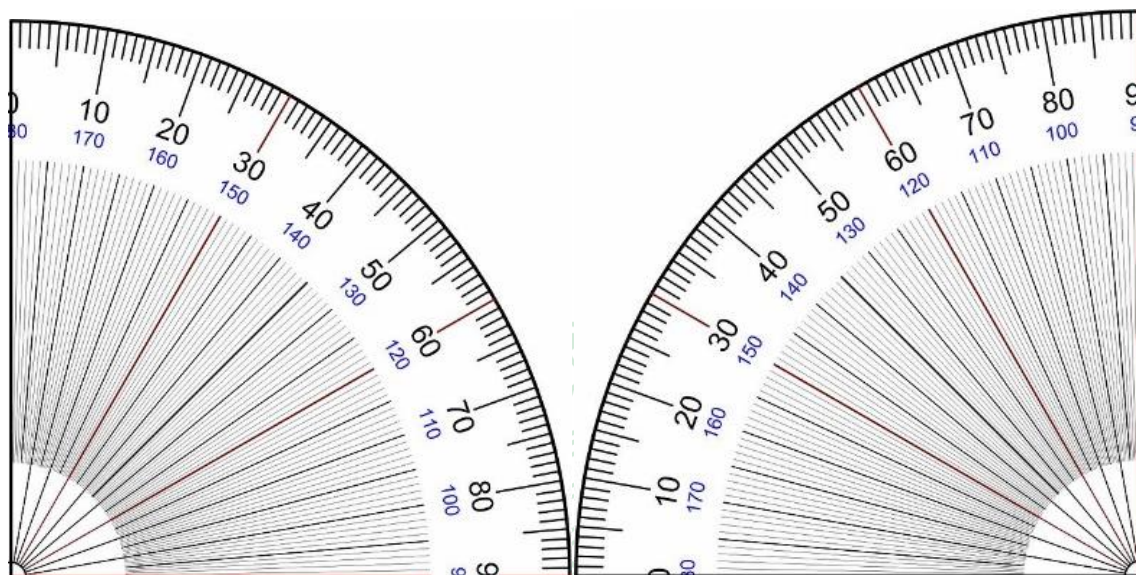
5. ¿Qué es la reflexión de la luz y las leyes que la rigen?



Anexo 3: Imágenes empleadas en la actividad No.1

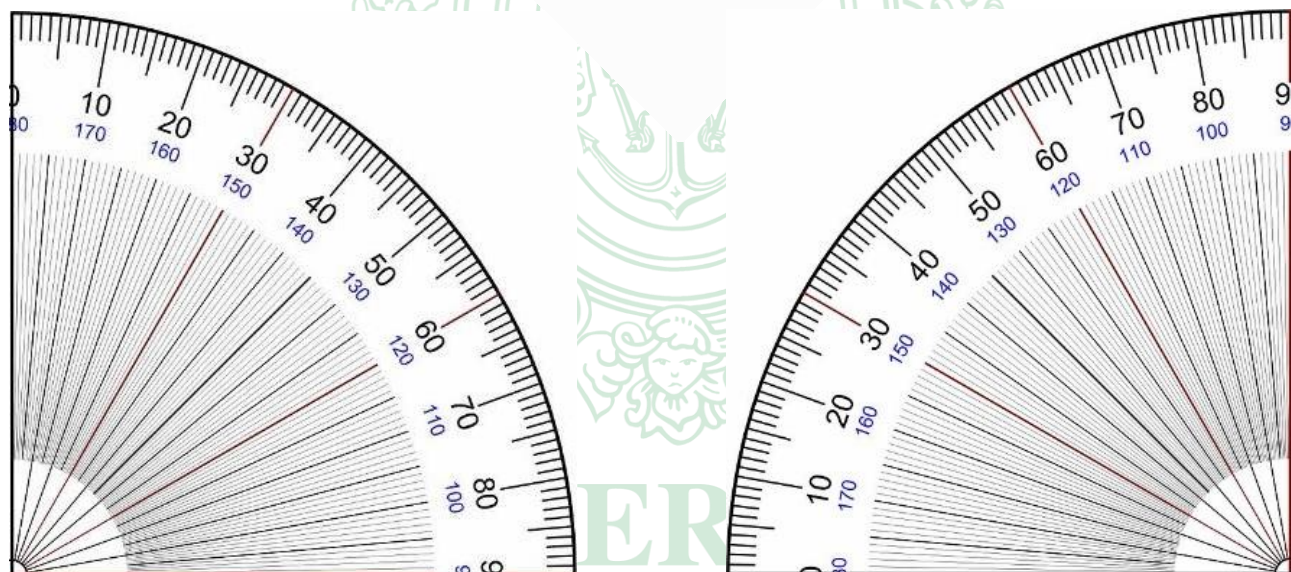
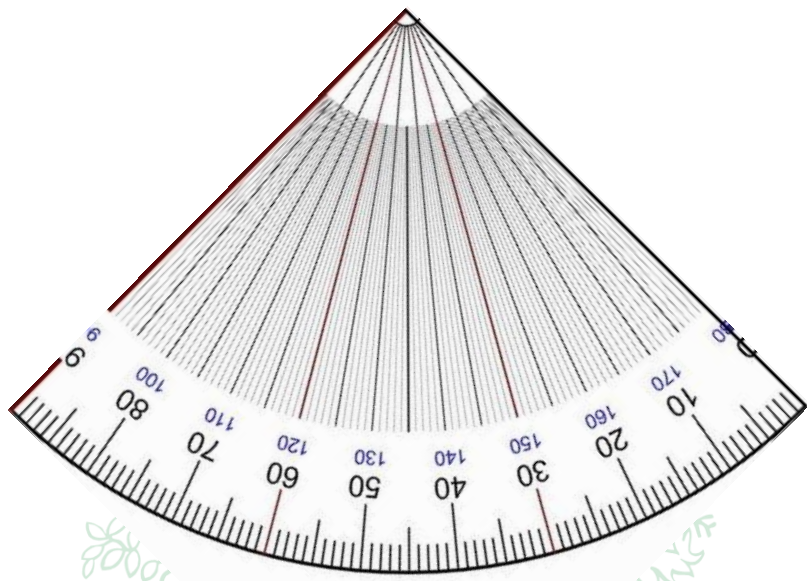


1 8 0 3



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

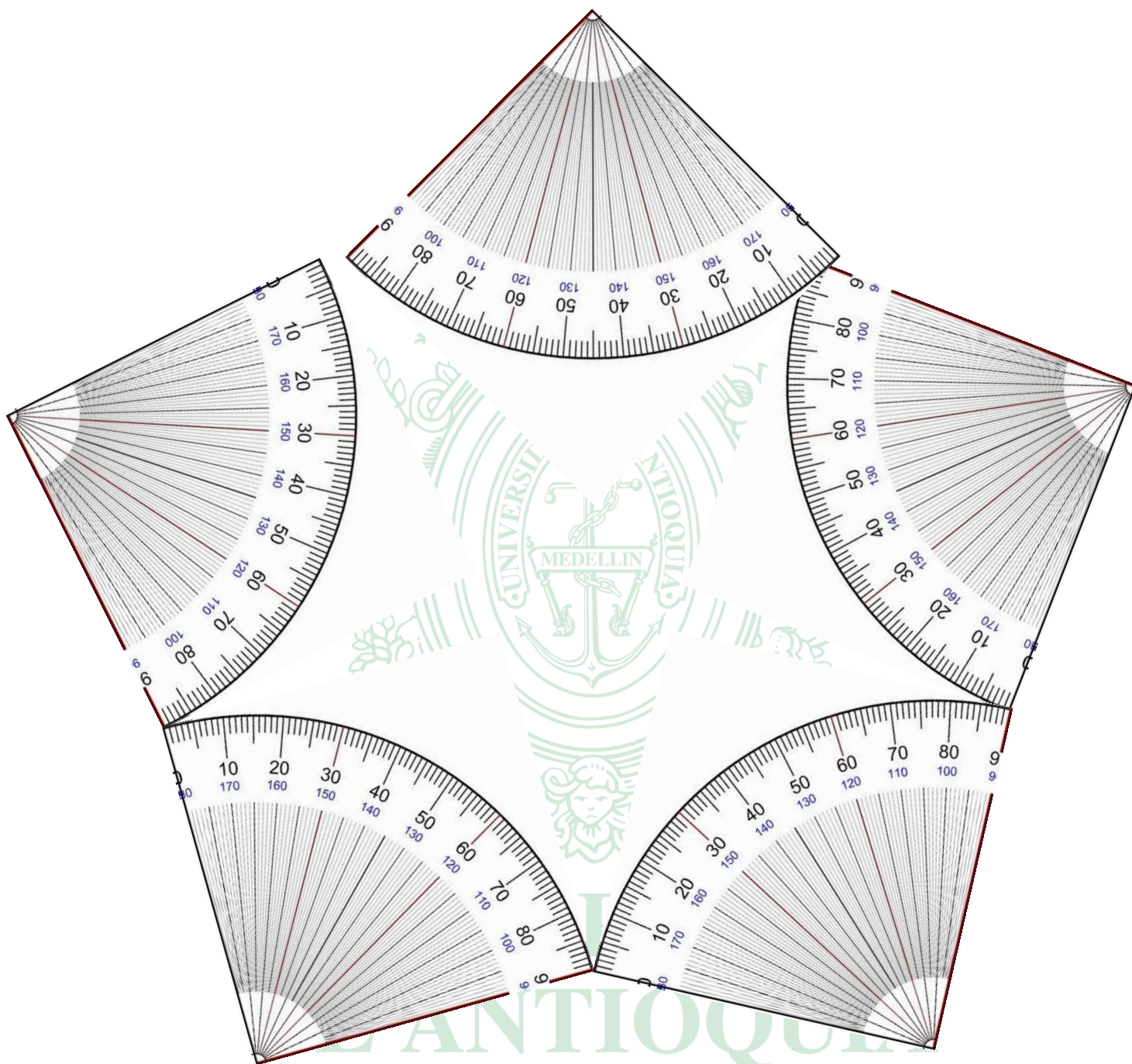
1 8 0 3



ER
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3





1 8 0 3