

**ESTUDIO SOBRE LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA LA  
FORMACIÓN DE LAS IMAGENES**

**Por  
YOISESMITH CÁRDENAS GAMBOA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ  
2018**

**ESTUDIO SOBRE LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA LA FORMACIÓN DE  
LAS IMÁGENES**

**Por  
YOISESMITH CÁRDENAS GAMBOA**

**Trabajo de grado para optar al  
Título de magister en docencia de las ciencias naturales**

**Asesores  
JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ  
SANDRA SANDOVAL OSORIO  
GRUPO ESTUDIO HISTÓRICO CRÍTICOS Y LA ENSEÑANZA DE LAS  
CIENCIAS**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ  
2018**

## ***Agradecimientos***


*Agradezco la labor y acompañamiento de mis asesores, la profesora Sandra Sandoval Osorio y el profesor José Francisco Malagón Sánchez, quienes en el pregrado tuve la fortuna que guiaran mi trabajo de grado y ahora nuevamente que regreso a la universidad a realizar la maestría en docencia de las ciencias Naturales son nuevamente mis asesores, dos grandes exponentes y orientadores a quienes reconozco su apoyo incondicional en todo momento.*

*Mis padres quienes con su apoyo y con su tiempo me han ayudado en el cuidado de mis hijos, estando siempre presentes a lo largo de mis estudios.*

*A mi esposo quien siempre me alentó con sus mejores deseos en esta meta propuesta y a mis hijos a quienes amo con todo mi corazón y dieron muchas horas de su tiempo para poder culminar esta meta propuesta.*

*Sin dejar de lado las infinitas gracias a Dios por acompañarme en este camino académico y darme la tranquilidad necesaria en los momentos que más lo necesité.*

***Yoisesmith Cárdenas Gamboa***

 <b>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</b> <i>Formación de Educadores</i>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 4 de 127</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Estudio sobre las condiciones necesarias para la formación de las imágenes
<b>Autor(es)</b>	Cárdenas Gamboa, Yoisesmith
<b>Director</b>	Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sánchez, José Francisco
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018. p 91.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	LENTES; ESPEJOS; ILUMINACIÓN; BRILLO; NITIDEZ; FORMACIÓN DE IMÁGENES; ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS; KEPLER; ALHAZEN

<b>2. Descripción</b>
<p>El presente trabajo se centra en la comprensión de la formación de las imágenes con lentes y espejos y las cualidades de las imágenes a partir de un estudio de fuentes primarias y secundarias, al igual que el desarrollo de actividades experimentales que permiten ampliar el campo de conocimiento y a su vez proporcionan una manera de estudiar el fenómeno, así se despliegan afirmaciones en torno a las condiciones que permiten la formación de las imágenes y éstas pueden ser llevadas al aula para que se genere una construcción de conocimiento.</p>

### 3. Fuentes

Se usaron las siguientes fuentes bibliográficas para el presente trabajo:

Ayala, M., Romero, A., Malagón, J., Rodríguez, O., Aguilar, Y. y Garzón, M. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción de conocimiento sobre los fenómenos físicos. Bogotá, Colombia: Kimpres

Alejandro Sánchez Yalí, W. G. (2009). Estrategias de análisis de guidoni: reconocimiento y diferenciación de las perspectivas con las que se describen y explican los fenómenos al conceptualizar la noción de esfuerzo en maestros en formación .(Mografía presentada para optar por el título de licencado en matemáticas y física, universidad de antioquia .) Medellín.

Arca, M. G. (1990). Enseñar Ciencia. Cómo empezar reflexiones para una educación científica de base. . Barcelona: Paidos Educador.

Castillo, J. C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. Rollos nacionales , 73-80

Gagliardi M. Giordano. E. (2006). Un sitio web para la aproximación fenomenológica. Enseñanza de las ciencias , 139–146.

Gómez, A. L, Flórez. I. D (2012). Construcción de explicaciones desde la experiencia (Tesis de Maestría). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.

González-Cano, A. (2015). Alhacén: una revolución óptica. Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura , 13.

Hernández G((2008). La interacción luz – objeto – observador como campo experiencial para la comprensión de la formación de imágenes (Tesis de Especialización). Universidad pedagógica nacional. Bogotá, Colombia

Malagón, J. F. (2002). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. Bogotá: Departamento de Física, UPN, Colombia

Malagón S, Ayala, M, Sandoval, S. (2011). El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.

Malagón S, Ayala, M, Sandoval, S (2013). La actividad experimental; construcción de fenomenologías y procesos de formalización . Cali, Colombia: Universidad del Valle .

Malagón,S. (2013). The experimental activity: Construction of phenomenologies. Praxis Filosófica Nueva serie, No. 36. Universidad Pedagógica Nacional , 119 - 138.

- Lindberg, D. C. (1976). *Theories of vision from Al Kindi to Kepler*. United States of America: Allen G. Debus.
- Lindberg, D. C. (2011). Alhazen's Theory of Vision and Its Reception in the West. *The History of Science Society* , 321-341.
- P., E. E. (2006). *Esempi di interferenze costruttive tra matematica e fisica per il successo formativo nella scuola di base: la proporzionalità*. . Studi di Milano- Bicocc , 16.
- Penteado, A. (Fecap), P. d. (2007). *Os fundamentos da óptica geométrica de Johannes Kepler*. Scientiae Studia . Scielo. P Brasil.
- Pozo, J. I. (1997). *Teorías cognitivas ara el aprendizaje*.Cap. 8. Enfoques para la enseñanza de la ciencia. Madrid: Morata.
- SABRA, A. I. (1989). *The optics of ibn al-haytham, books I - III on direct vision*. London: w. S. Maney and son limited, leeds.
- Suárez, C. A. (2012). El problema de alhacén. *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia* , 251-276.
- Valenzuela, J. Flores, M. (2012) *Fundamentos de investigación educativa*. Volumen 2. Escuela de graduados en educación
- Viennot., L. (2002). *Razonar en física, la contribución del sentido común*. Antonio machado.
- Donahue, W. (2000). *Johannes Kepler, Optics. Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy*. Santa Fe, New Mexico: 229.

#### 4. Contenidos

El presente trabajo tiene como propósito organizar explicaciones en torno a las condiciones o factores que permiten la formación de las imágenes, es en este sentido que se usan fuentes primarias y secundarias junto con la actividad experimental para desplegar afirmaciones que permitan la comprensión de este fenómeno de estudio. Para llevar a cabo este análisis, se desarrollan 4 capítulos así: En el **capítulo I**: Planteamiento del problema, se describe el problema a trabajar junto con los objetivos propuestos, se muestra la justificación del porque se desarrolla este estudio sobre la formación de las imágenes, se destacan algunos antecedentes y la ruta de la metodología. En el **capítulo II**: Una experiencia desde el diálogo, basado en las fuentes primarias desarrolladas por Alhazen y Kepler quienes aportaron al avance de la óptica y David Lindberg que recopiló en sus escritos los aportes de los escritos ópticos retomando los trabajos de Alhazen y Kepler, desde donde se reconoce cada uno de los personajes, condiciones o factores que permiten la formación de las imágenes. En el **capítulo III**: La actividad experimental y la formación de imágenes, en este capítulo, se muestran varias actividades de carácter experimental con lentes y espejos basadas en los análisis de las fuentes primarias y secundarias, condensando el trabajo en términos de relaciones de proporcionalidad que permiten dar cuenta de las cualidades de la imagen. En el **capítulo IV**: Propuesta de aula, las afirmaciones y organización entorno a la comprensión de la formación de las imágenes son llevadas al aula en una cartilla de manera intencionada, aplicada en el colegio Madre Paula Montal en grado noveno. Finalmente, se despliegan las conclusiones que permiten reconocer las fortalezas y dificultades que se dieron a lo largo de la elaboración del trabajo en torno a las condiciones que permiten la formación de las imágenes y las cualidades de la imagen.

#### 5. Metodología

En el desarrollo de la actividad experimental y el estudio de fuentes primarias forman parte del presente trabajo, en el cuál se indagan sobre las condiciones necesarias para la formación de las imágenes, siendo participes en el método de análisis cualitativo enmarcado desde la fenomenología en la que se exploran las experiencias para el estudio de la óptica, posibilitando formalizar la comprensión sobre la formación de las imágenes; por lo tanto, a medida que se organiza el evento se empiezan a establecer los modos de conocer sobre el mismo, encontrando así las condiciones o factores que permiten hablar de las cualidades de la imagen y su relación con las formación de las imágenes desde el campo de la óptica.

## 6. Conclusiones

El estudio de un fenómeno físico, en este caso la comprensión sobre la formación de las imágenes, permite llegar al análisis de dos grandes personajes como se han enunciado a lo largo del trabajo: Alhazen y Kepler, quienes en sus investigaciones reconocen condiciones fundamentales para la comprensión de las imágenes.

Por una parte desde la pregunta que Alhazen se plantea ¿Cómo vemos?, a través de las elaboraciones realizadas, se puede dar respuesta a este interrogante, reconociendo que son necesarias unas condiciones para que esto se lleve a cabo, el ver entonces necesita de objeto, luz y observador en interacción mutua, ya que si uno de los elementos no se encuentra en interacción, no es posible que se dé el hecho de ver, el cómo vemos nos lleva a hablar de un sistema de relaciones, encontrando así que la física no es un hecho independiente de otro, sino que en este caso, es un fenómeno que está inmerso en un conjunto de elementos que interrelacionados permiten que se perciban los objetos.

En concordancia con las elaboraciones de Alhazen y Kepler sobre la trayectoria de la luz, este es un problema que permaneció durante varios siglos, ya que, no era tan sencillo reconocer la trayectoria recta de la luz; no obstante, ahora se da por hecho que la trayectoria es recta y eliminar este prejuicio o preconcepto si así se puede denominar, no es tan fácil, pues una de las dificultades iniciales en el trabajo desarrollado es el hecho de pensar la ciencia como algo ya elaborado, que tiene una única ruta de aprendizaje.

Por otra parte, desde el trabajo de Kepler, las condiciones que enmarca o establece sobre las propiedades de la luz, son importantes para la comprensión de cómo se forman las imágenes, además el hecho de establecer características o cualidades de la imagen permite dar un direccionamiento importante en el presente trabajo, puesto que todo se enmarca en la comprensión de estas cualidades para dar cuenta de la formación de las imágenes con lentes y espejos.

Este ejercicio en términos de las fuentes primarias y secundarias, va de la mano con el experimento, siendo esto muy importante para dar cuenta de un fenómeno de estudio en el caso de la formación de las imágenes, a lo largo del trabajo se desarrolló simultáneamente la lectura de fuentes y la actividad experimental, con lo cual se reconoce que efectivamente se necesitan mutuamente y que no son separadas o distantes, que no es posible realizar experiencias si no se comprenden aspectos teóricos o en sentido contrario, que no es posible realizar lecturas sin desarrollar por lo menos una actividad experimental en torno a la formación de las imágenes.

Con ello, la actividad experimental en el ejercicio conjunto de análisis de textos, permite configurar relaciones entre diferentes factores o elementos tales como: Relación brillo – intensidad lumínica, Relación distancia – nitidez y la relación distancia - tamaño de la imagen, que se establecen del ejercicio que se deriva de la organización dada de la comprensión de la formación



de imágenes, pasando del conocimiento sobre el ver a la formación de las imágenes con lentes y espejos, permitiendo una serie de elaboraciones en torno las características de la imagen en términos de su color (brillo y nitidez), posición (derecha e invertida), Tamaño (comparado con el objeto) y distancia (a la cual se forma la imagen).

Por lo tanto, orientar el estudio en términos de condiciones en torno a las cualidades de la imagen, sugiere comprender la formación de las imágenes en términos cualitativos, de manera sistemática y organizada que en el mismo acto de organizar, orientar, reconocer y comprender, se da el hecho de formalizar el fenómeno, se configuran las afirmaciones en torno a éste y se logran definir rutas específicas que lleven a la comprensión de la formación de las imágenes.

Las rutas planteadas a lo largo del trabajo, permiten que como docentes en ejercicio, que se replanteen las enseñanzas en torno a elaboraciones que en primera instancia se puedan desarrollar para luego ser llevadas al aula de manera intencionada como se muestra en este trabajo, en primer lugar se estableció una ruta de comprensiones que denomino así porque es una serie de relaciones, afirmaciones y elaboraciones que poco a poco en el camino se fueron configurando y en segundo lugar, la ruta comprendida se formalizó en una propuesta de aula o una cartilla que contenía actividades de manera intencionada para que el estudiante elabore su organización en torno al fenómeno tratado.

Por lo ende, plantear actividades para llevar al aula sobre la comprensión del fenómeno, no es una tarea fácil, puesto que hacer que el estudiante comprenda la actividad que ésta direcciona y que al mismo tiempo se identifique el camino que se desea seguir hacia la construcción propuesta, no es un ejercicio sencillo, sin embargo, el hecho de construir una ruta de aprendizaje, permite organizar el rumbo que los estudiantes deben seguir.

No obstante, el estudio de la formación de imágenes es bastante amplio, de hecho, aún quedan bastantes problemas fuera de estudio en esta tesis que permiten dar pautas para desarrollar infinidad de trabajos sobre el mismo, algunos de los cuales pueden ser sobre dioptrías, funcionamiento del ojo humano y su relación con la formación de imágenes, ley de Snell, refracción en distintos medios, reflexión en otros elementos, en fin, la óptica es una rama de la física que permite indagar de una manera muy amplia distintos cuestionamientos que quedan abiertos para una próxima comprensión del fenómeno, considerando que con el trabajo desarrollado es posible dar paso a otro tipo de investigaciones en términos de una explicación o plano cuantitativo que posibilite otra forma de organizar las comprensiones en torno a las cualidades de la imagen.

<b>Elaborado por:</b>	Cárdenas Gamboa, Yoisesmith		
<b>Revisado por:</b>	Rivera Vargas, Yuly ; Castillo, Juan Carlos		
<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	07	06	2018

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.1 OBJETIVOS .....	18
1.1.1 Objetivo general.....	18
1.1.2 Objetivos específicos. ....	18
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	19
1.3 ANTECEDENTES .....	22
1.4 METODOLOGÍA .....	24
CAPÍTULO II: UNA EXPERIENCIA DESDE EL DIÁLOGO .....	26
CAPÍTULO III: EL EXPERIMENTO Y LA FORMACIÓN DE LAS IMÁGENES. ....	42
3.1 LENTES.....	44
3.2 ESPEJOS.....	46
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE AULA .....	49
4.1 DESARROLLO DEL ANALISIS DE LA PROPUESTA DE AULA EN EL NIVEL I.....	53
4.1.1 Fase I - ¿Cómo vemos?.....	53
4.1.1.1 <i>Relación de interdependencia</i> .....	53
4.1.2 Fase II - Una noche en tinieblas.....	57
4.1.2.1 <i>Representación y relaciones distancia – trayectoria</i> .....	57
4.1.3 Fase III - Jugando con las imágenes .....	61
4.1.3.1 Socialización y Conclusiones en torno a las condiciones para la formación de imágenes. ....	73
4.1.3.1.1 <i>Relación brillo – intensidad lumínica.</i> .....	73
4.1.3.1.2 <i>Relación distancia – nitidez</i> .....	73
4.1.3.1.3 <i>Relación distancia, tamaño de la imagen</i> .....	74
4.1.4 Fase IV - Mírate al espejo.....	74
4.1.4.1 <i>Espejo convexo</i> .....	75
4.1.4.2 <i>Espejo cóncavo</i> .....	76
4.1.4.3 <i>Espejo plano</i> .....	78
4.1.5 Fase v – Apuesta tu reto.....	79
4.1.5.1 <i>Instrumentos ópticos</i> .....	80
4.2 HALLAZGOS DE LAS FASES.....	85
4.3 CONCLUSIONES FINALES DE LAS FASES .....	86

4.4 DESARROLLO DEL ANÁLISIS PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE AULA NIVEL II.....	87
CONSIDERACIONES Y SUGERENCIAS FINALES.....	88
BIBLIOGRAFÍA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ANEXOS .....	92
ANEXO 1: Módulo sobre la formación de las imágenes.....	93

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Trayectoria de la luz desde Alhazen. Elaboración propia.</i>	27
<i>Ilustración 2. Tubo de pvc oscurecido al lado del ojo, Luz incidente en el objeto- Elaboración Propia.</i>	28
<i>Ilustración 3. Tubo de pvc oscurecido al lado del ojo, Luz incidente el ojo. Elaboración propia.</i>	29
<i>Ilustración 4. Luz que se emana siguiendo la esférica desde Kepler. Elaboración propia.</i>	30
<i>Ilustración 5. Cámara oscura con orificio pequeño que permite únicamente el paso de un rayo de luz emitido por cada punto del objeto desde las elaboraciones de Alhazen. Recordando que desde el trabajo de Alhazen el objeto refleja la luz en distintas direcciones desde cada punto que lo compone, y en la cámara oscura únicamente ingresa un haz de luz de cada punto del objeto. Elaboración propia.</i>	33
<i>Ilustración 6. Cámara oscura con orificio de diámetro mayor que permite el paso de varios rayos de luz emitido por cada punto del objeto desde las elaboraciones de Alhazen. Elaboración propia.</i>	34
<i>Ilustración 7. Superposición de los rayos de luz que se emiten en expansión de la esférica, es decir, que desde un punto de luz se emite ésta en radios iguales aumentando cada vez más su diámetro y así se pueda formar la imagen en la cámara oscura. Elaboración propia.</i>	35
<i>Ilustración 8. Refracción desde el trabajo de Kepler (2000), p 89.</i>	37
<i>Ilustración 9. Modelo de Alhazen (escritor óptico) sobre la reflexión de la luz en un espejo o material reflectante donde la imagen se forma diagonal al ojo. (Kepler, 2000, p. 78).</i>	39
<i>Ilustración 10. Reflexión en espejo plano elaborada por Kepler, el lugar donde se forma la imagen. (Kepler, 2000, p. 83).</i>	40
<i>Ilustración 11. Experimento para observar objetos con lentes. Elaboración propia.</i>	42
<i>Ilustración 12. Experimento para observar objetos con lentes. Elaboración propia</i>	43
<i>Ilustración 13. Formación de imágenes en una pantalla. Elaboración propia</i>	43
<i>Ilustración 14. Andamiaje experimental con Lentes. Construcción propia</i>	45
<i>Ilustración 15. Elementos del ver. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	54
<i>Ilustración 16. Relación de los Elementos del ver. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	54
<i>Ilustración 17. Elementos del ver. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	54
<i>Ilustración 18. Trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	58
<i>Ilustración 19. Trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	58
<i>Ilustración 20. Trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	58
<i>Ilustración 21. Emisión de la luz- característica. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	59
<i>Ilustración 22. Emisión de la luz- característica. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	59
<i>Ilustración 23. Sombra como consecuencia de la trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	60
<i>Ilustración 24. Sombra como consecuencia de la trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	60
<i>Ilustración 25. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	63
<i>Ilustración 26. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	63
<i>Ilustración 27. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	64
<i>Ilustración 28. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	64
<i>Ilustración 29. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	64
<i>Ilustración 30. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	66
<i>Ilustración 31. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	66
<i>Ilustración 32. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	67
<i>Ilustración 33. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	67
<i>Ilustración 34. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	67

<i>Ilustración 35. Imagen formada con lente menisco convexa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	69
<i>Ilustración 36. Imagen formada con lente menisco convexa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	69
<i>Ilustración 37. Formación de imágenes con lente bicóncava. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	70
<i>Ilustración 38. Formación de imágenes con lente bicóncava. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	70
<i>Ilustración 39. Formación de imágenes con lente bicóncava. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	71
<i>Ilustración 40. Imagen formada con lente plano cóncavo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	72
<i>Ilustración 41. Imagen formada con lente plano cóncavo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	72
<i>Ilustración 42. Imagen formada con lente plano cóncavo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	72
<i>Ilustración 43. Formación de imágenes espejo convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	75
<i>Ilustración 44. Formación de imágenes espejo convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	75
<i>Ilustración 45. Formación de imágenes en espejos cóncavos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	76
<i>Ilustración 46. Formación de imágenes en espejos cóncavos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	77
<i>Ilustración 47. Formación de imágenes en espejos cóncavos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	77
<i>Ilustración 48. Formación de imágenes con espejos planos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	78
<i>Ilustración 49. Formación de imágenes con espejos planos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	78
<i>Ilustración 50. Construcción del estereoscopio. Elaboración por estudiantes Colegio Madre Paula M.</i>	80
<i>Ilustración 51. Construcción del telescopio. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	81
<i>Ilustración 52. Exposición del periscopio. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	82
<i>Ilustración 53. Exposición del catalejo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</i>	83

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Características de la imagen en espejos cóncavos, convexos y planos.</i>	47
<i>Tabla 2. Propuesta de aula, que además de presentarse la mirada global de las actividades también procura establecer la relación con el análisis histórico desarrollado en el capítulo II. Elaboración propia.</i>	51
<i>Tabla 3. Elaboraciones de los estudiantes en la Actividad 1. Fase 1. Análisis de las gráficas. Elaboración propia.</i>	55
<i>Tabla 4. Elaboraciones de los estudiantes de la fase 2, trayectoria. Análisis de las gráficas. Elaboración propia.</i>	58
<i>Tabla 5. Elaboraciones de los estudiantes de la fase 2. Emisión. Análisis de las gráficas. Elaboración propia.</i>	59
<i>Tabla 6. Elaboraciones de los estudiantes de la fase 2. Análisis de las gráficas. Elaboración propia</i>	60
<i>Tabla 7. Formación de imágenes en lente Biconvexo. Lupa. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	63
<i>Tabla 8. Formación de imágenes en lente Plano convexa. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	66
<i>Tabla 9. Formación de imágenes en lente menisco convexa. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	68
<i>Tabla 10. Formación de imágenes con lente Bicóncava. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	70
<i>Tabla 11. Formación de imágenes con lente plano- cóncava. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	72
<i>Tabla 12. Formación de imágenes con espejos convexos. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	75
<i>Tabla 13. Formación de imágenes espejo cóncavo. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	76
<i>Tabla 14. Formación de imágenes con espejos planos. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.</i>	78
<i>Tabla 15. Hallazgos de las fases. Elaboración Propia.</i>	85

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito organizar explicaciones en torno a las condiciones o factores que permiten la formación de las imágenes, es en este sentido que se usan fuentes primarias y secundarias junto con la actividad experimental para desplegar afirmaciones que permitan la comprensión de este fenómeno de estudio.

Para llevar a cabo este análisis, se desarrollan 4 capítulos así:

En el **capítulo I:** Planteamiento del problema, se describe el problema a trabajar junto con los objetivos propuestos, se muestra la justificación del porqué se desarrolla este estudio sobre la formación de las imágenes, destacándose algunos antecedentes y la ruta de la metodología.

En el **capítulo II:** Una experiencia desde el diálogo, basado en las fuentes primarias desarrolladas por Alhazen y Kepler quienes aportaron al avance de la óptica y David Lindberg que recopiló los aportes de los escritores ópticos retomando los trabajos de Alhazen y Kepler, reconociendo desde cada uno de los personajes condiciones o factores que permitan la formación de las imágenes.

En el **capítulo III:** La actividad experimental y la formación de imágenes, se muestran varias actividades de carácter experimental con lentes y espejos basados en los análisis de las fuentes primarias y secundarias, condensando el trabajo en términos de relaciones de proporcionalidad que permiten dar cuenta de las cualidades de la imagen.

En el **capítulo IV:** Propuesta de aula, las afirmaciones y organización entorno a la comprensión de la formación de las imágenes son llevadas al aula en una cartilla de manera intencionada, aplicada en el colegio Madre Paula Montal en grado noveno.

Finalmente se despliegan las conclusiones que permiten reconocer las fortalezas y dificultades que se dieron a lo largo de la elaboración del trabajo en torno a las condiciones que permiten la formación de las imágenes y las cualidades de la imagen.



## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las ciencias naturales, en el caso de la física, el reconocimiento de la formación de la imagen desde el estudio de la óptica se expresa básicamente con estructuras geométricas o leyes matemáticas que en muchas ocasiones son memorizadas por los estudiantes o simplemente son reconocidas por lo que nos dicen los libros de texto; por lo tanto, el hablar de una imagen real o una imagen virtual en el aula se convierte en un lenguaje en ocasiones sin sentido, en el que no hay asociación de condiciones o propiedades que permiten llegar a la construcción de este conocimiento.

Por lo tanto, el docente debe comenzar a pensar en cómo comprende el fenómeno para luego llevarlo al aula, esto lleva a explorar un campo en términos de la experimentación que posibilite la formulación de inquietudes o interrogantes que surgen en el estudio de la formación de las imágenes, siendo entonces en ese proceso de dar explicaciones que se organizan las experiencias para lograr una comprensión sobre el fenómeno de estudio.

Una pregunta que inicialmente permite proporcionar una mirada a la formación de las imágenes es ¿De qué manera se reconoce la imagen real de la imagen virtual?, pero, esta pregunta lleva a diferentes cuestionamientos: ¿Por medio de qué procesos o pasos es posible construir dichos conceptos? ¿Cómo es posible formalizar este fenómeno?, entre otras inquietudes, que no solamente son relevantes, sino que pueden direccionar el camino para reconocer y establecer relaciones necesarias para la explicación de la formación de imágenes.

Pero, el camino quizá no es tan fácil como pudiera parecer, ya que, el hecho de percibir las imágenes cuando se ven al espejo, cuando en las ventanas de los buses se ve el “reflejo” de las personas que van en el mismo, cuando se ven en la cuchara de metal o en el vaso de este mismo material, Cuando se observa a través de la ventana de la casa; sin notarlo, ya se está teniendo un “contacto” con las imágenes, lo que puede limitar un poco los interrogantes que surjan sobre las mismas, es por ello que la formación de la imagen termina comprometiendo un campo común para todos, que a la vez es inexplorado para la mayoría.

Es en este sentido que, comenzar a generar cuestionamientos en torno a la formación de las imágenes no resulta fácil; sin embargo, al iniciar a pensar sobre los instrumentos por medio de los cuales se logran ver las imágenes como lo son los lentes y los espejos, es posible intuir que deben existir otros elementos o condiciones que permitan o no la formación de la imagen, además de cuestionarse cómo será la manera que estas condiciones facilitan el conocimiento sobre las características de la imagen, que se visualizan desde el mismo momento en el cual nos vemos al revés o al derecho frente a distintos materiales o el hecho de ver imágenes de diferentes tamaños, lo que lleva a pensar que efectivamente las imágenes están caracterizadas por unas

formas específicas y que es necesario comprender lo que ocurre a la base de este fenómeno, lo que nos lleva a plantear la siguiente pregunta de investigación:

- **¿De qué manera, a partir de la relación entre la actividad experimental con lentes o espejos y las cualidades de la imagen, se puede realizar una explicación en términos de las condiciones que posibilitan la formación de la imagen?**

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general.**

- Identificar las condiciones que permiten la formación de imágenes con lentes y espejos a partir de la actividad experimental que posibilitan formalizar el fenómeno.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Analizar los textos de Alhazen, Kepler y David C. Lindberg como aporte en la construcción de conocimiento sobre la formación de imágenes en lentes y espejos.
- Relacionar la actividad experimental y el análisis de fuentes a propósito de las condiciones que permiten la formación de imágenes para la enseñanza de la física.
- Diseñar e implementar una propuesta de aula dirigida a estudiantes de educación básica, que permita la organización del fenómeno en torno a la formación de las imágenes.

Contribuyendo desde este campo a la enseñanza física en especial a la óptica, desde el hecho de comprender, organizar y reconstruir todas las elaboraciones que están a la base para la formación de las imágenes con lentes y espejos.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

En la enseñanza de las ciencias, específicamente en la enseñanza de la física, existe una gran cantidad de temáticas que los estándares invitan a seguir en cada ciclo, esto se evidencia en los estándares del área de ciencias naturales del ministerio de educación nacional y se replican en los libros de texto que se usan en cada curso o que sirven como apoyo para los docentes. Entonces, en el campo educativo, la física se identifica en varios casos como una ciencia ya elaborada y culminada que quizá no necesita pensarse desde ninguna perspectiva, “muchas veces se le confunde a las ciencias con sus resultados o productos, obviando que esta se construye históricamente” Ayala M. M. (Citada por García, A. W. 2011).

Empezar a reconocer que en el campo de la óptica, la formación de imágenes se puede indagar desde una física que no necesariamente está culminada y pensar en comprender éste fenómeno desde el acceso a textos históricos o libros de fuentes primarias y secundarias, es iniciar un proceso de organización del fenómeno, dando paso así a una recontextualización en términos de García. E (1999) “como una actividad que genera las condiciones para que estudiantes y maestros se involucren en la actividad de organizar los fenómenos” (Citado por Castillo, J. C. 2008, p. 78) dando lugar a un análisis más profundo que el simple hecho de estudiar una ciencia finalizada sin dudas e inquietudes por resolver.

En este proceso de organización del fenómeno, se tienen en cuenta fuentes primarias, como lo enuncia Kuhn (1982),(citado por Sánchez, García & Cañas, 2009, p.26) “el sistema de enseñanza a través de libros de texto comporta ciertos dogmatismos de base que el retorno a las fuentes contribuiría a superar” .

Según Kuhn (1982) (citado por Sánchez, García & Cañas, 2009, p.26), el análisis de los textos originales de los científicos permite:

- “1. Entender que los conceptos que finalmente fueron decantados en un paradigma, y que son presentados de manera acabada y precisa en los libros de texto, tuvieron una génesis y un proceso de desarrollo. Esto permite enriquecer el concepto, flexibilizándolo y sugiriendo nuevos significados y relaciones.*
- 2. Identificar las problemáticas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular y en muchas ocasiones, las contradicciones y los debates entre posiciones contrapuestas que generalmente no aparecen en los libros de texto.*
- 3. Entender, por comparación, los procesos de recontextualización que se operan en los libros de texto, es decir, tomar conciencia de los cambios en el significado de los conceptos y en su articulación respectiva, de las transformaciones en la formulación de los problemas, en el lenguaje, en las formas de argumentación y en los criterios de coherencia y de rigor”.* (Sánchez, García & Cañas, 2009, p.26).

Es por esto que el aspecto teórico desde las fuentes primarias y secundarias permite indagar aún más sobre la formación de las imágenes, reconociendo que la teoría no debe estar en un campo distinto a la actividad experimental o viceversa, siendo también necesaria la actividad experimental en la construcción de explicaciones, puesto que un análisis con fines pedagógicos de estudios históricos de esta relación permite destacar y diferenciar nuevas facetas sobre las formas que adopta el experimento y la relación que guarda con la teoría. Así, examinando el análisis que diversos autores hacían de tal relación en el siglo XVIII y comienzos del XIX se encuentra (Malagón et al, 2011) (citado por Malagón, Ayala & Sandoval, 2013, p. 10 -11):

- “ 1. *Que la actividad experimental orientada a ampliar la experiencia sensible se diferencia sustancialmente de aquella dirigida a contrastar hipótesis, donde los resultados experimentales se pueden prever a partir ya sea de una elaboración teórica propiamente dicha o de las predicciones que se pueden derivar de la organización lograda de la experiencia cotidiana.*
2. *Una actividad experimental orientada a detectar el efecto de propiedades, a visualizar fenómenos inaccesibles de manera directa y a exhibir rasgos y peculiaridades de los fenómenos que se constituyen en su misma representación.*
3. *Una actividad experimental orientada a hacer uso de la organización conceptual lograda para analizar la operación de dispositivos y mejorar su funcionamiento y avanzar en la exploración de un fenómeno.*
4. *Cómo mediante el desarrollo de procesos de medición y aplicación de principios generales se pasa del plano cualitativo al cuantitativo, en el que se matematizan las cualidades observadas.*” (Malagón, Ayala & Sandoval, 2013, p. 10 -11):

Considerándose entonces de manera importante el análisis de fuentes primarias y secundarias y la actividad experimental, desde la cuál es posible ampliar la experiencia, construyendo relaciones de elementos, condiciones y/o factores que en cada momento se van organizando, lo que se constituye finalmente como formalizar<sup>1</sup> el fenómeno, siendo la estructura formal un paso de lo cualitativo a lo cuantitativo, sin ser de forma separada, sino que, se da en el mismo hecho de la organización del evento, quedando entonces considerada la posibilidad de formalizar como “un proceso del pensamiento a través del cual se da forma a los propios modos “internos” de reconocer y elaborar el mundo y a los aspectos “externos” según los cuales el acontecer del mundo puede ser reconocido” (Ayala, M. et al, 2008, p. 21).

Es así, como en el presente trabajo, ahondar en la organización a partir de actividades experimentales y el análisis de fuentes primarias, permiten obtener una formalización en términos de Ayala et al. (2008, p.21) “no se refiere únicamente al uso y adaptación de las formas

---

<sup>1</sup> Quiere decir dar una forma definida y esquematizada a alguna cosa; significa ver y operar sobre alguna cosa según las propiedades y las reglas de un entrecruce de formas que ya se conocen en cuanto tales, que se precisan y se organizan ulteriormente en el acto mismo de formalizar. (Arcá, M. y Guidoni. 1987, p. 138).

aritméticas o geométricas para organizar la experiencia”, por tanto se hace necesario establecer criterios definidos en la utilización de estos procedimientos, teniendo como base fundamental la actividad experimental y el análisis de fuentes primarias y secundarias.

Es importante resaltar la importancia que adquiere el hecho de desarrollar una actividad experimental con lentes y espejos, pues debido a su utilización se reconocen las cualidades de la imagen. Por lo tanto, ahondar en la comprensión de la formación de imágenes con lentes y espejos reconociendo que el fenómeno es “como se aparece ante una conciencia”<sup>2</sup> y que es el sujeto que da sentido a las explicaciones y observaciones del mismo, así puede organizar sus saberes que darán paso a la construcción de un conocimiento que se puede llevar al aula de clases de una manera intencionada.

De esta manera entraríamos en un nivel distinto al memorístico y distinto a la enseñanza en términos de replicar gráficos o ecuaciones que en la mayoría de los casos no permiten dar un significado de lo que quiere mostrar el fenómeno, dejando de lado al profesor que “es un mero proveedor de conocimientos ya elaborados, listos para el consumo” Pozo (1996a) (citado por Pozo, 1997, p. 268), transformando al docente ahora en quién construye sus significados e intencionalidades para luego llevarlas al aula, puesto que, el fenómeno no es lo que está dado, por el contrario, es la manera como cada uno organiza la experiencia.

Es por esto, que como docente de ciencias se debe realizar un proceso de organización para comprender el fenómeno, con el análisis de fuentes primarias y secundarias y la actividad experimental usando instrumentos como lentes y espejos que permitan orientar y dar sentido a lo que realizamos, vemos y analizamos; de tal manera, que en el mismo hecho de organización con el que se le da respuesta a los interrogantes, surge la formalización orientada en términos de conceptos, condiciones y factores que dan cuenta de la formación de las imágenes.

---

<sup>2</sup> Se puede afirmar que se habla del fenómeno como se aparece ante una conciencia, en ese sentido comprender la fenomenología significa establecer algún tipo de relaciones y poner de presente que las cualidades no son en sí mismas, es decir, las cualidades son en tanto se trata de dar cuenta de la forma como se entiende o comprende el fenómeno. Las maneras de mirar el fenómeno producen otro tipo de cualidades y se hace posible hablar de una forma diferente del mismo fenómeno. (Ayala M. Sandoval, S & Malagón, J. (2013) La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. P 131).

### 1.3 ANTECEDENTES

Para el desarrollo del presente trabajo de Maestría se tomaron como referencia las siguientes investigaciones:

- Gómez, L y Flórez, D (2012) Construcción de explicaciones desde la experiencia. Tesis de grado para optar al título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. En la cual, se estudian los ambientes de aprendizaje en contextos no diferenciados que se recogen la experiencia de los sujetos, promueven la ampliación de esta experiencia y la construcción de explicaciones de los fenómenos, permitiendo una mirada en términos de construcción de explicaciones de los fenómenos.

- Hernández G (2008). La interacción luz – objeto – observador como campo experiencial para la comprensión de la formación de imágenes (Tesis de Especialización). Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. En el cual realiza una reflexión para abordar la enseñanza de la formación de imágenes reconociendo la interacción entre la luz – objeto y observador, permitiendo entonces una visión y unos elementos que juegan un papel importante en este fenómeno.

- Viennot Laurence, (1996). Razonar en física, la contribución del sentido común. Madrid, De Boeck & Larcier, S.A. En el cual aborda el interrogante ¿la ciencia en este caso la física, y el sentido común actuarán en dos zonas del pensamiento que estén verdaderamente separadas, como establece con autoridad el diccionario?, desde allí, enuncia la contraposición respecto dicha cuestión, expresando los presupuestos tenidos por Bachelard (citado por Viennot, 1996) respecto la construcción del espíritu científico el cual se da en un lento proceso de organización mental, en el que las palabras cambian lentamente de significado; donde en este proceso, la elaboración de conceptos es el producto de una construcción significativa. En contraste, es importante tener presente que el conocimiento y el razonamiento científico efectivamente es un proceso de organización, en el cual la elaboración y construcción de conocimiento va cambiando con el proceso de construcción de significados.

- Luce e visione (2002). Progetto SeCiF. Milán, Italia: Recuperado de <http://didascienze.formazione.unimib.it/Lucevisione/libretto.pdf>. Trabajo, elaborado por Enrica Giordan en el cuál busca la comprensión de que lo que vemos, que depende del modo en que llegan a nuestros ojos los haces de luz provenientes de las regiones visibles, el trabajo de luz y visión propone observaciones, experiencias, modelizaciones concretas y formales que permiten relacionar el evento, utilizando el modelo de rayos para la luz y el modelo de Kepler, para la visión, usa las propiedades geométricas de espacios visuales y de los espacios de luz, relacionando estos dos ejes importantes para el ver.

- Ayala, Malagón & Sandoval (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias. Bogotá. En el cuál, Este libro presenta la segunda fase del trabajo de investigación que se ha desarrollado desde 2005 sobre la relación entre el experimento, la construcción de fenomenologías, construcción de magnitudes, formas de medición y desarrollo de procesos de formalización, con el fin de proporcionar elementos para hacer propuestas significativas y contextualizadas para las clases de ciencias.

- Ayala, et al. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Bogotá. En la cual uno de sus capítulos se refiere al proceso de formalización y su significado en ciencias, reconociendo que la formalización puede ser considerada como un proceso natural del pensamiento o de todo proceso cognitivo.

## 1.4 METODOLOGÍA

La propuesta de la investigación se fundamenta en la organización de la experiencia que está vinculada al reconocimiento de las cualidades de la imagen que se da en el mismo proceso de elaboración de explicaciones, dando paso a formalizar:

*“es pues una parte esencial del proceso de construcción de conocimiento, caracterizando ante todo la elaboración y uso de estrategias según las cuales “los diversos modos de mirar” son adaptados continuamente a aspectos de una realidad que es a su vez organizada de acuerdo a estos modos de conocer”.* (Ayala et al, 2008, P. 21).

Es en este sentido de formalizar que, se considera un eje fundamental para la explicación de la formación de las imágenes el análisis de fuentes primarias y secundarias desde el trabajo de Alhazen y Kepler; ya que, aunque son personajes de distintas épocas, tienen en sus trabajos aspectos que terminan siendo significativos para el reconocimiento de las cualidades de las imágenes.

Por una parte Alhazen, de origen árabe, de la época de 965 D.C, en su escrito “The optics of Ibn Al- Haytham, Books I – III on Direct Vision”, que originalmente se encuentra escrito en latín y para efectos del presente trabajo se usa la versión que ésta en ingles traducida por A. I. Sabra de la universidad de Harvard, permite reconocer varios elementos necesarios en la explicación en torno a la formación de las imágenes, como es el caso del campo visual, la relación entre objeto, luz y observador para el ver, empezar a considerar la trayectoria de la luz como rectilínea, reconocer que existen materiales que reflejan la luz, el hecho que la luz siga su trayectoria recta en un medio transparente diferente del aire y un aspecto que llama la atención es que se desarrollan experiencias para dar cuenta de los fenómenos ópticos, permitiendo pasar de un campo de proposiciones al campo experimental, proponiendo en este eje experimental la cámara oscura y diversas actividades que involucran instrumentos a propósito de las explicaciones sobre el ver y sobre las imágenes.

Por otra parte, desde el trabajo elaborado por Johannes Kepler, nacido en la época de 1571, conocido aún más por sus trabajos de astronomía, incluye el trabajo de la óptica en su escrito *astronomiae pars optica. Ad Vitellionem Paralipomena* [La parte óptica de la astronomía] que está escrito en latín, y para efectos del presente trabajo se utiliza la traducción al inglés por William H. Donahue, en el cuál se tienen en cuenta los capítulos I, II y IV, encontrando que para Kepler la luz esta descrita por una propiedad: el movimiento rectilíneo, también se atañe un campo visual desde sus propias palabras, retoma la cámara oscura, estudia la reflexión de la luz y la refracción usando como eje fundamental el ojo humano.



Por lo tanto, a partir del análisis de las fuentes primarias de los dos personajes nombrados anteriormente y con el desarrollo de la actividad experimental en torno a la formación de las imágenes, es posible ampliar las formas de pensamiento, para detectar rasgos, propiedades, condiciones y para avanzar en la exploración del evento en estudio.

Este desarrollo de la actividad experimental y el estudio histórico son parte del método de análisis cualitativo enmarcado desde la fenomenología, en la que se exploran las experiencias para el estudio de la óptica, posibilitando formalizar la comprensión sobre la formación de las imágenes; por lo tanto, a medida que se organiza el evento se empiezan a establecer los modos de conocer sobre el mismo, encontrando así condiciones, elementos o factores que permiten hablar de las cualidades de la imagen en torno a una comprensión cualitativa.

Luego de desplegar una serie de afirmaciones en torno a la formación de las imágenes, en el que el investigador asume el rol de participante y posteriormente se asume el rol de intermediario, traductor e intérprete al desarrollar unas actividades propuestas de manera intencionada y experimentadas por la autora, dirigidas a estudiantes del grado noveno del colegio Madre Paula Montal, divididas en 5 fases de trabajo para un tiempo aproximado de implementación de 3 ó 4 horas por cada sesión, así:

- Fase1: ¿Cómo vemos?
- Fase 2: Una noche en tinieblas
- Fase 3: Jugando con las imágenes
- Fase 4: Mírate en el espejo
- Fase 5: Imagina y recrea.

Estas fases de trabajo logran incluir la relación teoría- experimento y dar cuenta `progresivamente de la imagen y sus cualidades, por ende, en la aplicación en el aula, se hace una lectura los registros escritos como lo son las mismas guías y exposiciones sobre los instrumentos ópticos diseñados en la fase V, analizando así, cada una de las fases en torno a lo que dicen los estudiantes, los gráficos que plantean y las relaciones que establecen entre distintas variables que permiten mostrar sus comprensiones en torno a la formación de las imágenes.

## CAPÍTULO II: UNA EXPERIENCIA DESDE EL DIÁLOGO

Como se ha mencionado anteriormente Alhazen y Kepler, dos personajes que son base fundamental en este trabajo, realizaron significativos avances en las ciencias y en la física en particular, además del trabajo de David C. Lindberg como fuente secundaria de investigación y que permite entender las diferencias a nivel histórico de los planteamientos que cada personaje genera.

Alhazen, en “*the optics of ibn al-haytham books I – III on direct vision*”, que es una traducción en inglés del libro que originalmente está escrito en latín, y es traducido por A. I. Sabra de la universidad de Harvard y Johannes Kepler, plasmando en su libro *astronomiae pars optica. Ad Vitellionem Paralipomena [La parte óptica de la astronomía]* que está escrito en latín, y para efectos del presente trabajo se utiliza la traducción al inglés “*Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy*”, investigaciones sobre la óptica y la astronomía, traducción realizada por William h. Donahue, de este trabajo de Kepler surge la inquietud ¿Cuál es la razón por la que Kepler aborda la óptica, reflexión y refracción para llegar al estudio astronómico?, pues bien, en el capítulo IV nos presenta en realidad la razón por la cual el trabajo de óptica es tan importante para la astronomía, pues permite estudiar sobre las estrellas y sus posiciones respectivas junto con los ángulos en los cuales se encuentran ubicadas, ya que, es posible conocer los valores de los ángulos con las que se refractan los rayos que entran en el agua del aire, luego los del aire al vidrio y los del agua al vidrio, permitiendo así un conocimiento más profundo para uso de la astronomía, sin dejar de lado la importancia de medir los diámetros de la luna cuando está en eclipse y cuando se encuentra en luna llena.

Este trabajo tan importante para la astronomía, lo es para la óptica en sí misma, pues el demostrar los ángulos que se forman en la reflexión, en la refracción y por ende la formación de imágenes, permite un avance en este campo. No obstante para esto, Kepler se devuelve en el tiempo y estudia los trabajos de Aristóteles, Euclides, Alhazen y Witelo, refutando o retomando elementos sobre la óptica que le permiten comprender éste campo del conocimiento. Es así cómo estos exponentes en épocas distintas se tomaron el trabajo de cuestionar el ver, lo que vemos y cómo lo vemos, estando allí presente la reflexión y la refracción de la luz, cada exponente tiene en cuenta al observador, la luz y el objeto para el ver, sin embargo, cada uno de ellos se enmarca desde una concepción construyendo su propia teoría.

Desde las elaboraciones realizadas por ambos exponentes, se resalta la condición de que exista un campo visual para ver, ya que, desde el trabajo de Alhazen este concepto si así se le puede denominar, permite reconocer que es necesario tener una distancia entre el ojo y el objeto para poderlo percibir, lo que también es importante en el trabajo de Kepler, ya que, en el capítulo II, del libro I, *investigación en las propiedades de la vista*, elaborado por (Kepler 2000, p. 26)

enuncia en la proposición 18 de su libro: “Cualquiera que sea lo que pueda ser recogido por un solo ojo, es imperceptible, cuando el arco del círculo de reflexiones, variando el ángulo visual, es siempre menor que la pupila real del ojo”<sup>3</sup>, identificándose desde este trabajo que si la distancia entre el objeto que refleja es menor a la pupila del ojo, entonces no es posible percibir el objeto, indicando en sus términos la importancia de que exista una distancia entre el ojo y el objeto, al cuál para efectos de nuestro trabajo se reconoce como el campo visual desde la terminología usada por Alhazen.

Es en este sentido que se empieza a reconocer que la vista necesita de condiciones para poder percibir o no la imagen, tal y como lo es el hecho de que exista una “distancia” indicada para poder ver objetos. Es así como volvemos a tener en cuenta que desde Alhazen y Kepler se reconoce el valor del “campo visual”, ya que, es definitivamente el observador quien se encuentra en la capacidad o no de utilizarlo para ver los objetos, es por ello, que a este elemento lo describo como intrínseco del observador para poder percibir un objeto. Esto implica además, que el observador empieza a formar parte fundamental de los elementos que permiten la formación de las imágenes y que se reconocen desde el análisis de las fuentes primarias.

No obstante, a propósito del campo visual y por ende el observador, un elemento importante en el ver que también se resalta en los trabajos de Alhazen y Kepler es la luz, ya que, desde Alhazen se muestra un cuestionamiento de: ¿De qué manera viaja la luz? Y desde Kepler aunque retoma el cómo viaja la luz, se fundamentan las propiedades de la misma, encontrando así una descripción de sus características, que permiten la posibilidad de construir la comprensión desde el trabajo de estos 2 exponentes.

En cuanto a la luz se refiere, de acuerdo con uno de los experimentos de Alhazen, la luz incide en el objeto y tiene una trayectoria en línea recta hacia nuestro ojo, ya que si no fuese la trayectoria de esa manera, significaría que la luz bordea los objetos y así lo podríamos ver aunque estuviesen detrás de otro objeto o cuerpo opaco en términos de Alhazen, es por ello, que el reconocimiento de la trayectoria y del hecho que la luz incide en el objeto permite de manera importante comenzar a comprender el cómo se ve y cómo la luz tiene un papel en el ver.



Ilustración 1. Trayectoria de la luz desde Alhazen. Elaboración propia.

---

<sup>3</sup> Traducción propia de Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy. P. 26

Es por ello que, al recrear esta experiencia en casa usando un tubo de pvc y colocando en el borde del mismo nuestro ojo, éste puede ver el objeto que está en el lado opuesto y por ende la luz que llega a nuestro ojo, permitiéndonos ver el objeto y dando cuenta que la luz realiza una trayectoria en línea recta. Desde el trabajo de Alhazen y desde la experiencia recreada se reconoce que la luz incide en el objeto y viaja en línea recta hacia el ojo, examinando que Alhazen durante todo su trabajo muestra distintos ejercicios experienciales para demostrar la trayectoria rectilínea de la luz, reconociendo con ello que, la luz es un elemento importante para el ver y que el hecho que tenga una trayectoria rectilínea permite que la luz incida en el objeto y llegue al ojo del observador, permitiéndole ver y así mismo observar imágenes.

Por otra parte, la actividad experimental con el tubo de pvc no solamente da cuenta de la trayectoria rectilínea de la luz, sino que, también permite reconocer que la luz debe incidir en el objeto para poderlo ver, recreando una actividad experimental que propone Alhazen donde utiliza un tubo, al cual en primer lugar expresa que se le cubre la incidencia de la luz en el lado donde se encuentra el ojo y el objeto se deja iluminado (ver ilustración 2), con el cual podemos darnos cuenta que efectivamente la afirmación de Alhazen es coherente con lo que ocurre, ya que si la luz incide en el objeto y no incide en el ojo, se puede ver el objeto.



Ilustración 2. Tubo de pvc oscurecido al lado del ojo, Luz incidente en el objeto- Elaboración Propia.

En cambio, en segundo lugar, cuando se recrea el hecho que en el objeto no incida la luz y se deja la parte del ojo iluminado, se encuentra que efectivamente el objeto no es visible, lo cual nos permite reconocer que la incidencia de la luz efectivamente debe ser en el objeto para que el ojo lo pueda observar como ocurre en la ilustración 3.

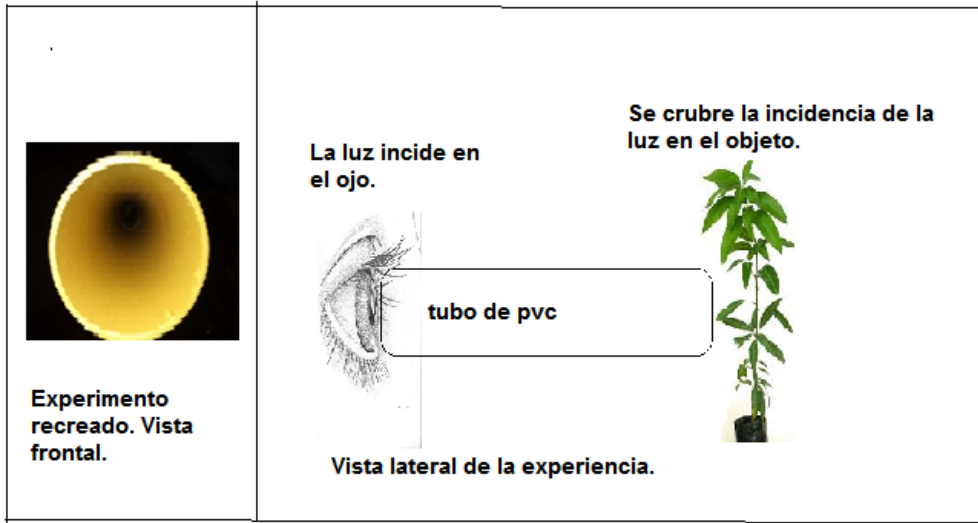


Ilustración 3. Tubo de pvc oscurecido al lado del ojo, Luz incidente el ojo. Elaboración propia.

Reconociendo experimentalmente desde las afirmaciones realizadas por Alhazen que la incidencia de la luz en el objeto es una de las condiciones necesaria para el ver; no obstante, la luz no solo era un tema de estudio para Alhazen únicamente, sino también lo era para Kepler, quien en sus elaboraciones tiene en cuenta los trabajos desarrollados por Alhazen y hace un énfasis importante con el uso de la geometría, ya que, “Él era un astrónomo matemático y, obviamente, sus preocupaciones eran matemáticas; por lo que aplicó la geometría como un lenguaje orientado a la expresión de la realidad de los fenómenos ópticos”<sup>4</sup>, haciendo referencia en este lenguaje que la luz cae en leyes geométricas tal y como lo indica en su libro en la proposición 4 que nos dice: “Las líneas de estas proyecciones son rectas, y se llaman "rayos". Porque hemos dicho que la luz se esfuerza por alcanzar la configuración de la esférica”<sup>5</sup>. (Kepler, 2000, p. 20), reconociendo que en esta frase se resaltan varias connotaciones sobre la luz, como el hecho de que la trayectoria sea una recta<sup>6</sup> y que se le denomine rayo que “no es otra cosa que el movimiento mismo de la luz” Kepler (2000, p. 20 ), a demás de tener en cuenta que la luz se esfuerza por alcanzar la configuración de la esférica, entendida con el apoyo de la proposición 6, que la luz sale desde un centro y tiene una rarefacción a lo ancho, lo que permite identificar que los rayos de luz en el centro están más juntos y se emiten en radios de igual magnitud e intensidad lumínica.

<sup>4</sup> Traducción libre del autor de la versión portuguesa al español ((Fecap), 2007)

<sup>5</sup> Traducción propia de la versión inglesa al español. Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy. (2000. p. 20)

<sup>6</sup> La luz, en sí misma está preparada para avanzar hacia el infinito. Porque como participa de tamaño y densidad, por lo anterior, podrá desaparecer en la nada sin ningún tamaño, porque el tamaño, y por lo tanto la densidad también, pueden desaparecer a través de la división hasta el infinito. Traducción libre del autor de la versión inglesa al español, Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy. (2000. p. 20.)

Para Kepler, tal y como se presentó anteriormente, se describe desde la geometría la trayectoria de la luz y además de ello, se tiene en cuenta otro elemento geométrico en su descripción que es la esférica, para reconocer que la fuente de luz es como un centro del cual esta se emana y cada vez más se va ampliando o va siguiendo los radios de la esfera, esto permite reconocer que la intensidad de la luz sea la misma en todas las direcciones que se emite; por lo tanto, la esférica, como la describe surge a partir de un foco de luz, denominado por Kepler como salida local, dando a conocer así otra característica de la luz, (ver ilustración 4).

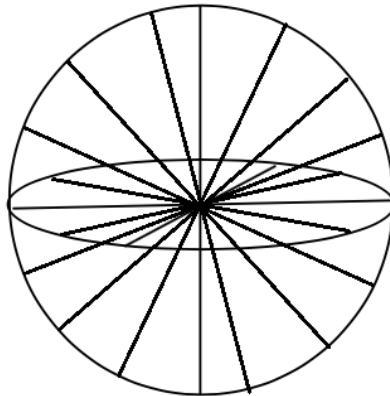


Ilustración 4. Luz que se emana siguiendo la esférica desde Kepler. Elaboración propia.

Dando a conocer hasta el momento características que nos interesan sobre la luz: la trayectoria recta de la luz como eje importante desde ambos autores, la incidencia de la luz en el objeto y cuando la luz emana desde una salida local esta se encuentra descrita por la esférica o en otras palabras es emitida por el objeto como una esfera en expansión, lo que permite que los rayos de luz sean iguales en magnitud e intensidad, siendo esta última descripción desarrollada en referencia a la teoría de rayos de acuerdo con Kepler a diferencia de la teoría de la imagen viajera que se enmarca en el trabajo de Alhazen en el cual la luz “lleva” la información del objeto.

En cuanto a los objetos sobre los cuales incide la luz o los que emanan su propia luz, desde el trabajo de Alhazen existen dos tipos de objetos: los objetos que iluminan tales como: el sol y el fuego, ya que estos cuerpos emiten su propia luz y los que reflejan la luz como es el caso de las láminas de plata; en este sentido, realizaremos una revisión en cuanto al fuego (objeto que emite su propia iluminación), dependiendo de la llama del mismo la luminosidad es mayor o menor, por lo tanto, si la llama de fuego es muy fuerte y una persona se acerca hacia ella pierde de vista los objetos que están alrededor debido a la luminosidad que emite este elemento o viceversa, mostrando así que la intensidad lumínica también comienza a formar parte del análisis que permite el ver y la formación de las imágenes.

Realizando un alto en el camino hasta este punto, es posible reconocer los 3 elementos primordiales que se han venido enunciando hasta ahora y que permiten el ver: objeto, luz y observador, por lo que desde cada exponente se han observado algunas condiciones o características asignadas a cada elemento como se muestran a continuación:

Por una parte, desde el trabajo de Alhazen se reconocen las siguientes condiciones o factores para el ver:

**-OBJETO:**

- Existe dentro de una fuente de puntos, desde las cuales se refleja la luz en distintas direcciones llevando consigo la información del objeto.

**-LUZ:**

- Es un objeto de estudio en sí mismo independiente de la visión.
- Los rayos de luz son trazos rectos de los cuales se derivan consecuencias ópticas como el ver.
- Incide en el objeto y éste la refleja, llevando consigo información de la imagen.
- Es una propiedad de la luz actuar sobre el ojo.

**-OBSERVADOR:**

- Es una propiedad del ojo sufrir a causa de la incidencia de la luz, lo que significa que empieza a caracterizarse como un instrumento óptico.
- Es importante un campo visual para poder ver.

Por otra parte, desde el trabajo de Kepler, se reconocen los siguientes factores o condiciones para el ver:

**-OBJETO:**

- Es un conjunto de fuentes puntuales, de las cuales se emana la luz.

**-LUZ:**

- Es objeto de estudio y tiene propiedades.
- Se emite como una fuente en expansión desde la fuente puntual emanando los rayos de luz en radios de igual magnitud e intensidad.
- Los rayos son elementos direccionales idealizados, es decir que son una representación geométrica.

**-OBSERVADOR:**

- El ojo se considera un aparato óptico que se sujeta a las leyes de la física, teniendo la retina como una superficie receptora.
- El campo visual es necesario para poder ver.

Identificando así de los trabajos desarrollados por Alhazen y Kepler basados en los tres elementos antes mencionados como son: luz objeto y observador, con las características que se despliegan desde los autores de las fuentes primarias, recopiladas de la siguiente manera para el presente trabajo:

- Observador: debe tener una distancia apropiada u oportuna entre el objeto y él mismo para poder ver, si no hay una distancia entre el objeto y el ojo del observador no es posible ver.
- Luz: tiene una trayectoria en línea recta que se reconoce como un ente abstracto o una representación de la misma, se emite en radios de igual magnitud.
- Objeto: Ilumina por sí mismo o recibe la incidencia de los rayos de luz y los refleja.

Además del análisis de los elementos para el ver, hay otras condiciones dadas por Alhazen como por ejemplo, la fuerza del ojo y el tamaño del objeto, así, la fuerza del ojo que es también necesaria para ver los objetos, aunque, el hecho de tener alguna dificultad visual permite o no ver los objetos quizá con la misma claridad, es allí donde encontramos las enfermedades o diferentes dificultades que tienen los ojos, que hoy día denominamos miopía, astigmatismo, entre otras; sin embargo, no se enfatizará en estas dificultades visuales en el presente trabajo, pero, si se retoma la importancia del tamaño del objeto, ya que, si es muy pequeño (tamaño microscópico) ni siquiera podemos verlo aunque incida luz sobre él y aunque el observador se encuentre tratando de verlo.

Por lo tanto, retomando las elaboraciones mencionadas, se reconocen los elementos que permite el ver, como son: la luz, el objeto y el observador, que provienen en respuesta al problema de ¿cómo vemos?, pues desde Alhazen el hecho de desarrollar la cámara oscura como lo enuncia en el capítulo III “Investigación en las propiedades de las luces”, es una estrategia que da explicación de cómo ve nuestro ojo y pese a la época en que realizó sus trabajos basados en la actividad experimental, permitió dar una orientación y mostrar cómo vemos a partir de este instrumento que modelizo el ojo humano y que a su vez uso para demostrar la trayectoria recta<sup>7</sup> de la luz.

Para demostrar la trayectoria recta de la luz, desarrollo varias actividades experimentales de las cuales enunciaré dos:

- “si se que coloca una nube de polvo es posible ver que la trayectoria que sigue la luz es en línea recta al pasar por el orificio de la cámara oscura”. (Alhazen, 1989, p. 229)

---

<sup>7</sup> Presentando en uno de sus experimentos que si en una cámara oscura “la luz del sol cuando entra a través de un agujero en una cámara oscura cuyo aire está nublado con polvo o humo, la luz parecerá extenderse rectilínea a través del agujero por el cual entra la luz. Traducción propia. The optics of Ibn – Haytham, Books I – III, (1989, p. 229)



- Si se coloca un objeto (cuerpo opaco) entre la luz que atraviesa el orificio de la cámara oscura y la pantalla de la misma, se verá detrás del objeto la sombra, dándonos también otra demostración experimental sobre la trayectoria de la luz a partir de las sombras.

Ayudando así, la cámara oscura a la comprensión sobre la trayectoria de la luz, también hizo su aporte significativo como se enunció anteriormente en cuanto a ¿cómo vemos? y por ende en cuanto a la formación de las imágenes. Pero, ¿Cómo aporta la cámara oscura en la formación de imágenes?, de hecho, cuando la luz incide en el objeto y ésta “pasa” a través del orificio, aparece la imagen del objeto en la tela blanca que se utiliza en la cámara oscura, mostrando así por una parte la manera cómo ve el ojo humano, pero por otra parte también las imágenes de los objetos. A partir del trabajo con la cámara oscura, desde el estudio que realiza Alhazen, nos indica que la luz diverge al pasar a través del orificio, teniendo como base la trayectoria rectilínea que ya se ha enunciado y mostrando que hay dos factores que empiezan a formar parte fundamental en la formación de la imagen:

En primer lugar la distancia a la cual se ubica el objeto, puesto que a medida que éste se aleja del orificio de la cámara, la imagen es menos visible en la pantalla y en segundo lugar el hecho de variar el tamaño del orificio de la cámara, ya que, entre más estrecho sea este se puede decir que es más nítida la imagen<sup>8</sup>, claro está, que todo depende de la cantidad (intensidad) de luz que llegue al objeto, ya que si la intensidad es mínima, quizá la imagen del objeto ni siquiera se va a proyectar en la pantalla.

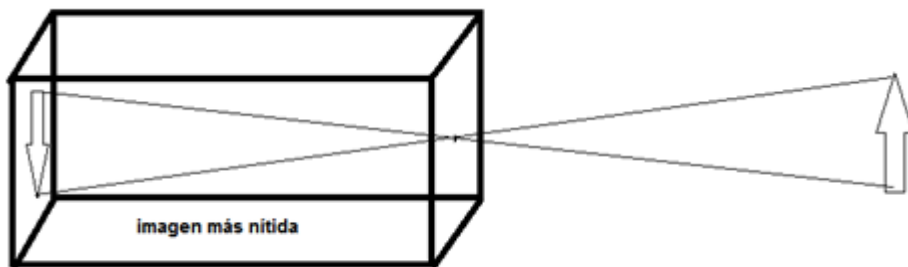


Ilustración 5. Cámara oscura con orificio pequeño que permite únicamente el paso de un rayo de luz emitido por cada punto del objeto desde las elaboraciones de Alhazen. Recordando que desde el trabajo de Alhazen el objeto refleja la luz en distintas direcciones desde cada punto que lo compone, y en la cámara oscura únicamente ingresa un haz de luz de cada punto del objeto. Elaboración propia.

<sup>8</sup> De esto también es evidente que la luz se extiende sólo a lo largo de líneas rectas. Pues si la luz se extendía [solamente] desde el centro del sol o desde un punto particular sobre él, entonces la luz que se extiende desde ese punto sobre las líneas trazadas desde el mismo hasta la abertura estrecha, divergiría insensiblemente después de pasar a través de la abertura. Porque la divergencia estaría determinada por el diámetro de la abertura. (Traducción propia, The optics of Ibn – Haytham, Books I – III, (1989, p. 233)).

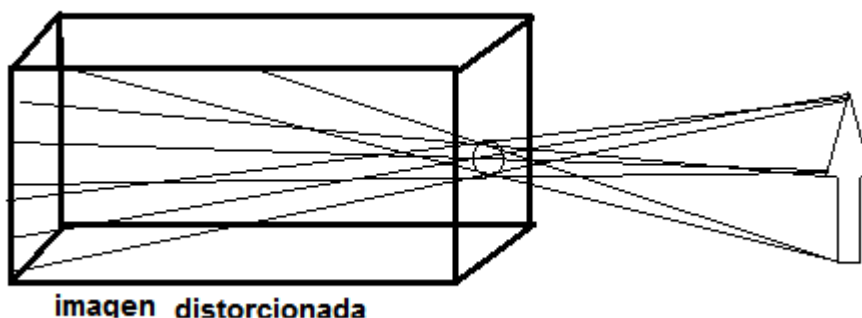


Ilustración 6. Cámara oscura con orificio de diámetro mayor que permite el paso de varios rayos de luz emitido por cada punto del objeto desde las elaboraciones de Alhazen. Elaboración propia.

En esta última ilustración, la imagen se presenta distorsionada porque al permitir el paso de más haces de luz porque el orificio es muy grande, se explica el hecho porque desde la teoría de Alhazen cada punto del objeto emite varios haces de luz con la información de color y forma del mismo, lo que permite que al ampliar el diámetro del orificio van a pasar más haces de luz que provienen de cada punto del objeto llevando consigo la información del objeto, generando así una dificultad en esta teoría para dar cuenta de la formación de las imágenes, ya que, si de cada punto del objeto se emana un rayo de luz en todas las direcciones, entonces cuando se forma la imagen invertida por ejemplo, todos los haces de luz que llevan información del objeto se cruzan en un punto y el cuestionamiento que surge es ¿cómo es que no se produce una confusión cuando la imagen invertida se forma y se entrecruzan los rayos de luz?, se reconoce que divergen los colores que emanan de cada punto del objeto y esto no posibilita la formación de la imagen, es por tanto que, en el modelo de visión de Alhazen se genera una imposibilidad o error conceptual para la formación de las imágenes, ya que al mezclarse las informaciones que emanan de cada haz de luz, no sería posible la formación de la imagen en la pantalla.

Por lo tanto, desde la teoría de Alhazen, si a cada punto del ojo llega luz y color de cada punto del objeto ¿cómo es que no se produce una confusión y mezcla de colores cuando se forma la imagen si ésta queda invertida? Pues en la cámara oscura se forma la imagen invertida a cierta distancia; es decir, que la recomposición de la imagen no sería posible si se toma el hecho que de cada punto del objeto se “desprende” la información de color del mismo, sin embargo, en la cámara oscura podemos ver que la imagen que se forma de manera invertida ocurre porque se cruzan los rayos y al cruzarse estas informaciones de color que provienen del objeto se generaría una mezcla de colores que finalmente no permitirían dar cuenta del objeto del que proviene la imagen, lo que nos permite pensar efectivamente la emisión de la luz en términos de Kepler, más no en los términos de Alhazen en el cual la luz lleva la información del objeto.

Retomando entonces a Kepler, él utiliza la cámara oscura en sus estudios de astronomía con fines distintos a mostrar la trayectoria recta de la luz y el cómo vemos, ya que, su trabajo con la cámara oscura se enmarca en el hecho de medir los diámetros de la luna cuando se encuentra en

un eclipse o en luna llena, pensando quizá que los diámetros deben ser iguales; sin embargo, encuentra que el de la luna es distinto y comienza una búsqueda a tal explicación porque desde la teoría de Alhazen (la luz lleva la información) no logra identificar qué ocurre en este suceso. Por lo tanto, plantea un nuevo modelo que permite dar cuenta del evento y para ello comienza a afirmar que la luz que emite cada objeto lo hace desde cada punto de este como una esfera expansión, es decir, que no lleva información consigo, sino que de cada punto se emana en distinta dirección luz con la misma intensidad lumínica como en radios de una esfera que ingresan por el orificio de la cámara y al superponerse conforman la imagen, demostrando con este hecho también que la imagen no depende de la forma del agujero sino de la incidencia de la luz en el objeto, lo cual comprobó cuando varió la forma del agujero y encontró que aunque éste fuese distinto al círculo, también se forma la imagen.

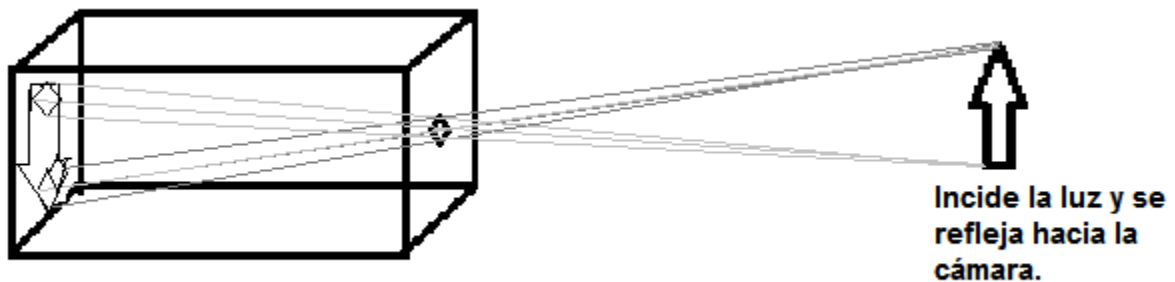


Ilustración 7. Superposición de los rayos de luz que se emiten en expansión de la esférica, es decir, que desde un punto de luz se emite ésta en radios iguales aumentando cada vez más su diámetro y así se pueda formar la imagen en la cámara oscura. Elaboración propia.

Reconociendo que desde Alhazen el trabajo de la cámara oscura fue un pilar para identificar cómo vemos y que el ver en realidad es un sistema que nos permite construir una imagen en nuestro ojo y por tanto enviarlo a nuestro cerebro, se puede describir entonces la imagen<sup>9</sup> tal y como lo indica Kepler en el capítulo III de su tratado, reconociendo las 4 características: color, posición o dirección, distancia y cantidad (que desde una primera instancia para Alhazen

<sup>9</sup> Los escritores ópticos dicen que es una imagen, Cuando el objeto en sí se ve percibido junto con sus colores y las partes de su figura, pero en una posición no propia y ocasionalmente dotada de cantidades no propias y con una proporción inadecuada de partes de su figura. Brevemente, una imagen es la visión de algún objeto unido a un error de las facultades que contribuyen al sentido de la visión. Por lo tanto, la imagen no es prácticamente nada en sí, y debe ser más bien llamada imaginación. El objeto está compuesto por la forma real de color o luz y de cantidades intensivas.

Así pues, puesto que la imagen es el trabajo del sentido de la visión, es necesario decir algunos preliminares acerca de la visión. Ahora la imagen contiene principalmente estas cuatro cosas: color, posición o dirección, distancia y cantidad. (Traducción propia de la versión inglesa al español. Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy, 2000, pág 77).

únicamente era muy relevante el color). Por lo tanto, la imagen “es la figura de un objeto” (Kepler, 2000, p 77) y está caracterizada por las 4 cualidades que describe como son:

1. Cantidad: que en ocasiones puede ser más grande o más pequeña que el mismo objeto.
2. Color: adquiere el color del objeto, puede estar en la posición vertical igual que el objeto o al revés al objeto.
3. Posición o dirección: Puede generarse imágenes derechas o invertidas.
4. Distancia: es la requerida para la formación de la imagen.

Es así como es posible reconocer que en el ejercicio con la cámara oscura se observan imágenes ahora teniendo en cuenta su estudio en cuanto a las características enunciadas: color, posición, distancia y cantidad, además de comenzar a pensar en cómo cambian las 4 cualidades de la imagen si ahora se utiliza otro material en lugar del orificio de la cámara oscura, llevándonos a pensar si el orificio de la cámara oscura funciona como un lente, pues, ¿Qué ocurre si ahora la luz atraviesa otro elemento que no es el aire?, ¿Qué sucede con la imagen si la luz incidente choca con algún material?

Llevándonos a pensar en la importancia del uso de otros instrumentos que nos puede ayudar aun más en la comprensión sobre la formación de las imágenes, cuando la luz incide en un objeto y pasa a través de un material como lo enuncia Alhazen, ésta continua su trayectoria en línea recta, no obstante, aparece un fenómeno importante en el estudio que es la refracción, que implica que un objeto en interacción con la luz y el observador al “pasar” a través de un lente u otro material diferente del aire o medio transparente, sufre un cambio en la posición donde se formaría la imagen, pues cuando la imagen se forma por medio de un lente por ejemplo, necesita los elementos ya mencionados como la luz, objeto, observador y ahora el lente o material transparente (orificio de la cámara) que permita el paso de la luz, es decir, que ahora se necesita incluir un nuevo elemento para dar paso a la formación de las imágenes: los lentes, siendo este un último elemento y retroalimentando los elementos de objeto, luz y observador desde los trabajos de Kepler y Alhazen, tenemos:

**-OBJETO:**

- Tamaño, emite luz o incide luz en él.

**-LUZ:**

- Intensidad.

**-OBSERVADOR:**

- Campo visual adecuado para el ver: Distancia objeto - observador.

**-LENTES O ESPEJOS:**

- Reflejan o refractan la luz.

Desde el trabajo de Alhazen sobre refracción, es importante reconocer que cuando la luz pasa por algún otro material también lo hace en línea recta; lo que significa que sigue reconociendo la trayectoria de la luz.

Además, desde el trabajo realizado por Kepler, da a conocer que al pasar la luz del aire a otro material cambia su dirección más no su trayectoria (sigue siendo rectilínea) y se acerca un poco más a un eje perpendicular al plano, lo que indica que se modifica el ángulo con el cuál ingresa al otro medio. En este sentido, la refracción la estudia Kepler a partir de una elaboración geométrica basada en una circunferencia que es de otro material distinto al aire (para poder explicar la refracción) , dice que los ángulos GBI y FAK son iguales y por ende se puede decir que los ángulos DAE son iguales a EBD, se muestra que en consecuencia E está más cerca de A y que E entonces está más lejos que B si giramos en el sentido de las manecillas del reloj, lo que significa que entre más cerca esté E que es el lugar de la imagen de A, hay menor refracción que E de B, por lo tanto, a mayor oblicuidad de la luz en un medio más denso, la refracción es mayor y viceversa, “cuando la causa aumenta, el efecto aumenta”<sup>10</sup>.

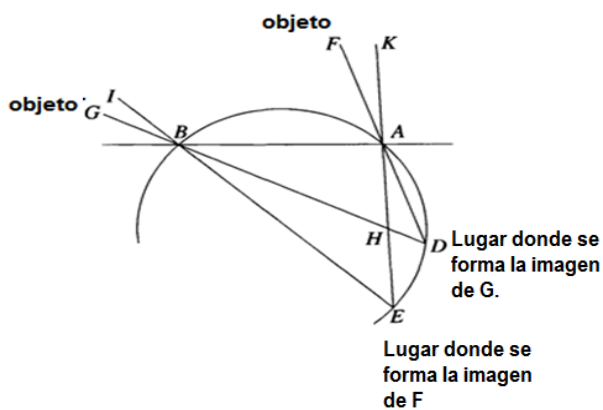


Ilustración 8. Refracción desde el trabajo de Kepler (2000), p 89.

Del objeto que está en D, se refleja la luz que pasa por la circunferencia de distinto material al del aire, sin embargo al pasar la luz por un medio más denso, se refracta la luz, aunque la trayectoria sigue siendo en línea recta, se “desvía” a causa de la densidad del medio, por lo tanto, la imagen del objeto se forma en E, y a mayor oblicuidad de la luz en un medio más denso, la refracción es mayor y viceversa. Por lo tanto, la imagen se forma en otro lugar distinto al que percibimos.

Por ende, para tratar la refracción es importante conocer el medio por el que la luz se refracta y se debe tener presente que cuando los rayos de luz pasan a través de un material, cambian su dirección acercándose o alejándose de un eje perpendicular al plano de incidencia, en el caso de los lentes los haces de luz que ingresan divergen o convergen, a mayor inclinación del lugar por donde incide la luz, mayor es el ángulo refracción de la misma.

<sup>10</sup> Traducción propia. Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy. (2000. p. 88).

Pero la refracción no solamente es importante en la formación de las imágenes sino que, la reflexión de la luz también lo es, trabajo que también desarrollo Alhazen (1989, p. 38), al tener presente materiales reflectores como lo muestra en su libro *The Optics of Ibn alHaytham* en el cual enuncia:

*“Deje que el experimentador tome una hoja de plata y al pulirla la convierta en un espejo. Los experimentos hechos con plata serán más caros que los hechos con espejos de hierro, porque estos últimos atenúan las luces debido a sus colores oscuros, de modo que de las luces que irradian de ellos sólo los que se reflejan son aparentes. El experimentador debe entonces colocar la lámina de plata donde aparece la luz del sol, asegurándose de que la lámina es igual o mayor que la magnitud de la luz. Si la luz excede la hoja, debe estrechar la abertura de modo que la luz entera pueda caer en la hoja. Cuando esto ocurra, descubrirá que la luz se reflejará en un lugar determinado, porque la reflexión sólo puede tener lugar en ángulos iguales, (como veremos cuando hablamos de reflexión)”, de esta afirmación es posible reconocer que ahora la luz incidente sobre un espejo o lámina de plata”<sup>11</sup>. (Alhazen, 1989, p. 38)*

Lo cual, permite identificar que no solamente los materiales más densos ayudan en la formación de las imágenes sino que también lo son los elementos que reflejan la luz, como es en este caso los espejos.

Ahora bien, en cuanto a la reflexión de la luz surgen varios interrogantes, ¿Cuáles son los elementos que están implícitos para la formación de imágenes con espejos?, ¿Qué condiciones son necesarias para que se forme una imagen? , para dar paso a la reflexión de la luz, Alhazen inicia sus cuestionamientos y soluciones desde el análisis del color y su importancia, puesto que si en el lugar de la luz se pone un cuerpo blanco puro, descubrirá que todas las partes de la cámara aumentan de iluminación a causa de la blancura del cuerpo colocado en la luz.

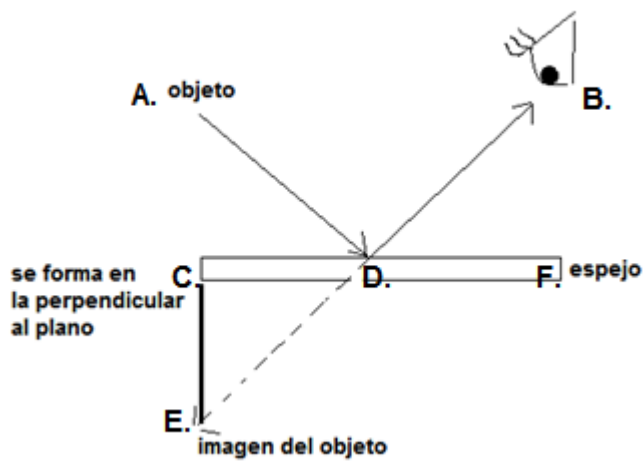
Entonces, si en lugar del cuerpo blanco pone un cuerpo negro, descubrirá que la cámara se oscurece y que la luz que estaba en ella se oscurece a causa de la oscuridad del cuerpo colocado en la luz. Por lo tanto, es evidente a partir de este experimento comprender que el color irradia de un cuerpo de color iluminado haciendo un paralelo así con una lámina de plata muy pulida, si la luz incide sobre ella, ésta es reflejada.

¿Cómo se refleja?, ¿En qué lugar se forma la imagen?, la reflexión se da en ángulos iguales como indica Alhazen, y además que el lugar donde se forma la imagen que de un objeto contempla un observador en una posición conocida frente a un espejo, debe hallarse en la intersección de la prolongación del rayo visual que llega al observador y de la perpendicular

---

<sup>11</sup> Traducción propia. *The optics of Ibn – Haytham*, Books I – III, (1989, p. 38).

trazada desde el objeto al plano tangente a la superficie del espejo en el punto de incidencia”<sup>12</sup>, así, la demostración observa: “Deje que CD sea el espejo, B el observador, A el objeto visible, AC la perpendicular. Que el lugar de la imagen del objeto A está en AC, es decir, en E, lo prueba así: "Porque", dice, "cuando se toma la posición C del espejo, sobre la cual cae la perpendicular, el objeto visible A ya no se ve". Si por "tomado" entiendes "ocupado" (es decir, que la posición C está cubierta)”<sup>13</sup>, puesto que aunque C se cubra por algún cuerpo opaco, la imagen no desaparece.



De acuerdo con los escritores ópticos la imagen se forma diagonal al ojo que la está mirando. Así, E es el lugar donde se forma la imagen.

Ilustración 9. Modelo de Alhazen (escritor óptico) sobre la reflexión de la luz en un espejo o material reflectante donde la imagen se forma diagonal al ojo. (Kepler, 2000, p. 78).

Por lo cual, para Kepler no está bien en argumentar la ubicación de la imagen desde lo que se ve, es decir no está bien en atribuir la ubicación de la imagen en E al hecho de ver el objeto y no esté bien darle tanta relevancia al hecho que el objeto caiga en una perpendicular en el espejo, pues como bien se mostró anteriormente, el hecho que se cubra C, no significa que la imagen deje de existir, por lo tanto, Kepler refuta la afirmación que realiza tanto Alhazen como Euclides en la cual dicen que la posición de la imagen está siempre en la perpendicular del objeto, esto sería sobre la superficie del espejo<sup>14</sup>.

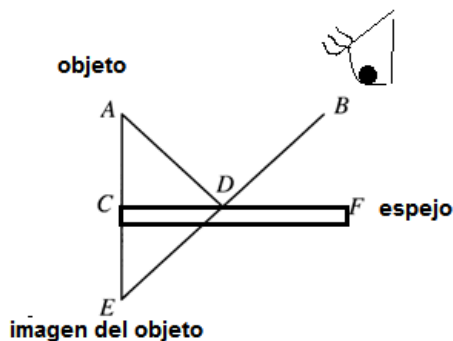
<sup>12</sup> SMITH, M., (1996), Ptolemy’s Theory of Visual Perception, traducción al inglés de la Óptica, Philadelphia, The American Philosophical Society, III, §3. Alhacén V, 2.1. Citado por Suarez C (2012, p. 257).

<sup>13</sup> Traducción propia. Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy. (2000. p. 73).

<sup>14</sup> Traducción propia. Sabra, A. I. (ed.) (1989). The Optics of Ibn alHaytham [Alhacén]. Books I-III: on direct vision. London: The Warburg Institute, p. 74.

Además, también hay otra situación que refuta Kepler en cuanto al trabajo de Alhazen sobre la reflexión de la luz y es que la imagen tiene la magnitud propia de la misma cosa, pero, no es verdadero el hecho que la imagen tenga la magnitud que dice Alhazen, ya que, es evidente que es distinta en los espejos curvados, donde la cantidad Siempre está cambiando”<sup>15</sup>.

Por ello, para Kepler, la reflexión en espejos planos no se da “cuando las formas o rayos proceden de los objetos y caen sobre Una superficie pulida, se reflejan en el sentido de la visión en la dirección opuesta”<sup>16</sup>, sino que de acuerdo con su trabajo, muestra el siguiente gráfico en el cual, da a conocer donde se forma la imagen cuando la visión observa un haz de luz que proviene de A, siendo E el lugar donde se formaría la imagen y tal y como lo expresa: “el ojo B se gira en la dirección BD, no puede llegar a ser plenamente consciente de la reflexión del rayo ADB que sucede en D, por 2 de este capítulo. Por lo tanto, se imagina la posición del objeto en A en la dirección BD, pero en realidad la imagen es formada en E: así la imagen es, en cuanto al lugar, tan lejos de su objeto”, desde allí, es posible identificar que la imagen en un espejo plano se forma detrás del mismo, que no depende de la visión sino de la distancia entre el objeto y el espejo.



De acuerdo con Kepler, la imagen se forma E pero este lugar es tan lejos como el objeto lo es del espejo, así que no depende de la visión sino de donde se encuentra ubicado el objeto.

Ilustración 10. Reflexión en espejo plano elaborada por Kepler, el lugar donde se forma la imagen. (Kepler, 2000, p. 83).

Siendo notorio desde el gráfico que el ángulo de reflexión de la luz es el mismo, es decir: CDE es congruente con CDF, formándose la imagen por detrás del espejo plano al lado opuesto del objeto, lo cual permite empezar a diferenciar que existen imágenes que se forman en una pantalla y las imágenes que se forman detrás del espejo, ya que con el uso del espejo, no es posible formar la imagen de la misma manera que la vemos invertida en la pantalla con el uso de algunos lentes a cierta distancia.

<sup>15</sup> Traducción propia. William h. Donahue Johannes Kepler. (1604). [Paralipomena to witelo, & optical part of astronomy. .Editorial Green Lion Press Santa Fe, New Mexico. P. 75.

<sup>16</sup> Traducción propia. William h. Donahue Johannes Kepler. (1604). [Paralipomena to witelo, & optical part of astronomy. .Editorial Green Lion Press Santa Fe, New Mexico. P. 78.



Reconociendo que con el uso de instrumentos como lentes o espejos la imagen se forma en un lugar específico, lo que puede ayudarnos a comprender aún más las cualidades de la imagen.

### CAPÍTULO III: EL EXPERIMENTO Y LA FORMACIÓN DE LAS IMÁGENES.

La actividad experimental dada en estrecha relación con la teoría permite establecer una organización en torno a la formación de las imágenes, contribuyendo a generar inquietudes, cuestionamientos y demás que finalmente forman parte del proceso de construcción de explicaciones en torno al fenómeno de estudio, es en este sentido que se desarrollan a lo largo del trabajo varias experiencias con miras a organizar y dar una forma definida a nuestros interrogantes.

En una de las experiencias, se utiliza una lente y se coloca una regla que permite medir las distancias a la cual se ve el objeto a través de la lente, observando así en primera instancia que al variar la distancia entre la lente y el objeto, éste se ve de distinto tamaño, lo que implica que se puede reconocer una de las cualidades de la imagen como lo enuncia Kepler (2000) “el tamaño”. P. 77, en concordancia con la variación de la distancia, como se muestra en la ilustración 10.



Ilustración 11. Experimento para observar objetos con lentes. Elaboración propia.

Pero, esto nos lleva a pensar en otra serie de interrogantes, ¿Cuánto más pequeña es la imagen?, ¿Es posible cuantificar o medir la cantidad de “pequeño” del objeto? y además de observar el tamaño de la imagen, es posible reconocer que también se ve invertida, aunque no siempre está invertida, ¿En qué momento queda derecha la imagen que veo del objeto?, reconociendo que no solamente el tamaño juega un papel importante en torno a la distancia sino que ahora aparece otra cualidad de la imagen que Kepler (2000, p. 77) nos enuncia en su trabajo: “la posición”, como se muestra en la ilustración 11.



Ilustración 12. Experimento para observar objetos con lentes. Elaboración propia

Además de estas experiencias en torno a la formación de las imágenes, también se coloca el lente junto al ojo inquietándonos por ¿Qué ocurre con la imagen si el ojo está en contacto con el lente?, en este momento se recuerda el campo visual reconocido del trabajo de Alhazen y en otros términos también reconocido por Kepler, encontrando que efectivamente si no hay distancia en este caso entre el objeto observado, el lente y el observador, no es posible ver la imagen. Por lo tanto, el campo visual es indispensable en el ejercicio de la formación de las imágenes, sin desconocer que hasta el momento ya se están utilizando los elementos que permiten el ver como los muestran Kepler y Alhazen: el objeto, el observador y la luz, además de identificar que intrínsecamente se está trabajando con el lente que es un elemento que permite en conjunto con los anteriores elementos mencionados la formación de las imágenes.

También, al realizar un trabajo experimental a la par del análisis en principio del libro de Alhazen quien desarrolla experimentos y usa además la cámara oscura para dar cuenta del modelo de visión del ser humano, se genera un interrogante ¿cómo usamos los lentes aplicando el montaje que desarrollo Alhazen en la cámara oscura?, esto nos lleva a realizar otra experiencia para seguir indagando sobre la formación de las imágenes con lentes, pero con ayuda de una pantalla que permite evidenciar la imagen invertida como ocurre en la cámara oscura, por lo tanto, en este ejercicio experimental, se ubica el lente, un objeto, la luz que incide en el objeto y una hoja como se muestra en la ilustración 12.



Ilustración 13. Formación de imágenes en una pantalla. Elaboración propia

Si comenzamos a pensar en el hecho que la iluminación es importante, tal y como se enuncio en el capítulo anterior, entonces experimentalmente procedemos reconocer las diferencias en la imagen que se forma en la pantalla cuando cambiamos de un lugar con mayor iluminación (campo abierto) a un lugar con menor iluminación, notando en estos casos que en el campo abierto la imagen no se forma claramente, pero en lugares más cerrados, como por ejemplo un aula de clase por donde ingresa luz únicamente por una ventana la imagen que se forma en la pantalla con un color más nítido.

Del ejercicio anterior se reconoce que la iluminación es una condición que afecta o no la formación de la imagen en términos de brillo y nitidez y además de ello, desde esta experiencia se encuentra que la distancia también afecta o no la formación de la imagen, puesto que al usar el lente convergente, se observa la imagen invertida y si se acerca mucho la lupa al objeto, la imagen “desaparece de la pantalla” lo que nos lleva cuestionar este suceso, por lo que se reconoce que la pantalla no siempre recoge la imagen, asociándose este hecho al trabajo elaborado por Kepler con espejos planos sobre el lugar donde se forma la imagen, en el cual, la imagen se forma detrás del espejo y no necesita una pantalla para recogerla, en este caso de los lentes, la imagen se formará antes del lente puesto que no se recoge en la pantalla.

En este sentido que estas actividades experimentales han formado parte importante en la construcción de conocimiento y en la comprensión de las condiciones que se necesitan para la formación de las imágenes en correlación con la teoría en este caso de Alhazen y Kepler, dando paso a una organización ubicada en un plano cualitativo sobre la óptica.

Estas afirmaciones que se originan de las lecturas de Alhazen y Kepler y que se reconocen en las actividades experimentales, están orientadas en torno a la comprensión de las cualidades de las imágenes: color, distancia, posición y cantidad. No obstante, desde el ejercicio experimental, se reconoce que aún es necesario continuar indagando sobre la formación de las imágenes, por ello, se utilizan lentes convergentes y divergentes en los cuales se indaga un poco más sobre las cualidades de la imagen.

### **3.1 LENTES**

Se utiliza un andamiaje experimental por la autora, con el cual se realizan actividades experimentales que permitan utilizar los elementos ya trabajados desde Alhazen y Kepler y reconocer la manera como las condiciones o factores permiten o no la formación de las imágenes.

Es en este sentido, el montaje requerido en este ejercicio para analizar lo que le ocurre a la imagen con distintos lentes, es:



Ilustración 14. Andamiaje experimental con Lentes. Construcción propia

- **La lente biconvexa:** con la distancia entre el objeto y el lente mayor a 17 cm, forma una imagen Nítida, invertida (se forma en la pantalla) y pequeña.
- **La lente biconvexa:** con una distancia mayor a 17 cm entre el lente no se ve la imagen en la pantalla, por lo tanto se procede a observar a través del lente y se ve la imagen derecha y más grande que la anterior.
- **La lente plano convexa:** con una mayor distancia entre el lente y el objeto, forma la imagen Nítida, invertida (se forma en la pantalla) y pequeña.
- **Plano convexo:** con mayor distancia entre el lente y el objeto, se forma la imagen nítida, pero no se forma en la pantalla, sino que al observar a través del lente se ve derecha la imagen.
- **Lente Menisco convexo:** con distancia entre el objeto y el lente mayor a 7 cm, forma la imagen Nítida, invertida (se forma en la pantalla) y pequeña.
- **Lente Menisco convexo:** con una distancia mayor a 7 cm entre el lente y el objeto, no se ve la imagen en la pantalla, así que se observa a través del lente y se ve derecha y más grande que la anterior.
- **Lente Bicóncava:** con la distancia entre el ojo y el lente 5cm, se forma la imagen Nítida, derecha (no se forma en la pantalla) y más grande que el objeto.
- **Lente plano cóncavo:** con la distancia entre el ojo y el lente 6cm, se forma Nítida, derecha (no se forma en la pantalla) y más grande que el objeto.

- **Menisco Cóncava:** con la distancia entre el ojo y el lente 4cm, se forma la imagen Nítida, (se forma en la pantalla) derecha y más grande que el objeto.

Desde lo cual es posible reconocer que hay una relación entre el tamaño de la imagen y la distancia que hay entre el lente y el objeto, así, si de es la distancia entre el lente y la imagen y  $T_m$  es el tamaño de la imagen, es posible decir que de acuerdo con las experiencias a mayor distancia del lente a la “pantalla”, menor es la cantidad (tamaño) de la imagen o viceversa.

$$T_m = \frac{1}{d}$$

Por otra parte, también es importante recordar que la iluminación del lugar permite o no la formación de las imágenes, junto con los elementos importantes como el observador, el objeto y el lente. Por ello, a mayor iluminación del lugar mayor es el brillo de la imagen de acuerdo a nuestro análisis y a mayor iluminación también es menor es la nitidez de la misma, por lo cual se propone una relación proporcional entre la iluminación y el brillo y una relación inversamente proporcional entre la iluminación y la nitidez, (perteneciendo el brillo y la nitidez a la cualidad de color de la imagen).

$$i = \frac{B}{N}$$

Donde  $i$ = iluminación,  $B$  es el brillo de la imagen y  $N$  es la nitidez de la misma.

### 3.2 ESPEJOS

El trabajo a desarrollar con los espejos radica en variar la distancia a la cual la persona se observa y asociar los ejercicios antes desarrollados con lentes para dar cuenta de cómo son las cualidades de la imagen en los espejos utilizados, la forma del espejo es importante y en este se resalta la reflexión de la luz como Kepler lo enuncia, a partir de las experiencias realizadas con diferentes lentes se observa lo siguiente:

Espejo	CONDICIONES	IMAGEN
<b>cóncavo</b>	Luz, objeto, observador, espejo, distancia menor a 6cm entre el espejo y la persona que se observa,	Derecha, nítida y grande
<b>cóncavo</b>	Luz, objeto, observador, espejo, distancia mayor a 6cm entre el espejo y la persona que se observa.	Invertida nítida y pequeña.

<b>Convexo</b>	Luz, objeto, observador, espejo, distancia mayor a 6cm entre el espejo y la persona que se observa.	Derecha, nítida y grande
<b>Plano</b>	Luz, objeto, observador, espejo, distancia mayor a 4cm entre el espejo y la persona que se observa	Derecha, nítida y de igual tamaño que el objeto.

Tabla 1. Características de la imagen en espejos cóncavos, convexos y planos.

En este sentido, la formación de la imagen en los espejos también se puede expresar en términos de relaciones de proporcionalidad que permiten dar cuenta de las cualidades de la imagen en concordancia con las condiciones que permiten la formación, una relación de proporcionalidad en los espejos es:

$$Tm = \frac{1}{d}$$

Siendo “d” la distancia entre el espejo y la imagen, de tal manera que a mayor distancia entre ello, menor es el tamaño (cantidad) de la imagen o viceversa, por tanto, de las experiencias se logra identificar las relaciones de proporcionalidad que permiten dar cuenta de las cualidades de la imagen, como color, distancia, tamaño y posición que describen las imágenes que se forman con los lentes o los espejos.

Por lo tanto, en este sentido se considera que se puede ir recopilando una serie de condiciones y factores que de manera sistemática permiten formalizar:

*“quiere decir dar una forma definida y esquematizada a alguna cosa, significa ver y operar sobre alguna cosa según las propiedades y las reglas de un entrecruce de formas que ya se conocen en cuanto a tales, que se precisan y se organizan ulteriormente en el acto mismo de formalizar”* (Arcá, M. y Guidoni, P., 1987, p 138).

En concordancia con la forma definida que se le está dando al estudio de la óptica desde esta perspectiva, se despliegan las siguientes afirmaciones sobre la formación de imágenes:

- Desde Alhazen y Kepler se reconocen el valor del “campo visual”, el cuál es importante desde el observador mismo.
- La luz, elemento que desde Alhazen se muestra un cuestionamiento de: ¿cómo viaja la luz? Y desde Kepler aunque retoma el cómo viaja la luz, también se fundamenta desde las propiedades, reconociendo desde estos personajes el hecho que la trayectoria de la luz sea recta, infinita y desde Kepler la importancia que la luz se propague en radio iguales, es decir con la misma intensidad en todas las direcciones.

- ¿Qué es la imagen?: es la figura de un objeto desde la definición que genera Kepler, se reconoce que la imagen tiene 4 características: color, posición o dirección, distancia y cantidad, cada uno de ellos enmarcado desde unas condiciones necesarias como lo es la iluminación, la distancia, la característica del lente o el espejo.
- Cuando las formas o rayos proceden de los objetos y caen sobre una superficie pulida plana, la imagen se forma fuera del espejo a una distancia igual del objeto.
- En la refracción la imagen se forma en una pantalla o cuando el objeto está muy cerca al lente, la imagen se forma antes del lente.



## CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE AULA

Luego de desplegar una serie de afirmaciones en torno a la formación de las imágenes, se desarrollan unas actividades propuestas de una manera intencionada y experimentadas por la autora, dirigidas a estudiantes del grado noveno del colegio Madre Paula Montal, divididas en 5 fases de trabajo para un tiempo aproximado de implementación de 3 ó 4 horas por cada sesión, así:

Fase 1: ¿Cómo vemos?, tiene dos objetivos de trabajo: Reconocer los elementos {objeto, observador (campo visual), luz} que son importantes en el ver e identificar desde el ver que observamos imágenes, reconociendo desde esta fase la importancia del campo visual, de la relación objeto, luz y observador.

Fase 2: Una noche en tinieblas, tiene dos objetivos: Reconocer la trayectoria de la luz e identificar que la fuente de luz emite la misma cantidad e intensidad en todas las direcciones, de acuerdo con el trabajo de las fuentes Primarias, la luz viaja en línea recta y desde el trabajo de Kepler la luz se emite en todas las direcciones siguiendo la geometría de la esférica.

Fase 3: Jugando con las imágenes, con dos objetivos en su implementación: Desarrollar relaciones de proporcionalidad entre la distancia y el tamaño (cantidad) de la imagen, reconociendo los elementos que permiten la formación de la imagen e identificar las características posición, nitidez y brillo (color) de las imágenes, reconociendo los factores que influyen en las mismas. Permitiendo la diferenciación entre teoría de imagen viajera y teoría de rayos, enfatizando en las 4 características de la imagen desde el trabajo de Kepler: color, posición, distancia y cantidad.

Fase 4: Mírate en el espejo, con dos objetivos propuestos: Identificar cuáles son los factores que permiten la formación de imágenes en diferentes espejos y reconocer las características de las imágenes en cada uno de los espejos trabajados en el aula. Resaltando desde esta fase que una superficie pulida refleja la luz y encontrando el lugar donde se forma la imagen.

Fase 5: Imagina y recrea, con el objetivo de realizar la construcción de un instrumento óptico que implique un desafío argumentado desde los elementos de trabajo desarrollados, ya que, desde el trabajo de las fuentes primarias se reconocen instrumentos ópticos como el ojo, la cámara oscura y la lamina de plata para dar cuenta de los fenómenos.

FASE	ACTIVIDADES	INTENCIONALIDAD	RELACIÓN CON EL ESTUDIO HISTÓRICO
<b>FASE 1</b>  <b>¿Cómo vemos?</b>	1. Observemos el objeto. 2. ¿Dónde está el observador? 3. ¿Qué se hizo mi objeto? 4. Claro – oscuro. 5. Mírate en tu celular.	1. Reconocer los elementos {objeto, observador (campo visual), luz} que son importantes en el ver. 2. Identificar desde el ver que observamos imágenes.	<p>Alhazen y Kepler reconocen el valor del “campo visual” llamado así por Alhazen, que es importante para el observador, pero además del observador otro de los elementos que empieza a formar parte del estudio de la fenomenología del ver y que se resaltan en los trabajos de Alhazen y Kepler. Al igual que la luz como un elemento importante para el ver, generando un cuestionamiento para Alhazen ¿cómo viaja la luz? Y desde Kepler aunque retoma el cómo viaja la luz, también se fundamenta desde las propiedades y claro, no puede faltar el objeto.</p> <p>Estos tres elementos en su interacción permiten el ver.</p>
<b>FASE II</b>  <b>Una noche en tinieblas</b>	1. Sombras y penumbras. 2. Cámara oscura.	1. Reconocer la trayectoria de la luz. 2. Identificar que la fuente de luz emite la misma cantidad e intensidad en todas las direcciones.	<p>De acuerdo con el trabajo de Alhazen y Kepler, la luz viaja en línea recta y desde el trabajo de Kepler quien elabora su escrito en torno a las características de la luz, es posible reconocer que una fuente emite luz en todas las direcciones, sigue la geometría de la esférica, ya que se emite como en radios iguales en la misma intensidad.</p>

<p><b>FASE III</b> <b>Jugando con las imágenes</b></p>	<p>1. Cámara oscura. 2. Práctica con lentes.</p>	<p>1. Desarrollar relaciones de proporcionalidad entre la distancia y el tamaño (cantidad) de la imagen, reconociendo los elementos que permiten la formación de la imagen. 2. Identificar las características posición, nitidez y brillo (color) de las imágenes, reconociendo los factores que influyen en las mismas. 3. Realizar representaciones geométricas o visuales que permitan comprender la formación de las imágenes en diferentes lentes reconociendo el lugar donde se forma la imagen.</p>	<p>Alhazen es dada por una teoría de la imagen viajera, lleva toda la información. Kepler: teoría de rayos, trabajo geométrico. ¿Qué es la imagen?: es la figura de un objeto. Reconoce que la imagen tiene 4 características: color, posición o dirección, distancia y cantidad.  Kepler: donde se forma la imagen.</p>
<p><b>FASE IV</b> <b>Mírate al espejo</b></p>	<p>1. ¿Gordo o flaco? 2. Si te miras. 3. ¿Quién soy?</p>	<p>1. Identificar cuáles son los factores que permiten la formación de imágenes en diferentes espejos. 2. Reconocer las características de las imágenes en cada uno de los espejos trabajados en el aula.</p>	<p>Kepler, es importante resaltar que “cuando las formas o rayos proceden de los objetos y caen sobre una superficie pulida, se reflejan en el sentido de la visión en la dirección opuesta. Kepler refuta una afirmación de Alhazen: el lugar de la imagen es en la perpendicular.</p>
<p><b>FASE V</b> <b>Apuesta tu reto</b></p>	<p>Imagina y recrea</p>	<p>1. Realizar la construcción de un instrumento óptico que implique un desafío argumentado desde los elementos de trabajo desarrollados.</p>	<p>Desde Alhazen: Construcción de la cámara oscura, reconocimiento del ojo desde el funcionamiento de la cámara oscura. -planteamientos con las láminas de plata. Desde Kepler: -reconocimiento del ojo. -utilización de la Cámara oscura.</p>

Tabla 2. Propuesta de aula, que además de presentarse la mirada global de las actividades también procura establecer la relación con el análisis histórico desarrollado en el capítulo II. Elaboración propia.

## **ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE AULA**

La actividad experimental está vinculada a la construcción relaciones entre las condiciones y elementos que permiten organizar el fenómeno, dando paso de esta manera a la conformación fenomenológica en este caso de la formación de imágenes en lentes y espejos, admiten una construcción de conocimiento en el cuál dicho proceso está enmarcado en una formalización que está dada en la aplicación de una estructura formal al análisis del fenómeno físico, ya que, en este aspecto de formalización del fenómeno, involucra la construcción de magnitudes o cualidades que hablan o dan cuenta del campo en estudio, basados en 4 cualidades de la imagen en términos del trabajo de Kepler: Color (brillo y nitidez de la imagen), posición o dirección, distancia y cantidad, además de ello, se establecen organizaciones desde la comprensión del ver hasta la comprensión de la formación de las imágenes construyendo relaciones importantes en la formalización del fenómeno en términos de la relación de interdependencia de los elementos importantes para el ver y la formación de imágenes y las condiciones que se requieren para este.

Desde esta perspectiva, el análisis de aula se desarrolla, involucrando el establecimiento de relaciones entre variables, condiciones y elementos con los que se espera que los estudiantes logren este reconocimiento desde las construcciones geométricas o visuales como lo son gráficas o representaciones sobre la formación de la imagen.

En este sentido, se encuentran dos niveles de análisis de la propuesta:

### **NIVEL I**

Es una descripción de la recopilación del análisis ligado a la intencionalidad de la actividad en el aula, comprometiendo en este campo 4 grupos fundamentales basados en la siguiente disposición:

Temas ordinarios: temas que el investigador espera encontrar.

Temas no esperados: temas que son sorprendidos e inesperados.

Temas difíciles de clasificar: temas que contienen ideas que no se ajustan.

Temas mayores o menores: Temas que representan las ideas principales o secundarias”<sup>17</sup>

A partir de ello, se organizarán algunos grupos de acuerdo con el trabajo desarrollado en el aula, los cuales contienen intrínsecamente argumentos basados en los análisis de fuentes primarias y secundarias.

---

<sup>17</sup> Valenzuela, J. R y Flórez, M. (2012). Fundamentos de investigación educativa, Volumen 2, Pág. 191

## **NIVEL II**

Análisis global de la recopilación y desarrollo del trabajo de aula que se encuentra ligado a los argumentos de la tesis.

### **4.1 DESARROLLO DEL ANALISIS DE LA PROPUESTA DE AULA EN EL NIVEL I**

#### **4.1.1 Fase I - ¿Cómo vemos?**

##### **Actividades**

1. Observemos el objeto.
2. ¿Dónde está el observador?
3. ¿Qué se hizo mi objeto?
4. Claro – oscuro.
5. Mírate en tu celular.

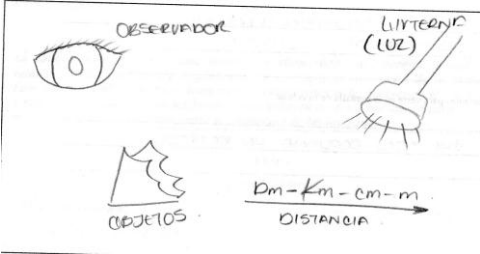
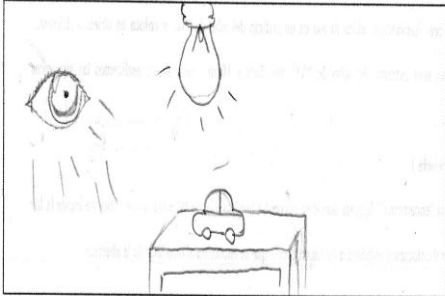
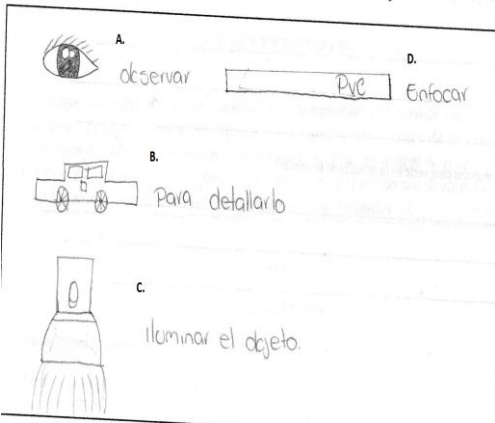
##### **Intencionalidad**

1. Reconocer los elementos {objeto, observador (campo visual), luz} que son importantes en el ver.
2. Identificar desde el ver que observamos imágenes.

#### ***4.1.1.1 Relación de interdependencia***

En este aspecto se realizan actividades en las que interviene la variación de la distancia desde el objeto al tubo de pvc, siendo el tubo de pvc un instrumento que permite enfocar el objeto que se desea observar y así mismo ayuda a limitar de cierta manera el campo visual para poder comprender la importancia del mismo, a su vez permite explorar actividades que llevan a la importancia de la incidencia de la luz en el objeto mas no en el observador para poder ver.

Además a lo largo de las experiencias, se proponen actividades en las cuales el objeto “desaparece” o no se coloca en la posición donde se podía observar, el observador no se encuentra ubicado en el lugar para ver el objeto y actividades donde se cubre en una primera instancia al objeto y en otra instancia el ojo que está viendo, de tal manera que se juegan con los elementos importantes para el ver.

GRUPOS	Expresiones de los estudiantes	Gráficos de estudiantes
<p><b>Distancia</b></p>	<p>Si nos ubicamos a 1m de distancia podemos ver el objeto con más claridad.</p> <p>-A medida que se va alejando del tubo de pvc se ve más pequeño el objeto.</p> <p>-Entre más lejos podemos ver mejor la estructura del objeto por la iluminación.</p> <p>-A medida que se aleja del tubo se pueden observar más características del objeto.</p> <p>-El color del objeto tiende a variar a medida que vamos alejando el objeto, a medida que la luz está cerca o lejos del objeto.</p> <p>--la luz debe incidir en el objeto para que lo veamos.</p> <p>--El tubo delimita nuestro campo visual por lo tanto si no está dentro de dicho campo no veríamos nada.</p>	<p><b>Dibuja y explica cada uno de los elementos que se requieren para ver los objetos.</b></p>  <p>Ilustración 15. Elementos del ver. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p> <p><b>Realiza un dibujo en el cual muestres las condiciones que se requieren para ver el objeto</b></p>  <p>Ilustración 16. Relación de los Elementos del ver. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p> <p><b>Dibuja y explica cada uno de los elementos que se requieren para ver los objetos.</b></p>  <p>Ilustración 17. Elementos del ver. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p> <p>A. Observar B. Para detallarlo C. Iluminar el objeto, Enfocar</p>

<p><b>Análisis de aula</b></p>	<p>La variación de las distancias (campo visual) permite o no ver el objeto con todas sus características y la incidencia de la luz permite que se vea mejor</p> <p>Cuando se dice: “Entre más lejos podemos ver mejor la estructura del objeto por la iluminación”. Podemos reconocer que habla en términos de las condiciones para el ver, que hay un observador (un campo visual) que es él, un objeto y la incidencia de la luz.</p> <p>También de este ejercicio, se reconocen los elementos del ver como son: el objeto, la luz y el observador junto con el campo visual como elementos necesarios para ver, en la frase “La luz se “fracta”<sup>18</sup> o llega en el objeto y eso nos permite verlo a través de nuestros ojos”, permite identificar la interrelación que hay entre estos elementos en la importancia de reconocerlos para ver.</p> <p>Desde la ilustración 16, se logra identificar la relación que reconocen los estudiantes frente a la importancia de la incidencia de la luz en el objeto, el objeto y el ojo como muestra del observador.</p>
--------------------------------	--

Tabla 3. Elaboraciones de los estudiantes en la Actividad 1. Fase 1. Análisis de las gráficas. Elaboración propia.

**En la socialización e intercambio de experiencias se dice:**

- Profesora se necesitan “la luz, el objeto y el observador para ver”.
- Pero también es importante “la distancia del objeto al ojo para poderlo ver completo”.
- “Si utilizamos el tubo de pvc para ver el objeto y éste cada vez es más “ancho” podríamos ver mejor el objeto a más distancia”.

Reiterando en los elementos del ver que se notan en el cuadro anterior y reconociendo la importancia del campo visual para ver los objetos.

<sup>18</sup> Para el estudiante, la palabra “fracta” la usa en el sentido de refleja, rebota.

## **Actividad # 2 de la fase I**

- Cuando los estudiantes se miran en la pantalla del celular, dicen que los elementos que necesitan para verse son:
- “luz observador, distancia, celular”
- “ojo, luz natural o artificial, celular, ellos”
- “iluminación, el ojo y el reflejo en el celular”
- “Campo de percepción humano, el celular, que la luz incida ellos mismos”
- “iluminación, la persona y el reflejo en la pantalla.

De este ejercicio se logra reconocer que la luz continua siendo un elemento importante para el ver, al igual que el observador, que en algunos estudiantes es reconocido como ojo únicamente, el campo visual desde Alhazen que es expresado como campo de percepción humano y queda la inquietud de la manera como comprender el elemento celular, lo relacionan en ocasiones como el objeto mismo o lo relacionan como un elemento importante para verse.

## **CONCLUSIONES FASE I**

Para poder iniciar el estudio sobre la formación de las imágenes es necesario indagar sobre el ver, sobre el estudio de la fenomenología del ver; ya que, en términos de Alhazen, la pregunta inicial para comenzar una elaboración sobre la formación de las imágenes es ¿cómo vemos?, a partir de esta inquietud que es importante en la historia de la óptica y que con Alhazen da un giro a lo que se venía planteando entorno al ver, ya que anterior a él se suponía que la luz salía del ojo y por ello veíamos los objetos.

Siendo Alhazen quien indaga con una serie de ejercicios la manera como vemos, con ayuda de ejercicios experimentales permite comprender que existen elementos muy importantes para el ver y que hay condiciones que lo permiten o no. Es allí, donde a partir de las experiencias se reconoce que la luz debe incidir en el objeto, además el objeto debe estar a una distancia “oportuna” para poderlo ver, es decir que debe haber un campo visual (en términos de Alhazen) entre el objeto y el observador, de estos elementos y condiciones es posible o no ver el objeto.

En este sentido, en el desarrollo de las actividades de la fase I que tienen que ver con la comprensión o reconocimiento de los elementos y condiciones para el ver, es de destacar que se logran reconocer los elementos como: objeto, luz y observador, aunque algunos estudiantes no logran asociar la relación que existe entre los elementos del ver; sin embargo, estos ejercicios



que se plantean permiten explorar los elementos para el ver, con dos condiciones importantes: campo visual y la incidencia de la luz en el objeto.

Cabe destacar que en algunos grupos se confunde el tubo que se utilizó para identificar los elementos como si formara parte de ellos, lo que queda pendiente por revisar o replantear a la hora de volver a realizar dichas actividades.

#### **4.1.2 Fase II - Una noche en tinieblas**

##### **Actividades**

1. Sombras y penumbras
2. Cámara oscura

##### **Intencionalidad**

- Reconocer la trayectoria de la luz.
- Identificar que la fuente de luz emite la misma cantidad e intensidad en todas las direcciones.

##### **4.1.2.1 Representación y relaciones distancia – trayectoria**

Se toma como propósito inicial en la fase II el desarrollo de ejercicios que tienen que ver con las sombras y las penumbras, ya que, éstas son una consecuencia de que la luz se propague en línea recta; siendo ésta consecuencia la que es de vital interés para reconocer la trayectoria rectilínea de la luz.

En la segunda parte de trabajo de la fase II, el hecho de trabajar con la cámara oscura permite también dar cuenta de la trayectoria de la luz y de la manera como la luz emite su “intensidad” en igual magnitud y en todas las direcciones, trabajo en cuál se reconoce la construcción de la cámara estenopéica como un instrumento que permite identificar que la luz al pasar a través de estenopo, se propaga en línea recta y que el estenopo funciona como una fuente puntual en términos de Kepler, ya que emite la misma cantidad de luz en todas las direcciones.

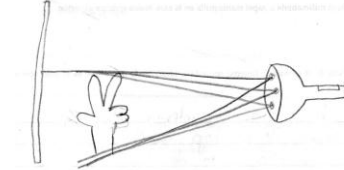
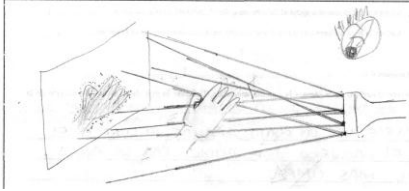
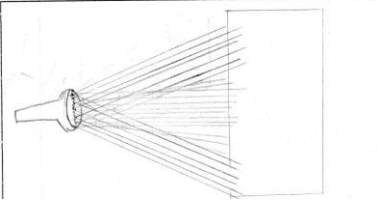
GRUPOS	Expresiones de los estudiantes	Gráficos de estudiantes
<p><b>1. Trayectoria</b></p>	<p>La trayectoria de la luz es recta.</p> <p>En línea recta o con dirección al objeto.</p> <p>En línea recta.</p> <p>Trayectoria recta y sale en todas las direcciones.</p>	 <p>Ilustración 18. Trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p> <p><small>Dibuja como viaja la luz hacia tus manos y cómo viaja hacia la pantalla cuando juegas a hacer figuras en la pantalla.</small></p>  <p>Ilustración 19. Trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p> <p><small>Realiza un gráfico que muestre cómo sale la luz desde la linterna hacia la pantalla.</small></p>  <p>Ilustración 20. Trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p>
<p><b>Análisis de aula:</b> De acuerdo con las expresiones y con los gráficos, se reconocen varios aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-No se deja de lado el reconocimiento del observador en el ver, la mano como objeto, la pantalla que ahora se dibuja y la luz que incide en el objeto.</li> </ul> <p>Desde las expresiones y dibujos es posible reconocer se identifica que la trayectoria de la luz es recta o que sigue una línea recta.</p> <p>Desde el segundo gráfico de la tabla, la sombra no se utiliza como una consecuencia de la trayectoria rectilínea de la luz, sino que se da por hecho que la luz se transmite en línea recta y causa curiosidad que la luz “pasa a través de la mano”, lo que genera inquietud en la manera como relacionan estos dos hechos: sombra y trayectoria de la luz.</p> <p>En la ilustración 19 donde describían la trayectoria de la luz desde el hecho de cambiar la distancia de la linterna con respecto a la pantalla, sin usar objetos intermedios, permite llegar más rápido a la construcción de una trayectoria rectilínea de la luz y posibilita ver que la luz se emite en radios iguales como lo enuncia Kepler como una esfera en expansión.</p>		

Tabla 4. Elaboraciones de los estudiantes de la fase 2, trayectoria. Análisis de las gráficas. Elaboración propia.

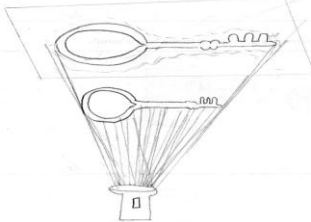
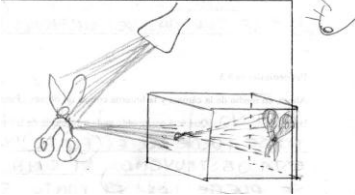
GRUPOS	Expresiones de los estudiantes	Gráficos de estudiantes
<p><b>1. Emisión</b></p>	<p>Su proyección hace que la imagen aumente dependiendo de la distancia.</p> <p>Tiene una trayectoria recta y sale de forma radial y al momento de cruzarse con los objetos sus radios se cortan.</p> <p>El orificio de forma circular de la cámara cumple la misma función como la linterna, ya que la proyección de la luz es recta.</p>	 <p>Ilustración 21. Emisión de la luz-característica. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p>  <p>Ilustración 22. Emisión de la luz-característica. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p>
<p><b>Análisis de aula:</b> En la ilustración 20 podemos observar que efectivamente la trayectoria de la luz rectilínea, “choca” con el objeto y de allí se forma la sombra, además de ello, se logra observar que se trata de identificar o dar explicación a la penumbra desde la trayectoria recta de la luz. En este sentido, la sombra si es una consecuencia de la trayectoria de la luz.</p> <p>En la ilustración 21 del trabajo con la cámara oscura, parece que se estuviera hablando en términos de una imagen viajera; sin embargo, se reconoce que la imagen se forma invertida aunque no es necesariamente el objetivo de esta fase y se dibuja la trayectoria rectilínea de la luz. No obstante, aunque parece ser una construcción de una imagen viajera, se muestra que la luz al pasar a través del orificio emite la luz en todas las direcciones</p> <p>En cuanto a las expresiones: “Tiene una trayectoria recta y sale de forma radial<sup>19</sup> y al momento de cruzarse con los objetos sus radios se cortan”.</p> <p>Se puede reconstruir en torno a esta expresión una visión desde la perspectiva de Kepler, quien en su trabajo da a conocer, la luz emite en forma de expansión de la esfera desde una fuente puntual. La expresión: “El orificio de forma circular de la cámara cumple la misma función como la linterna, ya que la proyección de la luz es recta”, reconoce que al pasar la luz por el orificio ésta no se emite en una sola dirección, sino que, se emite en todas las direcciones posibles.</p>		

Tabla 5. Elaboraciones de los estudiantes de la fase 2. Emisión. Análisis de las gráficas. Elaboración propia.

<sup>19</sup> Se refieren a radial como a los radios de una esfera, en todas las direcciones.

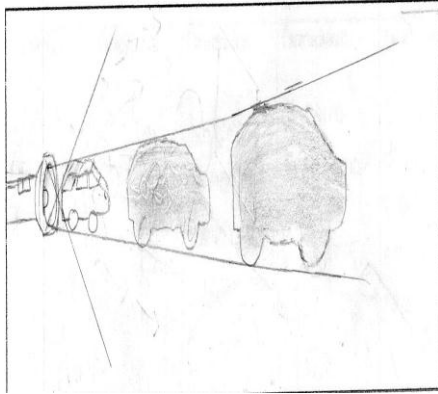
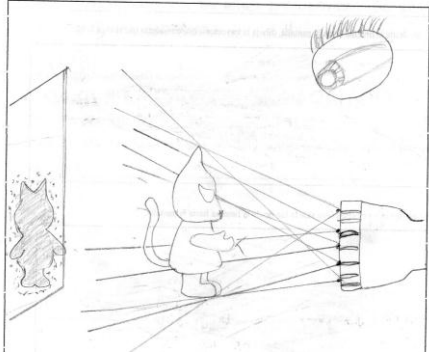
GRUPOS	Expresiones de los estudiantes	Gráficos de estudiantes
<p><b>1. Distancia</b></p>	<p>Entre más se aleja el objeto de la linterna se va volviendo más pequeño.</p> <p>La penumbra varía a medida que el objeto se aleja más de la linterna.</p> <p>Entre más cerca el objeto de la linterna, se ve la sombra más nítida, sin penumbra.</p> <p>Entre más cerca se agranda la figura y entre menos disminuye su tamaño mejorando su visibilidad de la sombra.</p>	<p>Si la luz viaja desde la linterna hasta la pantalla, dibuja la trayectoria que consideras que realiza la luz.</p>  <p>Ilustración 23. Sombra como consecuencia de la trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p> <p>la pantalla en cada una de las variaciones que realizaste en la distancia del objeto con respecto a la pantalla.</p>  <p>Ilustración 24. Sombra como consecuencia de la trayectoria de la luz. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.</p>
<p><b>Análisis de aula:</b> Hay una relación de proporcionalidad entre la variación del tamaño de la sombra y la variación de la distancia entre la linterna y el objeto.</p> <p>Podemos decir que: a mayor distancia entre la linterna y el objeto, menor es la sombra de la figura.</p> <p>Como lo reconocen los estudiantes: la sombra se vé mejor, “más nítida” cuando se acerca a la linterna.</p> <p>Aún se reconocen los elementos importantes para el ver y ahora en la formación de sombras: objeto, luz, observador y se tiene en cuenta la pantalla.</p>		

Tabla 6.Elaboraciones de los estudiantes de la fase 2. Análisis de las gráficas. Elaboración propia

## **Conclusiones:**

Para identificar la trayectoria rectilínea de la luz, uno de los ejercicios que formó parte fundamental para ello, fue la variación de la distancia entre la pantalla y la linterna, sin usar objetos intermedios entre estas dos, pero también se trabajó con objetos intermedios, generándose sombras y penumbras, ejercicio que permite reconocer la trayectoria rectilínea de la luz. Pero, para algunos grupos de trabajo la trayectoria de la luz no es una consecuencia de la formación de las sombras, para estos grupos, simplemente la luz se propaga en línea recta y no observan lo importante de ello en la formación de la sombra. Sin embargo, para otros grupos, la sombra se forma porque la luz incide en el objeto, ésta no se curva, sino que, incide en línea recta, ya que de allí aparece la sombra.

A partir del desarrollo de la cámara estenopéica, se complementa lo que se observó con la linterna y es el hecho de reconocer que el orificio del estenopo funciona como un fuente, que emite la luz en todas las direcciones, tal y como ocurre con la linterna, adicional a ello, en este ejercicio el hecho de que la luz tenga una trayectoria recta y no de otro tipo, permite que se vea la imagen, siendo la formación de la imagen en la cámara oscura una consecuencia de la trayectoria recta de la luz.

Por otra parte, se reconoce el tamaño de la sombra en términos de proporcionalidad, que a mayor distancia entre la luz y el objeto disminuye la sombra, pero también aumenta la penumbra. Además, en los gráficos de los estudiantes se continúan reconociendo los elementos importantes para el ver: el observador, la luz, el objeto y ahora aparece un elemento importante para la formación de la imagen que es la pantalla, de esta manera se establece una relación de interdependencia que es la que cruza todo el trabajo desarrollado para la comprensión de la formación de las imágenes.

### **4.1.3 Fase III - Jugando con las imágenes**

#### **Propósito**

- Desarrollar relaciones de proporcionalidad entre la distancia y el tamaño (cantidad) de la imagen, reconociendo los elementos que permiten la formación de la imagen.
- Identificar las características posición, nitidez y brillo (color) de las imágenes, reconociendo los factores y condiciones que influyen en las mismas.
- Realizar representaciones geométricas o visuales que permitan comprender la formación de las imágenes en diferentes lentes reconociendo el lugar donde se forma la imagen y su posición.

## Experiencia N° 1

Se proponen dos espacios de exploración con la lente biconvexa, uno de ellos es el patio y otro es un salón o espacio cerrado por donde ingresa luz por la ventana únicamente, de esta manera, los grupos identifican que en el patio, donde hay mayor iluminación no se ve muy bien la imagen, tiene mucho brillo; mientras que, en el lugar cerrado, la imagen se ve mejor. En las expresiones de los estudiantes tenemos:

- “la imagen brilla más cuando tenemos más intensidad lumínica, por ejemplo el sol”.
- “En el lugar cerrado la luz se enfoca mejor”
- “por causa que hay más intensidad lumínica, hay más brillo en la imagen en el lugar abierto”
- “Depende de la intensidad lumínica el brillo de la imagen, si hay más intensidad de luz, más es el brillo de imagen al igual sucede si hay menos intensidad de luz, es menor el brillo y se ve mejor”

## Experiencia N° 2

En el desarrollo de actividades con los lentes, las representaciones y la caracterización de los 4 aspectos que componen de la imagen: Tamaño, color, distancia y dirección, son importantes para la organización de la experiencia en torno a este fenómeno, siendo en este aspecto, cada uno de los lentes propuestos (biconvexo, plano convexo, menisco convexo, bicóncavo, plano cóncavo) una herramienta de apoyo para el estudio fenoménico de la formación de las imágenes, permite indagar desde la actividad experimental la formación de la imagen desde el reconocimiento de los aspectos desarrollados en las fases I y II.

### Formación de la imagen con lentes convergentes

<b>LENTE BICONVEXO – LUPA - Expresiones de los estudiantes:</b>
La imagen se forma nítida en una distancia de 17 cm de la pantalla a la lupa. A una distancia menor la imagen no se ve, mientras que a una distancia mayor la imagen se ve muy borrosa. La imagen se ve cuando la distancia entre la lupa y la pantalla son 17 cm, la imagen se ve clara e inversa. La imagen mide 12 cm de altura, por 15 cm de ancho, se ve muy clara.  Si se ubica la pantalla a 14 cm de la lupa, se ve borrosa la imagen. Para que se forma la imagen con la lupa se necesita el observador, la lupa, la luz y la pantalla.

### **Conclusiones en la socialización:**

En la actividad se plantean cuadros específicamente que permiten hablar de las 4 características de la imagen, desde lo cual se concluye que:

- Las imágenes son invertidas a cierta distancia de la lupa, en este caso a 17 cm de ella y se pueden ver en la pantalla.
- La imagen se ve nítida y más pequeña que el objeto normal, así también vemos a nuestros compañeros cuando vemos por la lupa, los vemos más pequeños e invertidos a cierta distancia.
- Los rayos de luz llegan a la lupa y cambian su dirección como la cámara oscura para formar la imagen.

La lupa es un material que hace que la luz cambie la dirección que lleva y la forma de la lente permite que los rayos de luz se crucen en un punto y al continuar su recorrido o trayectoria forman la imagen nítida que se observó.

Tabla 7. Formación de imágenes en lente Biconvexo. Lupa. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

### **Representaciones de los elementos y condiciones que permiten la formación de la imagen usando una lente biconvexa:**

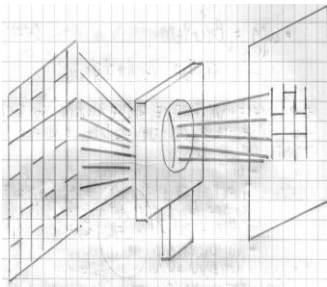


Ilustración 25. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

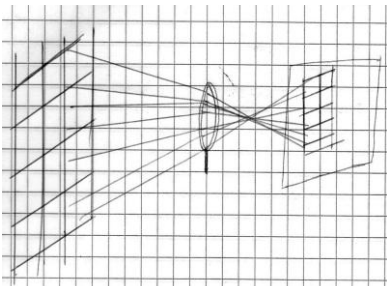


Ilustración 26. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

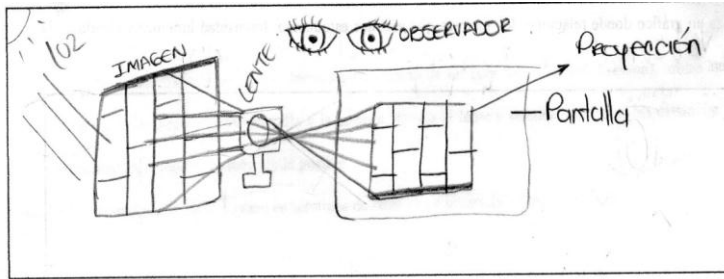


Ilustración 27. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

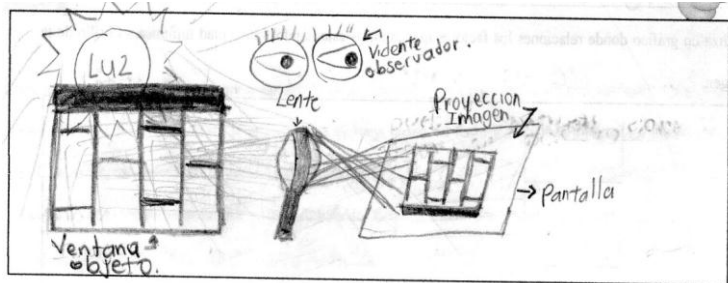


Ilustración 28. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

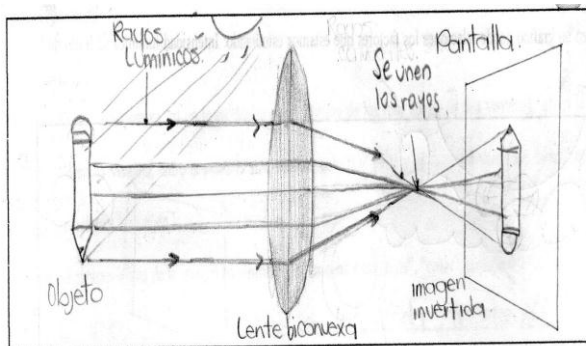


Ilustración 29. Imagen formada con la lupa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

### Conclusiones alrededor de las imágenes formadas por lentes biconvexas

Continúan identificándose los elementos del ver y ahora se identifica la pantalla como fundamental para ver la imagen invertida y las lentes como elementos que permiten la formación de las imágenes.

En La ilustración 24 aún no se reconoce la manera como inciden los haces de luz en la pantalla para que ocurra formación de la imagen, parece que la imagen se formara derecha y no la trayectoria no tiene ningún cambio en su dirección al pasar a través del lente.



En la ilustración 25 y 26, se asocia la incidencia de la luz cuando ésta pasa a través del lente, se forma la imagen invertida, reconociendo que cambian su dirección para formar la imagen, además los rayos de luz convergen en un punto después de pasar a través del lente.

En la ilustración 27 aunque se reconocen los elementos importantes para la formación de la imagen, no es claro el punto donde convergen los rayos de luz, pese a ello, se identifica que se reconoce el hecho que el lente cambia la dirección de la luz y ello permite que se forme una imagen invertida.

En la ilustración 28 se logra identificar que el lente cambia la dirección de la luz, la trayectoria de la luz es recta, al igual que en los gráficos anteriores y el tamaño de la imagen es menor, la imagen se forma invertida en la pantalla, no obstante queda por fuera de este gráfico el observador que se desdibuja en el gráfico realizado.

Por lo tanto, es posible identificar desde las expresiones y los gráficos que la imagen que se forma con lentes biconvexas es invertida, lo que permite identificar que los rayos de luz convergen y cambian su dirección formando así la imagen de esta manera.

Por lo tanto de acuerdo con las experiencias de los estudiantes se pueden reconocer en los lentes biconvexos las 4 características que forman la imagen: color nítido a una distancia específica del lente, tamaño menor que el objeto a observar y la dirección de la imagen es invertida, lo que significa en términos de la misma formación de la imagen, que esta es real, ya que se puede recoger en una pantalla.

<b>LENTE PLANO CONVEXA</b>
<b>Expresiones de los estudiantes</b>
<p>La distancia entre la pantalla y la lente es de 5 cm, la imagen se ve bien definida, a una distancia más grande no se ve bien, se ve distorsionada.</p> <p>Si observamos los objetos por medio de las lentes, los vemos al derecho pero luego dan la vuelta, pero en la pantalla solo vemos la imagen invertida, la que es derecha no la podemos ver en la pantalla. ¿Por qué vemos con la lupa y con el lente plano convexo al revés y al derecho al cambiar la distancia de nosotros?, lo más raro es que en la pantalla solo vemos la imagen al revés la otra no.</p> <p>La imagen tiene 15 cm de alto por 16 cm de ancho, se ve más grande comparada con la de la lupa</p>

### Conclusiones de la socialización.

La imagen se ve invertida cuando el lente está a 5 cm de distancia, a una distancia menor que la anterior no se ve nada en la pantalla, a una distancia mayor, se logra ver la imagen pero no bien definida, es decir, no se ve nítida.

Cuando la imagen se forma nítida, el color de los objetos que vemos se ven bien, el tamaño de la imagen es más pequeño que el del objeto, pero en el caso de la actividad, el tamaño de la imagen de la lupa es más pequeño que la imagen construida por medio del lente plano convexo.

En las expresiones de los estudiantes, ellos, exploran más allá, de las actividades propuestas e indagan que pasa si veo a través del lente, ya que este hecho genera curiosidad en los estudiantes, encontrando que ven al derecho a cierta distancia del lente con respecto al ojo y que ven invertido cuando el lente esta mas lejos del ojo, lo que genera un interrogante, que considero significativo y resalto en la socialización, ya que, éste paso da lugar a la comprensión de la formación de imágenes reales y virtuales.

Tabla 8. Formación de imágenes en lente Plano convexa. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

### Representaciones de los elementos y condiciones que permiten la formación de la imagen usando un lente plano convexo

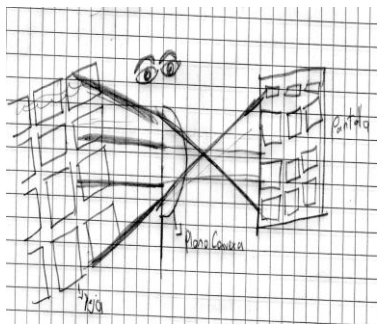


Ilustración 30. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

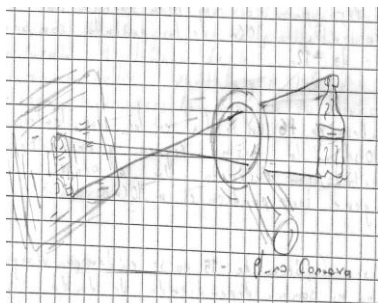


Ilustración 31. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

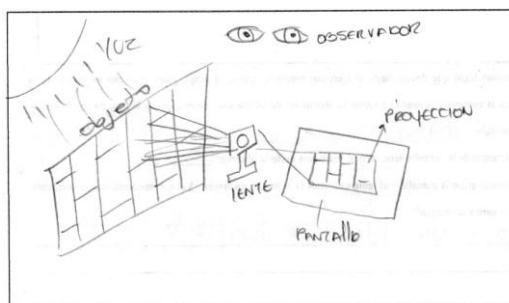


Ilustración 32. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

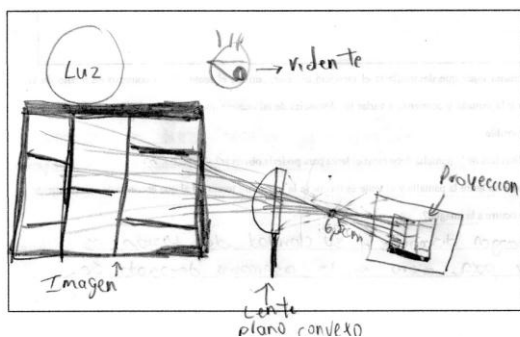


Ilustración 33. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

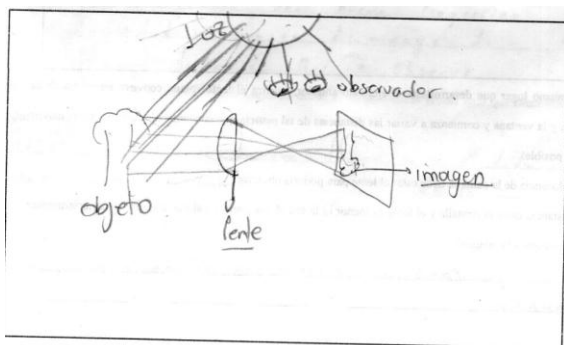


Ilustración 34. Imagen formada por lente plano convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

En la ilustración 29, no se ubica el frente del lente convexo sino que se dibuja ubicado por la parte plana del mismo, no obstante, se desatacan únicamente dos rayos de luz que son los de los bordes, pero se logra identificar que los haces de luz divergen en un punto después del lente y ello permite la formación de la imagen invertida.

En la ilustración 30 no es muy claro por donde ingresan los rayos de luz, o mejor aún donde está la incidencia de la luz, no obstante se reconoce la imagen invertida.

En la ilustración 31 y 32 los rayos de luz no se ven tan bien definidos, sin embargo, al ingresar por el lente cambian su dirección formando el objeto invertido y considerando que se

cruzan en un lugar antes de la imagen y después de la lente, lo que es importante para la formación de las imágenes.

En la ilustración 33, los haces de luz se reconocen mejor, y se nota que al igual que los gráficos anteriores, la luz cambia su dirección al pasar a través del lente, convergiendo en un punto y al pasar dicho punto, se genera la imagen nítida.

Se continúan identificando los elementos que son importantes en la formación de la imagen: el observador, el objeto, la pantalla y la lente; también las condiciones son notorias como el hecho que la luz incida en el objeto, que el observador este mirando la imagen o la pantalla, reconociendo una imagen invertida y menor al objeto.

No obstante, se generan los interrogantes del hecho de ver al derecho y al revés por la lente, lo que crea una inquietud muy importante en los estudiantes y es ¿Por qué no pueden ver la imagen derecha en la pantalla?, siendo una pregunta que aún no es resuelta pero, que permite pensarse el hecho de que la imagen derecha existe pero no se puede ver en la pantalla.

<b>LENTE MENISCO CONVEXA</b>
<b>Expresiones de los estudiantes</b>
<p>Se ve muy nítida a 7 cm de distancia de la pantalla</p> <p>La imagen se ve pequeña comparada con el objeto, o la reja de la ventana.</p> <p>El color se ve bien definido, se ve bonito y la imagen se ve invertida en la pantalla a los 7 cm.</p> <p>Cambia el tamaño de la imagen que se forma si miramos el lente biconvexo y el plano convexo también.</p> <p>Si aumentamos la distancia, se pierde lo nítido de la imagen, se ve borrosa.</p> <p><b>Conclusiones de la socialización.</b></p> <p>La imagen se ve invertida cuando el lente está a 7 cm de distancia, a una distancia menor que la anterior no se ve nada en la pantalla, a una distancia mayor, se logra ver la imagen pero no bien definida, es decir, no se ve nítida, siendo muy semejante a la conclusión de la lente plano convexa y a la biconvexa.</p> <p>Se encuentra en este punto una gran similitud en la formación de las imágenes con estos tres tipos de lentes, sin embargo, lo que cambia es la distancia a la cual se forma la imagen y el tamaño de la imagen, aunque es característico que el tamaño de la imagen en las tres es más pequeño que el objeto que se está observando.</p>

Tabla 9. Formación de imágenes en lente menisco convexa. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

## Representaciones de los elementos y condiciones que permiten la formación de la imagen usando un lente Menisco Convexo

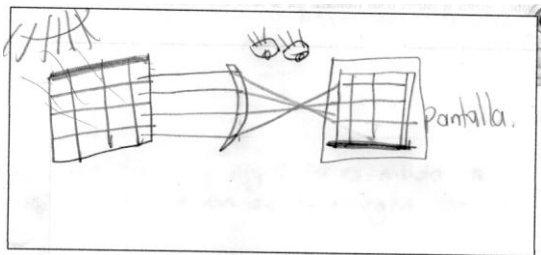


Ilustración 35. Imagen formada con lente menisco convexa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

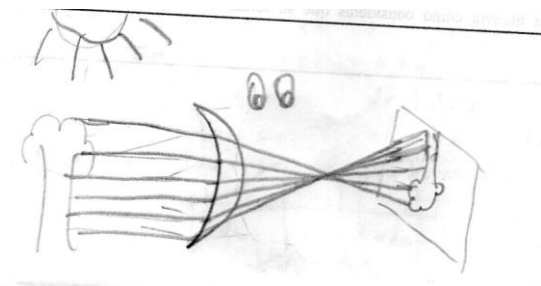


Ilustración 36. Imagen formada con lente menisco convexa. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

## Conclusiones alrededor de las imágenes formadas por lentes menisco convexos

En este ejercicio en torno a las representaciones de la manera como se forma la imagen teniendo en cuenta los elementos y las condiciones que lo permiten, los gráficos realizados son en general muy parecidos, la luz incide en el objeto, definen bien los rayos de luz que ingresan al lente, al ingresar al lente cambian su dirección, por la forma curva se dirigen hacia un mismo punto, es decir que convergen en un punto después de la lente y su proyección forma la imagen invertida y de menor tamaño que el del objeto mismo.

En este punto de trabajo se empieza a reconocer que el nombre relaciona la manera como se forma la imagen, que el hecho que todos tengan en su nombre la palabra convexo significa que tienen una manera característica de que ocurra la formación de la imagen, que los rayos de luz cuando ingresan al lente cambian su dirección pero ese cambio va dirigido hacia un punto en común, que este cambio en la dirección, debido al fenómeno de refracción, permite que la imagen que se forma o se recoge en la pantalla es invertida.

Pero también, se genera nuevamente la curiosidad del por qué con estos lentes si los acercamos al ojo vemos el objeto derecho y si lo alejamos lo vemos invertido, el interrogante va dirigido hacia lo que se observa en la pantalla, pues, en esta únicamente se ve la imagen al revés o invertida, pero la imagen que no se forma en la pantalla es derecha, lo que podemos notar al ver a través de las lupas.

Se continúa observando la relación entre los elementos y condiciones para que se forme la imagen, además de reconocer la trayectoria recta de la luz en los gráficos que se realizan y que esta se emite en todas las direcciones.

<b>LENTE BICÓNCAVA</b>
<b>Expresiones de los estudiantes</b>
<p>No logro ver la imagen.            No se ve nada.            No vemos ninguna imagen            Si miramos a través de a lente vemos a nuestro compañeros derechos, pero en la pantalla no vemos nada.            ¿Dónde está la imagen?, no se ve.            A ninguna distancia se ve.</p> <p><b>Conclusiones de la socialización.</b>            Con este tipo de lente, podemos observar que ocurre otro fenómeno distinto al de los lentes convexos, lo cual se evidencia al notar que ya no se forma imagen en la pantalla, pero quizá debería verse algo, ya que, aún siguen estando los mismos objetos que se trabajaron con las otras lentes y las mismas condiciones que se utilizaron anteriormente, llevando a pensar, en el por qué ocurre esto, donde está el lugar de la imagen si lo vemos desde el título del capítulo III que le da Kepler a su libro, generando ahora la inquietud sobre este tipo de imágenes que no logramos ver pero que están allí.</p>

Tabla 10. Formación de imágenes con lente Bicóncava. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

### **Representaciones de los elementos y condiciones que permiten la formación de la imagen usando un lente Bi-cóncava**

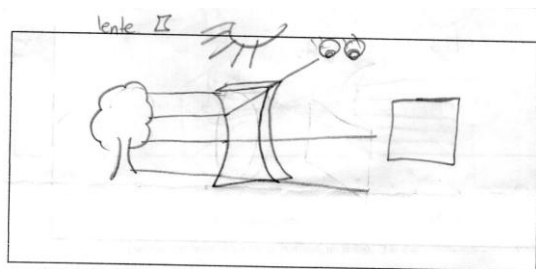


Ilustración 37. Formación de imágenes con lente bicóncava. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

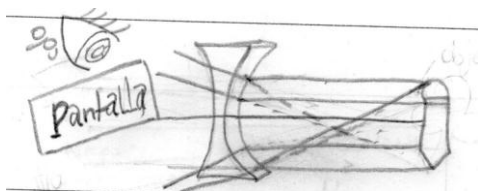


Ilustración 38. Formación de imágenes con lente bicóncava. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

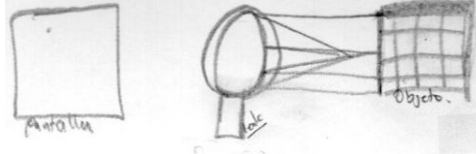


Ilustración 39. Formación de imágenes con lente bicóncava. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

### Conclusiones alrededor de las imágenes formadas por lentes Bi-convexas

La imagen ya no se forma en la pantalla y observamos en los gráficos que la pantalla ya no tiene imagen, la forma del lente cambia la dirección de la luz que incide y esto hace unos haces de luz divergentes, es decir que cada uno “coge” su camino, un camino distinto donde, después del lente no se cruzan.

En la ilustración 36, es posible reconocer que el estudiante cambia la dirección que lleva la luz, que considero que ocurre por dos razones: pasa de un medio a otro y la forma del lente le permite que salga en la dirección que la dibujan los estudiantes.

En la ilustración 37, Se continúan teniendo en cuenta los elementos del ver y la formación de imágenes, no obstante, en este gráfico se recuerda que la luz se emite en todas las direcciones, ya que en la parte superior del lápiz, se muestran dos rayos que según los estudiantes, dan a conocer que la luz se emite en todas las direcciones, la luz también se Refleja en el lente y se refracta según la gráfica desarrollada.

En la ilustración 38, no se ven pasar los rayos por el lente, parece ser que la luz Desaparece al pasar el lente, y lo que se ve es como si se reflejara y no pasara al otro lado, lo que significaría que el lente es un objeto opaco que no permite el paso de la luz, en este gráfico se pierde un poco el trabajo desarrollado desde las sombras de la fase II.

<b>LENTE PLANO CÓNCAVA</b>
<b>Expresiones de los estudiantes</b>
No vemos nada.
Pasa igual que con el lente bicóncavo, parece que su nombre indica que no se ve nada. A ninguna distancia vemos imagen.
También podemos ver, a través del lente a las cosas derechas, así como con el lente bicóncavo que trabajamos antes.

### Conclusiones de la socialización.

Los lentes que tienen que ver con la palabra cóncavos o que van hacia dentro, no dejan ver la imagen en la pantalla, pero debe haber imagen porque las cosas y las condiciones siguen en su mismo lugar, lo único que se ha cambiado es el lente.

Se considera que la luz llega al lente y cambia su dirección pero de forma distinta a los lentes convexos, ya que la luz no va hacia un centro, sino que va a diferentes direcciones, de allí se considera que es una de las razones por la cual no se forma la imagen en la pantalla.

La imagen que no existe en la pantalla, de igual manera debe estar en algún lugar, puesto que si miramos a través de las lentes podemos ver los objetos, con una diferencia las lentes convexas, que, con estas lentes cóncavas se ven los objetos a través de ella de forma derecha.

Tabla 11. Formación de imágenes con lente plano- cóncava. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

### Representaciones de los elementos y condiciones que permiten la formación de la imagen usando un lente plano- cóncavo.

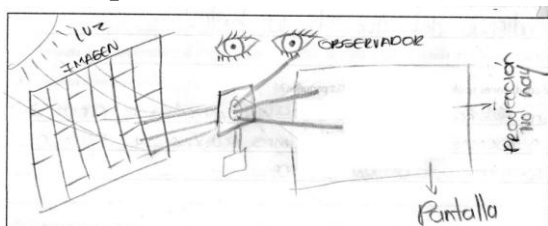


Ilustración 40. Imagen formada con lente plano cóncavo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

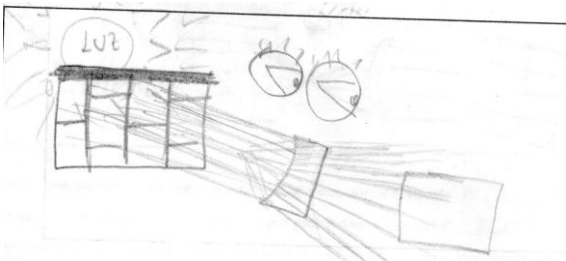


Ilustración 41. Imagen formada con lente plano cóncavo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

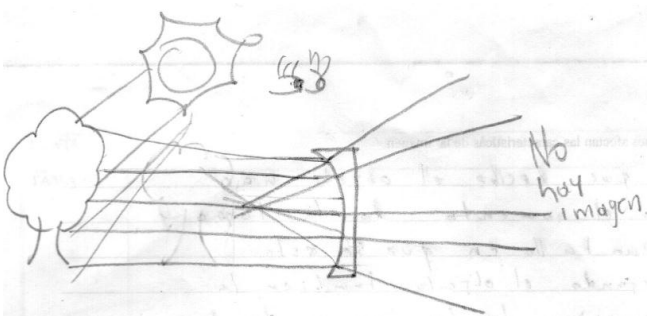


Ilustración 42. Imagen formada con lente plano cóncavo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.



## **Conclusiones alrededor de las imágenes formadas por plano cóncavos**

Continúa el reconocimiento frente a los elementos que permiten el ver y la formación de las imágenes.

En la ilustración 40, se reconoce que la luz cambia su dirección al pasar a través del lente y que sus rayos divergen, desde allí se muestra la pantalla sin imagen, dando a conocer que no se forma la misma.

En ilustración 41 y 42 se identifica que la luz cambia su dirección al pasar a través del lente, pero además de ello, se muestra como si la misma de cierta manera se reflejara en el sentido de curvatura del lente, en el último gráfico se nota de manera más clara los rayos que se reflejan que finalmente se unen en un punto antes del lente, lo que de cierta manera es muy importante, ya que da paso a la comprensión del lugar donde se forma la imagen que no se puede recoger en la pantalla.

### **4.1.3.1 Socialización y Conclusiones en torno a las condiciones para la formación de imágenes.**

#### ***4.1.3.1.1 Relación brillo – intensidad lumínica.***

Del trabajo desarrollado hasta el momento, se identifica que la imagen tiene una característica que también es fundamental en su formación y es el brillo, el cual, fue posible reconocer cuando se cambia de lugar (con cierta cantidad de luz “la que ingresa por una ventana”) y el patio en el cuál la cantidad de luz es mayor, de allí, se identifica que con una intensidad lumínica muy grande se forma una imagen con mucho brillo, que inclusive aunque se sabe que se forma, no la podemos ver. Es así, como el brillo de la imagen es una característica que se le puede dar a la misma, pues, de ésta depende que la podamos ver o no, independientemente que se forme.

#### ***4.1.3.1.2 Relación distancia – nitidez***

La nitidez es otra característica o cualidad de la imagen, se habla de nitidez cuando se ven los contornos bien definidos y en sí la imagen bien definida, la nitidez, se puede asociar al color de la imagen, siendo un trabajo que cruza todo el ejercicio de observar la imagen en la pantalla con las lentes cuando estamos en un lugar donde la cantidad de luz que ingresa es “restringida”, en este caso, el trabajo fue a través de una ventana, así, se buscó la distancia entre el lente y la pantalla, en la cual, la imagen se veía nítida, de allí se reconoce en la socialización que antes de cada medida donde está nítida la imagen, prácticamente desaparece del papel y después de la

distancia en la cual se ve nítida, es de cir, a mayor distancia, se ve muy borrosa. Lo que significa que, la nitidez es una cualidad muy importante, que también nos da indicios para comprender como es la formación de la imagen.

#### ***4.1.3.1.3 Relación distancia, tamaño de la imagen***

Cuando se encuentra la imagen nítida, cada grupo, toma las medidas de un área tipo rectangular del tamaño de la imagen, reconociendo desde todos los lentes biconvexos, que son con los que se forma la imagen en la pantalla, que, el tamaño es menor al de los objetos que observaron, y además de ello, que a mayor distancia la imagen se empieza a ampliar cambiando su tamaño notoriamente, pues se vuelve borrosa.

### **Actividad de cierre fase III**

Algunos estudiantes habían realizado observaciones a través del lente sin que se les hubiera solicitado, ellos habían explorado por curiosidad inicialmente, pero, generando algunos interrogantes ya antes mencionados; Proponiéndoles para cerrar la actividad a los grupos que no había hecho este ejercicio, que lo desarrollaran, y asociaran sus observaciones a las que se realizaron anteriormente con los lentes.

Después de realizar este trabajo con las lentes biconvexas, se reconoce que, a cada una de las distancias en las cuales observaron la imagen invertida es a la distancia a la cuál a través del lente ven invertidos los objetos y que la imagen en este caso se puede recoger en una pantalla, pero que, la imagen que ellos ven derecha al observar a través del lente no la ven en la pantalla, por lo tanto, no es que se desaparece, o que no se forme sino que se forma en otro lugar distinto que no es posible recogerlo en una pantalla, y asociaron este hecho, al ver a través de las lentes cóncavas, con las cuales todo se ve al derecho.

Siendo entonces, relevante que se asocian las imágenes invertidas a las que se pueden ver o recoger en una pantalla, y que las imágenes que se forman derechas no son posibles de recoger en una pantalla, pero eso no significa que no existan, significa que están en algún lugar y que es necesario explorar ese lugar donde se forman, no obstante, algunos grupos asociaron el hecho de la formación de la imagen derecha en un punto antes del lente, donde se unen los rayos que para ellos se reflejan por la forma del lente, como son en los gráficos 2 y 3 del lente plano cóncavo.

#### **4.1.4 Fase IV - Mírate al espejo**

Se desarrolla desde la observación de la persona en cada uno de los espejos: convexo, cóncavo y plano, desde allí cada grupo reconoce cómo se forma la imagen y lo asocia a los conocimientos antes desarrollados.

#### 4.1.4.1 Espejo convexo

Expresiones de los estudiantes:	Análisis de las expresiones
<p>-“A todas las distancias nos vemos derechos”</p> <p>-“Nos vemos pequeños y derechos”</p> <p>-“Nos vemos con el mismo color, derechos y siempre pasa en todas las distancias”</p> <p>-“La imagen es derecha, me veo derecho, igual, por eso la imagen es virtual”</p> <p>-“Si se asocia lo mismo que los lentes, la imagen derecha es virtual, no se recoge en la pantalla o en el espejo”</p> <p>-“La imagen es derecha y nos vemos más anchos, la luz se refleja en el espejo”.</p> <p>-“La luz se refleja en el espejo por el material y esta choca y se devuelve”.</p>	<p>Los estudiantes, luego de trabajar con las lentes, asocian la imagen derecha a la imagen que es llamada “virtual”, ya que reconocen que no se puede recoger en ninguna pantalla.</p> <p>Se identifica además que la luz se refleja, ya que incide en la superficie y se devuelve por el material de la misma.</p>

Tabla 12. Formación de imágenes con espejos convexos. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

#### Gráficos de los estudiantes:

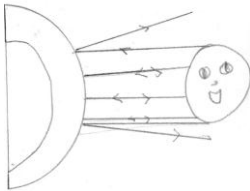


Ilustración 43. Formación de imágenes espejo convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

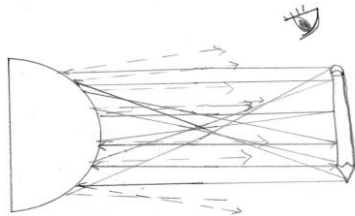


Ilustración 44. Formación de imágenes espejo convexo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

#### 4.1.4.2 Espejo cóncavo

Expresiones de los estudiantes:	Análisis de las expresiones
<p>-“Muy cerca al espejo nos vemos derechos y como borrosos”</p> <p>-“Nos vemos derechos cuando el espejo esta cerca de nuestro ojo, cuando se aleja nos vemos invertidos”</p> <p>-“Nos vemos con el mismo color, invertidos cuando el espejo está un poco lejos de nuestro ojo”</p> <p>-“La imagen es derecha cerca al ojo e invertida más lejos, a una distancia de 8 cm”</p> <p>-“hay una imagen virtual cuando nos vemos derechos y real cuando nos vemos invertidos, es como al contrario de los lentes que trabajamos en clase”</p> <p>-“La luz se refleja en el espejo y por la forma del espejo se devuelven hacia dentro, cruzándose luego los rayos de luz y formando la imagen invertida”</p>	<p>Se identifica que la imagen cerca al espejo es derecha y a una distancia más lejana es invertida.</p> <p>También, la luz se refleja en el espejo y se reconoce que la forma del espejo permite que los rayos de luz se dirijan en una u otra dirección, en este caso, se refleja hacia el centro, encontrándose en un punto y luego cambian su posición generando la imagen invertida.</p>

Tabla 13. Formación de imágenes espejo cóncavo. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

#### Gráficos de los estudiantes:

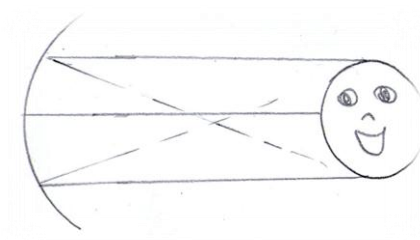


Ilustración 45. Formación de imágenes en espejos cóncavos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

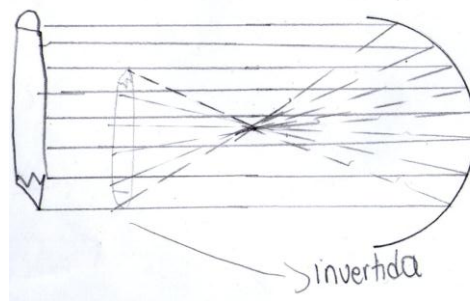


Ilustración 46. Formación de imágenes en espejos cóncavos .Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

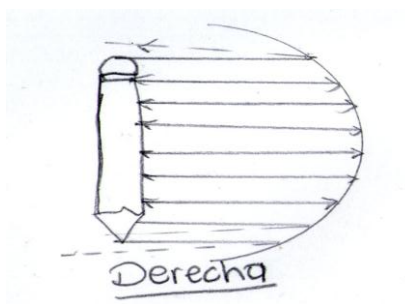


Ilustración 47. Formación de imágenes en espejos cóncavos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

En el espejo cóncavo, los rayos de luz inciden sobre el espejo y se reflejan en el sentido en el cual la forma del espejo lo emite, es decir, su forma cóncava permite que los haces de luz sean reflejados hacia el centro del mismo, convergiendo en un mismo punto, lo que permite reconocer que las imágenes convergentes son aquellas que podemos recoger en una pantalla y vemos invertidas.

Por otra parte, cuando el objeto está cerca del espejo, la imagen se ve derecha, ya que los haces de luz no alcanzan a converger, por lo que la imagen que se forma es derecha; reconociendo desde esta actividad, nuevamente unas características de la imagen como lo son: posición, distancia, color (se ve del mismo color que el objeto), tamaño (ancha para el lente convexo y angosta o pequeña para el lente cóncavo).

#### 4.1.4.3 Espejo plano

Expresiones de los estudiantes:	Análisis de las expresiones
<p>-“Siempre nos vemos iguales, y derechos”</p> <p>-“Nos vemos derechos a todas las distancias, la luz se refleja en el espejo”</p> <p>-“El color de la imagen no cambia con respecto a nosotros”</p> <p>-“El tamaño no cambia, como lo hace en los espejos cóncavos o convexos, en el espejo plano el tamaño es el mismo”</p> <p>-La imagen que vemos es derecha, lo que significa que es virtual, es decir que no se forma en una pantalla”</p> <p>-“Los rayos que se reflejan no se cruzan en ningún punto y esto hace que veamos derechos, que sea una imagen derecha”.</p>	<p>La imagen se ve derecha, siendo este un evento asociado a la formación de la imagen virtual, los rayos se reflejan y son divergentes, lo que significa que los rayos reflejados no se unen en ningún punto, de allí se apropia la imagen derecha y la imagen virtual.</p> <p>El tamaño es el mismo que el del objeto y el color es el mismo que el del objeto.</p>

Tabla 14. Formación de imágenes con espejos planos. Expresiones de estudiantes y elaboración propia.

#### Gráficos de los estudiantes:

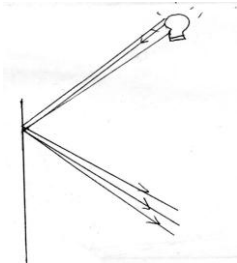


Ilustración 48. Formación de imágenes con espejos planos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M

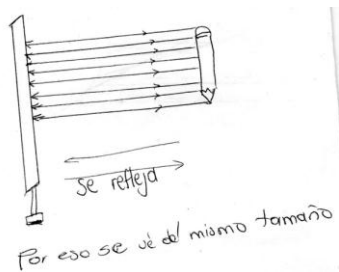


Ilustración 49. Formación de imágenes con espejos planos. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M

La luz se refleja en el espejo, de tal manera que si el objeto se encuentra en una “diagonal” al mismo como en la imagen numero 48, los haces se reflejan en el sentido contrario, quizá dando a conocer que el ángulo de incidencia es el mismo con el cual se refleja, así los rayos de luz que se reflejan no convergen y por ello la imagen que se forma es derecha, mientras que en la imagen 2,

los haces de luz se reflejan en la misma posición pero en sentido contrario, lo que significaría de igual manera que el ángulo incidente es el mismo que el ángulo reflejado, los haces de luz no convergen en un punto y se proyectan mostrando que el tamaño de la imagen no cambia.

En las conclusiones generales de esta fase, los estudiantes consideran que la imagen está caracterizada por su tamaño, color, posición y distancia, que su color depende en tanto es nítida la imagen o no y que el brillo es una característica que forma parte importante de la imagen, el tamaño depende de la forma del lente o del espejo, “En los espejos con curva hacia adentro, cóncavos y en los lentes así, la imagen se ve más pequeña”, asociando las observaciones de lentes y espejo con el tamaño de la imagen.

Se identifica que realidad la formación de la imagen se da en sentido opuesto en lentes y en espejos, los lentes cóncavos, funcionan con la formación de la imagen en el sentido contrario a los espejos cóncavos y viceversa.

No obstante, el hecho que la luz se emite en todas las direcciones únicamente un grupo la ha ido asociando en sus gráficos, lo que significa que quizá no se desarrollo a cabalidad esta idea y debe fortalecerse aun más.

#### **4.1.5 Fase v – Apuesta tu reto**

Cada grupo conformado para el desarrollo de las fases de óptica, eligió un instrumento óptico y lo construyó de tal manera que pudiera ir argumentando su construcción desde los elementos de trabajo desarrollados en cada una de las sesiones, fue importante para el proceso de construcción indagar para que servía el instrumento, ya que, algunos instrumentos propuestos no los conocían los estudiantes.

Este proceso tomó 4 sesiones de clase de 1 hora cada una y finalmente el proyecto fue expuesto en el Colegio Madre Paula Montal el día de la ciencia, dando a conocer a todos los estudiantes y padres de familia que asistieron sobre la forma de elaboración y como es el funcionamiento de lentes o espejos, junto con los elementos importantes para el ver y para la formación de imágenes, de tal manera que se reconociera la física, en especial la óptica, desde la actividad experimental en toda la comunidad educativa.

#### 4.1.5.1 Instrumentos ópticos

##### -Estereoscopio:

Los siguientes párrafos son escritos desde las grabaciones de audio que se realizaron a medida de la construcción y de la exposición realizada sobre el instrumento óptico “estereoscopio”.

El estereoscopio es un instrumento que nos permite ver imágenes en 3D, el estereoscopio, nos sirve para ver imágenes, videos o mapas de ciencias sociales en 3D, lo vamos a realizar como tipo de gafas, con cartón, le abrimos dos huequitos para colocar nuestros ojos y allí colocaremos dos lentes plano convexos.



Ilustración 50. Construcción del estereoscopio. Elaboración por estudiantes Colegio Madre Paula M

Si vemos por un solo lente observamos la imagen derecha porque está muy cerca a nuestro ojo y ya hemos visto que así se ve con estos lentes, lo que nos ayuda a ver derecho, pero al colocar el otro lente, seguimos viendo derecho pues es el mismo lente plano convexo que usamos, de igual volumen y del mismo grosor.

Es importante colocar el lente cerca al ojo, por eso se hace tipo gafas, para que veamos la imagen derecha, ahora, el hecho de ver en 3D, ya tendrá una explicación en otros términos que se salen de el ejercicio propio que estamos desarrollando.

No obstante, pese a esta dificultad, es importante reconocer que los lentes plano convexos permiten ver imágenes derechas e invertidas, pero para efectos de este estereoscopio, necesitamos que la imagen este derecha, por eso dejamos las lentes cerca a nuestros ojos, como con unas gafas de cartón.

Para poder ver la imagen necesitamos el observador, la luz que incida sobre el objeto que vamos a ver, los lentes en este caso los que usamos plano convexos pequeños del tamaño del ojo, poca distancia entre el ojo y el lente, entre 4 y 5 cm de distancia.



También hubiéramos podido usar lentes plano cóncavos, porque con ellos la imagen se ve derecha, pero en realidad son un poco más difíciles de conseguir, sin embargo, forman la imagen derecha al igual que los lentes plano convexos a poca distancia.

### **-Telescopio:**

Los siguientes párrafos son escritos desde las grabaciones de audio que se realizaron a medida de la construcción y a medida de la exposición realizada sobre el instrumento óptico “Telescopio”.

Es un instrumento óptico, muy nombrado, como instrumento de Galileo Galilei, este instrumento nos permite ver los planetas, las estrellas y demás cuerpos celestes que queremos visualizar a lo lejos o en el espacio, éste instrumento está hecho con tubos de cartón, de papel aluminio y tubos de cartón de papel higiénico, en los cuales uno va dentro de otro para que el telescopio pueda alargarse o acortarse.



Ilustración 51. Construcción del telescopio. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M.

En el interior de un tubo va un lente plano convexo y en el otro tubo va otra lupa que es biconvexa, la razón es porque con una sola lente a una distancia mayor de nuestro ojo 10 cm podemos ver al revés, sería la imagen real, y si usamos la otra lente a otra distancia mayor de esa, podemos seguir viendo el objeto pero ya no lo vemos invertido sino que lo vemos al derecho.

Lo que ocurre es que al pasar la luz por la lente plano convexa, se forma la imagen invertida de un tamaño un poco mayor que la que pasa a través de la lente biconvexa, y al pasarla por medio de otro lente, ésta que es invertida vuelve y cambia su dirección y ahora se vuelve derecha, así es como podemos ver cosas lejanas derechas y no invertidas, de tamaño menor.

Además el lente biconvexo permite ver de un tamaño más pequeño lo que observamos y entre más lejos podemos ver más objetos. Las lentes biconvexas permiten ampliar el rango de la visión.

### - Periscopio

Los siguientes párrafos son escritos desde las grabaciones de audio que se realizaron a medida de la construcción y a medida de la exposición realizada sobre el instrumento óptico “Periscopio”.



Ilustración 52. Exposición del periscopio. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M

Es un instrumento óptico, que tiene como objetivo poder ver sin que me vean, es decir, que podamos ver sin que noten nuestra presencia, el periscopio, que construimos, necesite cartón en forma de paralelepípedo, o con rectángulos, y en cada extremo usamos espejos, a cada lado, en una parte un espejo que sea oblicuo y al otro extremo otro oblicuo también, así es posible ver desde un lado hasta el otro, porque la luz que incide en el espejo se refleja como lo vimos en los ejercicios con espejos, pero si la dejamos directamente de frente, solo me reflejará a mí y no podre ver nada más, es por eso que le damos una inclinación, para que la luz que incide llegue choque con el espejo plano y se refleje, pero lo hará hacia abajo del tubo por la inclinación misma, luego llega al otro espejo y se reflejará de la misma manera, así:

La imagen no cambia su tamaño, es decir que se ve del mismo tamaño, porque el espejo no tiene radio de curvatura, la imagen se ve derecha, por lo tanto cuando pasa de un espejo al otro la vamos a ver derecha y no invertida, la distancia entre los dos espejos puedes ser cualquiera, en realidad lo más importante es darle una inclinación adecuada, más o menos entre los 40 a 45° para que se reflejen bien las imágenes tanto en uno como en otro espejo.

## **- Caleidoscopio**

Los siguientes párrafos son escritos desde las grabaciones de audio que se realizaron a medida de la construcción y a medida de la exposición realizada sobre el instrumento óptico “Caleidoscopio”.

Es un tubo que contiene en su interior espejos para que la imagen se refleje y se vea varias veces, en un extremo colamos chaquiras de colores, encerradas entre un espacio que contiene un acetato para que se puedan ver al lado de los espejos, debe ingresar la luz por el lado donde están las chaquiras, ya que es fundamental la luz para ver las imágenes, al igual que el observador y los objetos en este caso las chaquiras.

Los espejos permiten que la luz se refleje y como usamos tres espejos, la imagen se proyecta a través de los tres espejos, formando imágenes o figuras muy bonitas con las cuales podemos hablar de que en realidad se forman imágenes virtuales, derechas y que con el mismo ángulo con el que se inciden en el espejo es el mismo con el que se reflejan.

## **- Catalejo**

Los siguientes párrafos son escritos desde las grabaciones de audio que se realizaron a medida de la construcción del instrumento óptico “Microscopio”.

Con este instrumento óptico podemos mirar objetos lejanos, para verlos más cerca, para ello, se reconoce que es importante usar lentes biconvexas o plano convexas, con las cuales podemos ampliar el radio de visión y verlas un poco más cerca como lo hicimos en las experiencias, algo importante del catalejo es que el tubo que se usa para colocar las lentes se debe mover o ser corredizo así podemos enfocar mejor lo que queremos ver.



Ilustración 53. Exposición del catalejo. Elaboración por estudiantes colegio Madre Paula M

Cerca al ojo es importante tener un lente plano convexo y en el otro extremo del tubo vamos usar un lente biconvexo con radio de curvatura muy grande, dice dioptría 28+ , mostrándonos que es muy “grueso y curvado el lente”, al usar el lente en el otro extremo del catalejo, el objeto que está iluminado, permite que se refleje la luz en él y se emita hacia este lente, aquí al pasar ocurre que los rayos cambian su ángulo con el que ingresan al lente, cruzándose y formando una imagen invertida, nítida a unos 15cm aproximadamente, distancia a la cual se ubica el otro lente que es plano convexo, colocando la parte plana donde se proyecta la imagen, pasando a través del lente y cambiando nuevamente su ángulo, viéndose derecha, más cerca o más pequeña si en términos de su tamaño se refiere y permitiendo sentir que se encuentra cerca a nuestro ojo.

## 4.2 HALLAZGOS DE LAS FASES

FASE	ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN
<b>FASE 1: ¿Cómo vemos?</b>	Es necesario realizar una revisión sobre las experiencias en las cuales se usa el tubo de pvc como instrumento para enfocar el objeto, ya que, en varias ocasiones los estudiantes tendían a relacionarla con un elemento necesario para el ver.
<b>FASE II: Una noche en tinieblas</b>	Cuando se desarrollan las actividades con las penumbras y las sombras, la explicación que los estudiantes generan en torno a este hecho, se da en sentido contrario en varios grupos de estudiantes, ya que ellos toman de hecho la trayectoria recta de la luz y no toman el ejercicio como un fundamento clave para la comprensión de la trayectoria de la luz.
<b>FASE III: Jugando con las imágenes</b>	Al desarrollar las actividades en torno a la formación de las imágenes, todas son interesantes para los estudiantes y logran identificar características o cualidades de la imagen que se pretenden, es por ello, que esta fase considero ha sido más completa en términos de que no se presentaron dificultades en su desarrollo. Sin embargo, es necesario seguir ahondando en la formación de las imágenes con los lentes cuando hay diferentes dioptrías, que fue un interrogante de algunos estudiantes.
<b>FASE IV: Mírate al espejo</b>	Enlazando esta actividad con la anterior, los estudiantes logran asociar la manera como se forma en los lentes las imágenes con la manera como se forman las imágenes en los espejos.
<b>FASE V: Apuesta tu reto</b>	Un ejercicio demasiado interesante, sin embargo, algunos estudiantes tratan de buscar instrumentos ópticos en internet, dejando de lado lo aprendido en clase, ya que, el uso de la tecnología quizá los lleva a buscar todo de manera fácil sin retomar sus aprendizajes.

Tabla 15. Hallazgos de las fases. Elaboración Propia.

### 4.3 CONCLUSIONES FINALES DE LAS FASES

Las fases permiten llevar al estudiante a organizar el fenómeno, reconociendo los elementos que se necesitan para el ver, para la formación de las imágenes, al igual que las condiciones y factores que permiten reconocer las imágenes en cuanto a sus 4 cualidades, color, posición, dirección y distancia, es así como las relaciones de: *brillo – intensidad lumínica, distancia – nitidez y distancia - tamaño de la imagen*, muestran que el estudiante aunque no escribe directamente una ecuación de proporcionalidad, logra reconocer que cuando la intensidad lumínica aumenta el brillo también lo hace y es por ello que no puede ver muy bien la imagen real que obtiene en la pantalla, por otra parte en cuanto a la relación de distancia y nitidez, reconoce unos valores que permiten construir una relación de proporcionalidad indirectamente, en la cuál a mayor distancia entre la pantalla y el lente menor es la nitidez de la imagen y en cuanto a la relación de la distancia y el tamaño de la imagen es posible identificar de acuerdo a las conclusiones de los estudiantes dadas por la experiencia, que a menor distancia entre el lente y la pantalla, es mayor la imagen o viceversa, identificando así 3 características de la imagen como son color, tamaño y distancia, claro, sin dejar de lado, la posición o dirección que se observa cuando la imagen se ve en la pantalla, que se muestra invertida y cuando no es invertida, se reconoce que es derecha, por el hecho de la experiencia al mirar a través del lente.

En cuanto a los espejos se refiere, se asocia lo estudiado con los lentes para poder hacer un análisis desde la observación y toma de distancias entre la persona que se mira al espejo y el espejo mismo, es así como se relaciona que la formación en los espejos cóncavos y convexos ocurre de forma opuesta a los lentes cóncavos o convexos y que en el espejo plano se forma una imagen virtual que permite que ésta sea del mismo tamaño del objeto. Añadido a ello, se relaciona la forma de cada lente o espejo con la manera como ocurre la refracción de la luz incidente o la reflexión de la luz en cada material.

#### **4.4 DESARROLLO DEL ANÁLISIS PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE AULA NIVEL II**

En el desarrollo de las actividades experimentales propuestas en la cartilla de trabajo, se logra llevar un hilo conductor que permita la comprensión sobre la formación de las imágenes, cada fase con sus dificultades o no, ha llevado al estudiante de manera intencionada a establecer relaciones entre elementos importantes para el ver, mostrándose una relación de interdependencia, también se logró avanzar en la comprensión de las cualidades de la imagen en torno a las 4 características que enuncia Kepler, ya que se evidencia la relación que establecen en la distancia con respecto al tamaño de la imagen, en el hecho que la iluminación juegue un papel en la formación de la imagen afectando su color en términos de brillo y nitidez.

Es en este sentido la propuesta de aula en cada una de sus fases, permite abstraer una serie de organizaciones que poco a poco los estudiantes fortalecen, como es el caso de reconocer los elementos del ver, aún cuando exista la dificultad de descartar en los elementos el tubo de pvc que se usa como instrumento para identificar el campo visual.

Además de comenzar a identificar una serie de condiciones como los con la iluminación que afecta el brillo y la nitidez de la imagen, el uso del lente que permite o no la formación de la imagen en la pantalla y la asociación de los ejercicios con lentes a los ejercicios con espejos, que permiten identificar todas las condiciones y relaciones entre las mismas para que se forme o no la imagen.

Es en este sentido, que la práctica de reconocer la imagen real o imagen virtual, que era en un principio la idea fundamental de este trabajo, ya no termina siendo memorístico, sino que en el mismo hecho de experimentar se dan las comprensiones en los estudiantes, siendo estas dirigidas inclusive a términos entre distancias, posición, dirección, color, brillo y demás condiciones que logran permear en la comprensión que el estudiante hace en cuento a las cualidades de la imagen y su formación.

## CONSIDERACIONES Y SUGERENCIAS FINALES

El estudio de un fenómeno físico, en este caso la comprensión sobre la formación de las imágenes, permite llegar al análisis de dos grandes personajes como los he enunciado a lo largo del trabajo: Alhazen y Kepler, quienes en sus trabajos reconocen condiciones fundamentales para la comprensión de las imágenes.

Por una parte desde la pregunta que Alhazen se plantea ¿Cómo vemos?, a través de las elaboraciones realizadas, se puede dar respuesta a este interrogante, reconociendo que son necesarias unas condiciones para que esto se lleve a cabo, el ver entonces necesita de objeto, luz y observador en interacción mutua, ya que si uno de los elementos no se encuentra en interacción, no es posible que se dé el hecho de ver, el como vemos nos lleva a hablar de un sistema de relaciones, encontrando así que la física no es un hecho independiente de otro, sino que en este caso, es un fenómeno que está inmerso en un conjunto de elementos que interrelacionados permiten que se perciban los objetos.

En concordancia con las elaboraciones de Alhazen y Kepler sobre la trayectoria de la luz, este es un problema que permaneció durante varios siglos, ya que, no era tan sencillo reconocer la trayectoria recta de la luz; no obstante, ahora ya damos por hecho que la trayectoria es recta y desprendernos de ese prejuicio o preconcepción si así lo denominamos para llegar por medio de experiencias a mostrar que esto es cierto, no es tan fácil, pues, una de las dificultades iniciales en el trabajo desarrollado es el hecho de pensar la ciencia como algo ya elaborado, que tiene una única ruta de aprendizaje.

Por otra parte, desde el trabajo de Kepler, las condiciones que enmarca o establece sobre las propiedades de la luz, son importantes para la comprensión de cómo se forman las imágenes, además el hecho de establecer características o cualidades de la imagen permite dar un direccionamiento importante en el presente trabajo, puesto que todo se enmarca en la comprensión de estas cualidades para dar cuenta de la formación de las imágenes con lentes y espejos.

Este ejercicio en términos de las fuentes primarias y secundarias, va de la mano con el experimento, siendo esto muy importante para dar cuenta de un fenómeno de estudio, en el caso de la formación de las imágenes, a lo largo del trabajo se desarrolló simultáneamente la lectura de fuentes y la actividad experimental, con lo cual se reconoce que efectivamente se necesitan a la otra, que no son separadas o distantes, que no era posible realizar experiencias si no comprendían aspectos teóricos o en sentido contrario, que no era posible realizar lecturas sin desarrollar por lo menos una actividad experimental en torno a la formación de las imágenes.



Con ello, la actividad experimental en el ejercicio conjunto de análisis de textos, permite configurar relaciones entre diferentes factores o elementos tales como: Relación brillo – intensidad lumínica, Relación distancia – nitidez y la relación distancia - tamaño de la imagen, que se establecen del ejercicio que se deriva de la organización dada de la comprensión de la formación de imágenes, pasando del conocimiento sobre el ver a la formación de las imágenes con lentes y espejos, permitiendo una serie de elaboraciones en torno las características de la imagen en términos de su color (brillo y nitidez), posición (derecha e invertida), Tamaño (comparado con el objeto) y distancia (a la cual se forma la imagen).

Por lo tanto, orientar el estudio en términos de condiciones en torno a las cualidades de la imagen, sugiere comprender la formación de las imágenes en términos cualitativos, de manera sistemática y organizada que en el mismo acto de organizar, orientar, reconocer y comprender, se da el hecho de formalizar el fenómeno, se configuran las afirmaciones en torno a éste y se logran definir rutas específicas que lleven a la comprensión de la formación de las imágenes.

Las rutas planteadas a lo largo del trabajo, permiten que como docentes en ejercicio, replanteemos nuestras enseñanzas en torno a elaboraciones que en primera instancia podamos desarrollar para luego ser llevadas al aula de manera intencionada como ocurrió en este trabajo, en primer lugar se estableció una ruta de comprensiones que denomino así porque es una serie de relaciones, afirmaciones y elaboraciones que poco a poco en el camino se fueron configurando y en segundo lugar, la ruta comprendida se formalizó en una propuesta de aula o una cartilla que contenía actividades de manera intencionada para que el estudiante elabore su organización en torno al fenómeno tratado.

Por lo tanto, plantear actividades para llevar al aula sobre la comprensión del fenómeno, no es una tarea fácil, puesto que hacer que el estudiante comprenda la actividad que ésta direcciona al mismo tiempo el camino que se desea seguir hacia la construcción propuesta, no es un ejercicio sencillo, sin embargo, el hecho de construir mi propia ruta de aprendizaje, permite organizar la ruta de aprendizaje que los estudiantes deben seguir.

No obstante, el estudio de la formación de imágenes es bastante amplio, de hecho, aún quedan bastantes problemas fuera de estudio en esta tesis que permiten dar pautas para desarrollar infinidad de trabajos sobre el mismo, algunos de los cuales pueden ser sobre dioptrías, funcionamiento del ojo humano y su relación con la formación de imágenes, ley de Snell, refracción en distintos medios, reflexión en otros elementos, en fin, la óptica es una rama de la física que permite indagar de una manera muy amplia distintos cuestionamientos que quedan abiertos para una próxima comprensión del fenómeno, considerando que con el trabajo desarrollado es posible continuar este trabajo en términos de una explicación o plano cuantitativo que posibilite otra forma de organizar las comprensiones en torno a las cualidades de la imagen.

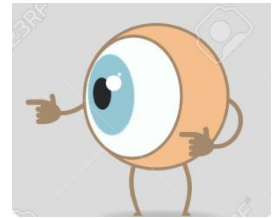
## BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, M., Romero, A., Malagón, J., Rodríguez, O., Aguilar, Y. y Garzón, M. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción de conocimiento sobre los fenómenos físicos. Bogotá, Colombia: Kimpres
- Alejandro Sánchez Yalí, W. G. (2009). Estrategias de análisis de guión: reconocimiento y diferenciación de las perspectivas con las que se describen y explican los fenómenos al conceptualizar la noción de esfuerzo en maestros en formación. (Mografía presentada para optar por el título de licenciado en matemáticas y física, universidad de antioquia.) Medellín.
- Arca, M. G. (1990). Enseñar Ciencia. Cómo empezar reflexiones para una educación científica de base. Barcelona: Paidós Educador.
- Castillo, J. C. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. Rollos nacionales, 73-80
- Gagliardi M. Giordano. E. (2006). Un sitio web para la aproximación fenomenológica. Enseñanza de las ciencias, 139-146.
- Gómez, A. L., Flórez. I. D (2012). Construcción de explicaciones desde la experiencia (Tesis de Maestría). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- González-Cano, A. (2015). Alhacén: una revolución óptica. Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura, 13.
- Hernández G((2008). La interacción luz – objeto – observador como campo experiencial para la comprensión de la formación de imágenes (Tesis de Especialización). Universidad pedagógica nacional. Bogotá, Colombia
- Malagón, J. F. (2002). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. Bogotá: Departamento de Física, UPN, Colombia
- Malagón S, Ayala, M, Sandoval, S. (2011). El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Malagón S, Ayala, M, Sandoval, S (2013). La actividad experimental; construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

- Malagón,S. (2013). The experimental activity: Construction of phenomenologies. Praxis Filosófica Nueva serie, No. 36. Universidad Pedagógica Nacional , 119 - 138.
- Lindberg, D. C. (1976). Thories of vision from Al Kindi to Kepler. United States of America: Allen G. Debus.
- Lindberg, D. C. (2011). Alhazen's Theory of Vision and Its Reception in the West. The History of Science Society , 321-341.
- P., E. E. (2006). Esempi di interferenze costruttive tra matematica e fisica per il successo formativo nella scuola di base: la proporzionalit. . Studi di Milano- Bicocc , 16.
- Penteado, A. (Fecap), P. d. (2007). Os fundamentos da óptica geométrica de Johannes Kepler. Scientiae Studia . Scielo. P Brasil.
- Pozo, J. I. (1997). Teorías cognitivas ara el aprendizaje.Cap. 8. Enfoques para la enseñanza de la ciencia. Madrid: Morata.
- SABRA, A. I. (1989). The optics of ibn al-haytham, books I - III on direct vision. London: w. S. Maney and son limited, leeds.
- Suárez, C. A. (2012). El problema de alhacén. Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia , 251-276.
- Valenzuela, J. Flores, M. (2012) Fundamentos de investigación educativa. Volumen 2. Escuela de graduados en educación
- Viennot., L. (2002). Razonar en física, la contribución del sentido común. Antonio machado.
- Donahue, W. (2000). Johannes Kepler, Optics. Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy. Santa Fe, New Mexico: 229.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1: Módulo sobre la formación de las imágenes**



***La comprensión del ver, ¿Cómo vemos?, cuestionamiento que permite indagar sobre las relaciones fundamentales e importantes en la construcción inicial de la manera como comenzamos a observar los objetos y así mismo reconocer las imágenes, el ver una imagen y pensar en la manera o en los factores que influyen en el mismo son de carácter necesario para llegar a la comprensión sobre la formación de las imágenes.***

### FASE I

### ¿CÓMO VEMOS?

#### 1. Observemos el objeto

¿Cómo ocurre la percepción de los objetos?

#### Materiales

-Tubo de PVC

-Objeto

-Linterna

#### Procedimiento #1

1. En un lugar con iluminación, ubica tu ojo en un orificio del tubo de Pvc y coloca un objeto a diferentes distancias del otro extremo del tubo de PVC, así: 0cm, 5cm, 10cm, 15cm y 20 cm.

¿Cómo ves el objeto a las diferentes distancias?

distancias	0cm	5cm	10cm	15cm	20cm
Observación (realiza una descripción de que tamaño observas el objeto y si ves que cambia alguna característica del mismo )					

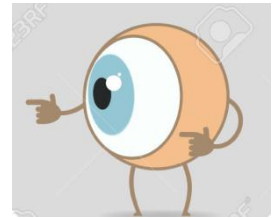
#### Preguntas asociadas:

¿A medida que varías las distancias, observas de igual tamaño, color al objeto?

---

---

---



¿Qué percibes si ahora ubicas el objeto en otro lugar distinto al que se encuentra frente al tubo de PVC?, explica.

---

---

¿Por qué es importante colocar el objeto frente al tubo de PVC?

---

---

---

## 2. ¿Dónde está el observador?

### Materiales

-Tubo de PVC

-Objeto

-Linterna

### Procedimiento #2

En un lugar con iluminación, ubica tu ojo en un orificio del tubo de Pvc y coloca un objeto a diferentes distancias del otro extremo del tubo de PVC, así: 0cm, 5cm, 10cm, 15cm y 20 cm.

Luego sal del lugar, ¿ves el objeto que colocaste al principio?

---

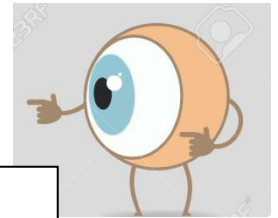
---

### Preguntas asociadas:

¿Cuáles son las condiciones que se requieren para que puedas ver el objeto que dejaste en el otro lugar?

---

---



Realiza un dibujo en el cuál muestres las condiciones que se requieren para ver el objeto

### 3. ¿Qué se hizo mi objeto?

#### **Materiales**

-Tubo de PVC

-Objeto

-Linterna

#### **Procedimiento #3**

En un lugar con iluminación, ubica tu ojo en un orificio del tubo de Pvc y ahora retira el objeto que estabas observando desde la experiencia número 1.

¿Puedes ver el objeto con el cual ha realizado las experiencias? Justifica.

---

---

Realiza un gráfico que muestre hasta el momento que elementos son importantes para ver un objeto.

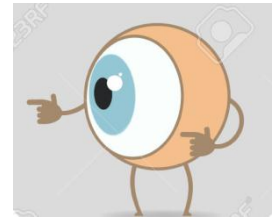
#### **Materiales**

-Tubo de PVC

-Objeto

-Linterna





#### **Procedimiento #4**

En un lugar con iluminación, ubica tu ojo en un orificio del tubo de Pvc y coloca un objeto a diferentes distancias del otro extremo del tubo de PVC, así: 5cm y 10cm, pero ahora, realicemos las siguientes experiencias:

##### **Experiencia 1**

-Qué ocurre si “encerramos” la parte donde se encuentra nuestro ojo, de tal manera que ahora no incida la luz en este lugar y colocamos incidencia de luz en objeto que se encuentra al otro lado de la abertura.

¿Observas el objeto en ambas distancias?, explica.

---

---

##### **Experiencia #2**

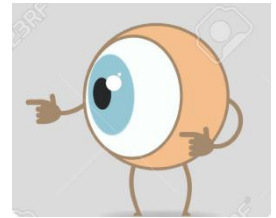
¿Qué ocurre si colocamos incidencia de luz en el ojo y en ese extremo ubicamos una abertura del tubo de PVC, mientras que por el otro extremo del tubo colocamos el objeto y lo “encerramos” de tal manera que no incida luz sobre él?

¿De qué manera, la incidencia de la luz es importante para poder ver los objetos?

---

---

**Dibuja y explica cada uno de los elementos que se requieren para ver los objetos.**



## 5. Mírate en tu celular

Una herramienta hoy por hoy muy utilizada como medio de comunicación es el celular, pero, este dispositivo no solamente sirve para comunicarnos, también, en algún momento lo hemos utilizado para mirarnos en él sin ni siquiera tener la necesidad de prenderlo.

### Procedimiento #5

En un lugar que se encuentre totalmente oscuro, toma tu celular y mira su pantalla sin necesidad de encenderlo.

¿Puedes observar el celular?

---

---

Ahora, en un lugar que se encuentre iluminado, observa la pantalla de tu celular sin encenderlo,

¿Puedes ver tu celular? \_\_\_\_\_, ¿Puedes verte en la pantalla de tu celular? \_\_\_\_\_

¿Qué elementos necesitas para ver el celular?

---

---

---

¿Qué elementos necesitas para verte en la pantalla de tu celular?

---

---

---



## FASE 2

### UNA NOCHE EN TINIEBLAS



Figura 1. Adaptado de "<http://www.entreelcaosyelorden.com/2011/11/snoopy-y-sus-amigos-historia-personajes.html>,

Patri Caos.

Si la incidencia de la luz es importante en la formación de las imágenes al igual que los demás elementos, ¿Cómo es su trayectoria hacia el objeto y desde el objeto? Para identificar este cuestionamiento, realicemos varias experiencias.

#### 1. Jugando a las sombras

##### Materiales

- objeto
- Linterna
- Hoja milimetrada



**Experiencia # 1**

**Procedimiento**

En un lugar oscuro, enciende la linterna y toma el objeto de tal manera que se interponga entre la luz de la linterna y una pantalla (tela, hoja blanca o milimetrada). Ubica el objeto a diferentes distancias de la pantalla iniciando en 0cm de la misma, ¿Qué observas en la pantalla?, registra tus observaciones en el siguiente cuadro teniendo en cuenta las características de tamaño en relación con la incidencia de la luz en el objeto.

Distancia objeto – linterna. 0cm	Distancia Objeto- linterna. _____cm	Distancia Objeto – linterna. _____cm	Distancia Objeto – linterna. _____cm	Distancia Objeto – linterna. _____cm
Características:	Características:	Características:	Características:	Características:



¿De que tonos observas lo que ves en la pantalla de acuerdo a los cambios que realizaste en las distancias?

---

---

---

Representa gráficamente cómo consideras que es la trayectoria de la luz desde la linterna hacia el objeto y hacia la pantalla en cada una de las variaciones que realizaste en la distancia del objeto con respecto a la pantalla.

---

---

---

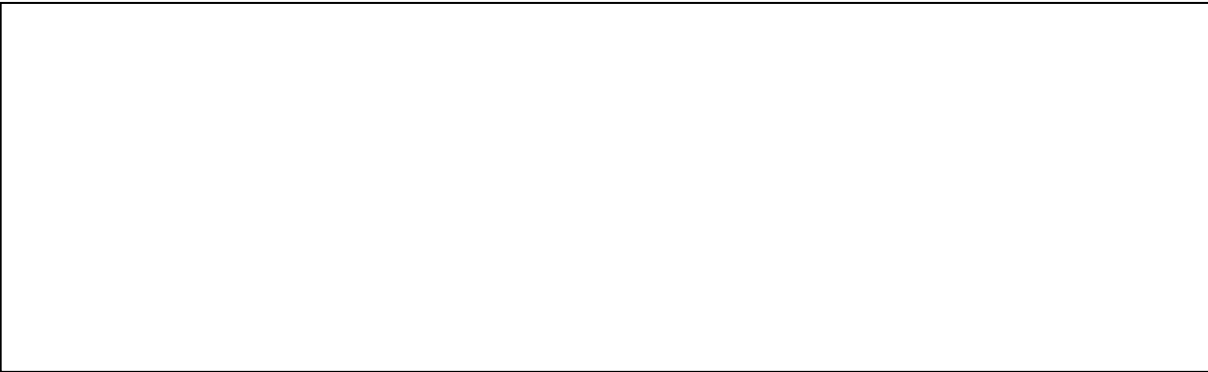
Estando en el mismo cuarto oscuro, ahora guarda el objeto y únicamente utiliza la linterna y la pantalla así: enciende la linterna frente a la pantalla y varía las distancias que desees con respecto a la pantalla. Realiza una descripción de la manera como incide la luz en la pantalla y que forma geométrica sigue su recorrido desde la linterna hasta la pantalla.

---

---

---

Si la luz viaja desde la linterna hasta la pantalla, dibuja la trayectoria que consideras que realiza la luz.



Realiza un gráfico que muestre cómo **sale** la luz desde la linterna hacia la pantalla.





## Experiencia # 2

### Penumbra y sombra

Reconociendo ahora lo que ocurre y cómo observamos los objetos y lo que nos rodea, comienza a hacer figuras en la pantalla (ahora la pantalla son hojas blancas) con tus manos y alúmbralas con la linterna, recuerda estar en un lugar con total oscuridad.

Coloca la linterna a diferentes distancias de un animal que quieras hacer con tus manos, creando sombras en la pantalla.

¿Qué relaciones encuentras entre la variación de la distancia y la forma de la figura?

---

---

---

¿Cuál es la razón por la cual observas la sombra con cierta intensidad u “oscuridad”?

---

---

Dibuja como viaja la luz hacia tus manos y cómo viaja hacia la pantalla cuando juegas a hacer figuras en la pantalla.

¿Cuáles son las condiciones necesarias para que aparezca la penumbra en la figura que estás haciendo con tus manos en la pantalla?



---

---

---

## 2. La cámara oscura

### Materiales

- Caja de cartón de gelatina.
- 1 hoja de Papel mantequilla - hoja milimetrada.
- cinta.
- Tijeras, bisturí.
- Tempera negra

### Montaje de la cámara oscura

- a. En la caja de cartón con ayuda de las tijeras quita una de las caras.
- b. Pinta su interior con tempera negra
- c. Abre un orificio con una aguja al lado opuesto donde quitaste una de sus caras.
- d. Coloca la hoja milimetrada o papel mantequilla en la cara donde quitaste el cartón.

### Procedimiento # 1

Ubica frente al orificio de la cámara la linterna encendida, Describe lo que observas al lado opuesto de la misma

---

---

---

---





La forma que observas en la pantalla de la cámara cuando incide al frente del orificio la luz de la linterna consideras que se da así por la forma del orificio o por la forma de la linterna. Explica.

---

---

### Procedimiento # 2

Ahora, en medio de la cámara y la linterna coloca un objeto, ¿Puedes ver la luz de la linterna en la pantalla de la cámara?\_\_\_\_\_, ¿Qué está ocurriendo en la trayectoria de la luz para que suceda lo que estás observando?

---

---

---

---

### Procedimiento # 3

Ubica unas tijeras de color frente al orificio de la cámara oscura y en la parte superior haz incidir la luz de la linterna hacia las tijeras, de tal manera que las tijeras queden iluminadas.

Observa la pantalla de la cámara oscura y comienza a variar las distancias de tal manera que puedas observar las tijeras que colocaste frente a la cámara.

¿A qué distancia puedes observar la imagen del mismo tamaño de las tijeras?

---

¿Qué variables permiten que se vea afectado el tamaño de la imagen con respecto al de las tijeras?

---

---



De acuerdo con tus observaciones, Realiza un gráfico que muestre la manera cómo la luz realiza todo su recorrido desde cuando sale de la linterna hasta que se forma la imagen.

**Concluye**

De acuerdo con todas las experiencias ¿Cómo es la trayectoria de la luz?

---

¿Qué condiciones se requieren para formar una imagen?

---

---

---

El orificio de la cámara oscura permite que la luz que ingresa en él forme la imagen del objeto, ¿En términos geométricos puedes dar una explicación a lo que ocurre?

---

---

---

A partir de las actividades desarrolladas define que es una imagen

---

---

**FASE 3**  
**JUEGA CON LAS IMÁGENES**



*La formación de imágenes a través de otros medios suscita otras preguntas o interrogantes: ¿Qué medios podemos utilizar para el estudio de la refracción?, ¿En realidad qué principio fundamenta que la trayectoria de la luz “atraviesa” los medios transparentes diferentes al aire? ¿Cómo es la trayectoria al atravesar el material? ¿Cómo se forma la imagen?, por lo cual indagaremos acerca de éste fenómeno “la refracción” y la formación de imágenes.*

---

**Práctica con lentes**

**Materiales**

- Lente biconvexo
- Lente bicóncavo
- Lente plano convexo
- Lente plano cóncavo
- Lente Menisco convexa
- Lente menisco cóncava
- Rectángulo de cartón del tamaño de una hoja carta
- hoja blanca tamaño carta –pegastick

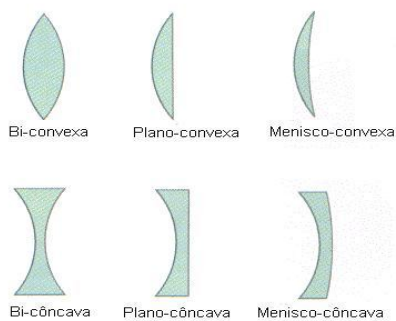


Imagen [lentes]. Carlos Eduardo Ramos B. Recuperado de <http://www.infoescuela.com/wp-content/uploads/2011/02/fig14-4.jpg>

**Procedimiento para realizar la pantalla:** Sobre el rectángulo de cartón pega la hoja tamaño carta blanca.



**Procedimiento #1**

Utilizando la lente biconvexa, en un lugar donde exista ingreso de luz (por medio de una ventana), ubica la pantalla frente a la ventana, entre la pantalla y la ventana coloca el lente y comienza a variar las distancias hasta que encuentres la imagen lo más nítida posible.

Describe las características de la imagen en términos de “derecha e invertida”, “color”, tamaño.

---

---

---

---

---

---

---

---

Sal a un lugar abierto, en el cuál la intensidad lumínica es mayor y realiza experiencia como la anterior, describe las características de la imagen en términos de “derecha e invertida”, “color”, tamaño.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Concluye**

De los ejercicios desarrollados, ¿Qué puedes concluir de la variación de la intensidad lumínica con respecto al brillo de la imagen?

---

---



---

---

Realiza un gráfico donde relaciones los factores que estamos estudiando: Intensidad lumínica vs brillo de la imagen.

¿Cómo se observa la imagen en los tres ejercicios respecto a “derecha e invertida”? ¿Qué relación encuentras entre la formación de imágenes con el lente y la formación de la imagen con la cámara estenopéica?

---

---

---

---

¿Cuál es la diferencia de utilizar el estenopo y el lente para formar una imagen?

---

---

---

---

Realiza un bosquejo donde muestres los elementos y se vean las condiciones que se requieren para formar una imagen con la cámara estenopéica.



Realiza un bosquejo donde muestres los elementos y se vean las condiciones que se requieren para formar una imagen con lentes

Recuerda cuál es el lugar en el que se forma la imagen con menor brillo y ubícate allí para realizar tus observaciones con los demás lentes.

Utiliza el lente biconcavo en medio de la pantalla y la ventana y comienza a variar las distancias de tal manera que encuentres la imagen con la mayor nitidez posible.

A qué distancia de la pantalla debe estar el lente para poderla observar? \_\_\_\_\_

Si la distancia entre la pantalla y el lente es menor (a la mitad, un tercio...) al que encontraste anteriormente, ¿Qué le ocurre a la imagen?

---

---

---

---

Si la distancia entre la pantalla y el lente es mayor (el doble, el triple...) que el primer dato que encontraste, ¿Qué cambios tiene la imagen?

---

---

---

---

¿En qué condiciones la imagen se observa invertida?



---

---

¿En qué condiciones se observa más grande o más pequeña?

---

---

---

En un gráfico muestra la manera cómo consideras que se forma la imagen con las características que observaste.

En el mismo lugar que desarrollaste el ejercicio anterior, utiliza el lente plano convexo en medio de la pantalla y la ventana y comienza a variar las distancias de tal manera que encuentres la imagen con la mayor nitidez posible.

A qué distancia de la pantalla debe estar el lente para poderla observar? \_\_\_\_\_

Si la distancia entre la pantalla y el lente es menor (a la mitad, un tercio...) al que encontraste anteriormente, ¿Qué le ocurre a la imagen?

---

---



---

---

Si la distancia entre la pantalla y el lente es mayor (el doble, el triple..) que el primer dato que encontraste, ¿Qué cambios tiene la imagen al variar las distancias?

---

---

---

---

¿En qué condiciones la imagen se observa invertida?

---

---

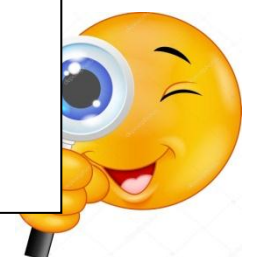
¿En qué condiciones se observa más grande o más pequeña?

---

---

---

En un gráfico muestra la manera cómo consideras que se forma la imagen con las características que observaste.





A qué distancia de la pantalla debe estar el lente para poderla observar con nitidez? \_\_\_\_\_

Si la distancia entre la pantalla y el lente es menor (a la mitad, un tercio...) al que encontraste anteriormente, ¿Qué le ocurre a la imagen?

---

---

---

---

Si la distancia entre la pantalla y el lente es mayor (el doble, el triple..) que el primer dato que encontraste, ¿Qué cambios tiene la imagen?

---

---

---

---

¿En qué condiciones la imagen se observa invertida?

---

---

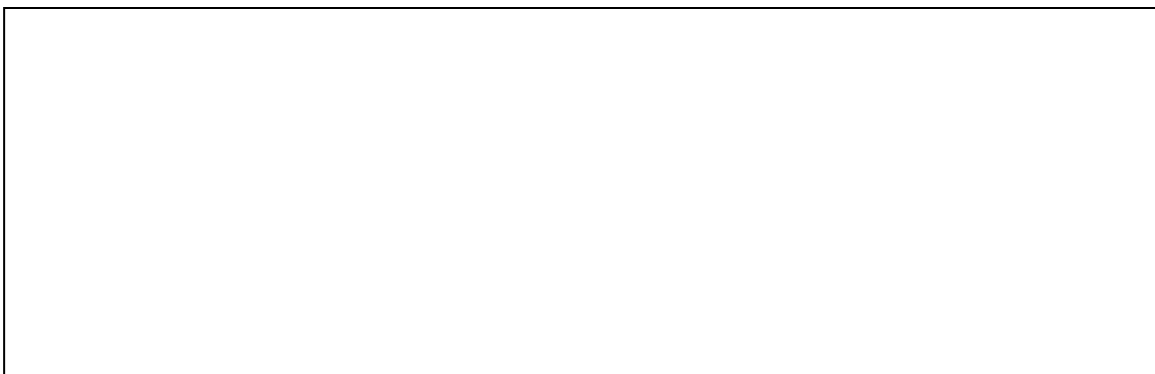
¿En qué condiciones se observa más grande o más pequeña?

---

---

---

En un gráfico muestra la manera cómo consideras que se forma la imagen con las características que observaste.





Para el lente menisco convexo realiza el mismo procedimiento anterior y responde

A qué distancia de la pantalla debe estar el lente para poderla observar con nitidez? \_\_\_\_\_

Si la distancia entre la pantalla y el lente es menor (a la mitad, un tercio...) al que encontraste anteriormente, ¿Qué le ocurre a la imagen?

---

---

---

---

Si la distancia entre la pantalla y el lente es mayor (el doble, el triple..) que el primer dato que encontraste, ¿Qué cambios tiene la imagen?

---

---

---

---

¿En qué condiciones la imagen se observa invertida?

---

---

¿En qué condiciones se observa más grande o más pequeña?

---

---

En un gráfico muestra la manera cómo consideras que se forma la imagen con las características que observaste.



Para el lente menisco – cóncavo responde:

A qué distancia de la pantalla debe estar el lente para poderla observar con nitidez? \_\_\_\_\_

Si la distancia entre la pantalla y el lente es menor (a la mitad, un tercio...) al que encontraste anteriormente, ¿Qué le ocurre a la imagen?

---

---

---

---

Si la distancia entre la pantalla y el lente es mayor (el doble, el triple...) que el primer dato que encontraste, ¿Qué cambios tiene la imagen?

---

---

---

---

¿En qué condiciones la imagen se observa invertida?

---

---

¿En qué condiciones se observa más grande o más pequeña?

---

---

En un gráfico muestra la manera cómo consideras que se forma la imagen con las características que observaste.



**Concluye**

¿Con cuales lentes observaste la imagen en la pantalla?

---

De todas las experiencias anteriores, ¿Qué variables o factores (aparte de la luz, objeto, observador y lente) permiten o no la formación de la imagen?

---

---

---

---

¿Qué crees que está ocurriendo con la imagen cuando no la lograbas recoger en la pantalla?

---

---

---

¿Cuándo la imagen no se recoge en la pantalla deja de existir?, explica.

---

---

Organiza en un cuadro las diferencias encontradas en las características de las imágenes con cada uno de los lentes, puedes escribir o graficar para tal fin.

LENTE	LENTE CÓNCAVO
TAMAÑO	
COLOR	

<b>DISTANCIA</b>	
<b>POSICIÓN O DIRECCIÓN</b>	
<b>LENTE</b>	<b>LENTE CONVEXO</b>
<b>TAMAÑO</b>	
<b>COLOR</b>	



<b>DISTANCIA</b>	
<b>POSICIÓN O DIRECCIÓN</b>	
<b>LENTE</b>	<b>PLANO CONCAVO</b>
<b>TAMAÑO</b>	
<b>COLOR</b>	

<b>DISTANCIA</b>	
<b>POSICIÓN O DIRECCIÓN</b>	
<b>LENTE</b>	<b>PLANO CONVEXO</b>
<b>TAMAÑO</b>	
<b>COLOR</b>	

<b>DISTANCIA</b>	
<b>POSICIÓN O DIRECCIÓN</b>	
<b>LENTE</b>	<b>MENISCO CONCAVO</b>
<b>TAMAÑO</b>	
<b>COLOR</b>	



<b>DISTANCIA</b>	
<b>POSICIÓN O DIRECCIÓN</b>	
<b>LENTE</b>	<b>MENISCO CONVEXO</b>
<b>TAMAÑO</b>	
<b>COLOR</b>	

<b>DISTANCIA</b>	
<b>POSICIÓN O DIRECCIÓN</b>	

**Observa un objeto a través del lente biconvexo, variando la distancia del lente con respecto a tu ojo. ¿Siempre observas la imagen en la misma dirección (derecha o invertida)?, ¿Por qué crees que ocurre lo que estas observando?**

---



---



---



---

**Observa un objeto a través del lente bicóncavo, variando la distancia del lente con respecto a tu ojo. ¿Siempre observas la imagen en la misma dirección (derecha o invertida)?, ¿Por qué crees que ocurre lo que estas observando?**

---

---

---

---

**CONCLUYE**

¿Qué condiciones afectan las características de la imagen?

---

---

---

---

---

¿En qué tipos de lentes se recoge la imagen en la pantalla (imagen real)?

---

---

---

¿En qué tipos de lentes NO se recoge la imagen en la pantalla (imagen virtual)?

---

---

---

Cuando observas a través del lente biconvexo y te das cuenta que al acercarlo a tu ojo la imagen es derecha y al alejarlo es invertida, ¿Cómo asocias este hecho a las observaciones que realizaste en la pantalla?

---

---

---

---

**FASE 4**  
**MIRATE AL ESPEJO**

¿Cómo se forma la imagen que vemos en los espejos?

**Materiales**

- espejo cóncavo
- espejo convexo
- Espejo plano

**Procedimiento 1**

1. Ubica frente a un es frente al espejo convexo, ¿cómo te ves?

Realiza una descripción en cuanto al tamaño, el color, la distancia y la dirección o posición.

---


---

---

---

---

Realiza un gráfico que muestre cómo consideras que se forma la imagen en el espejo convexo.



**Procedimiento 2**

1. Ubica frente a un es frente al espejo cóncavo, ¿cómo te ves?

Realiza una descripción en cuanto al tamaño, el color, la distancia y la dirección o posición.

---

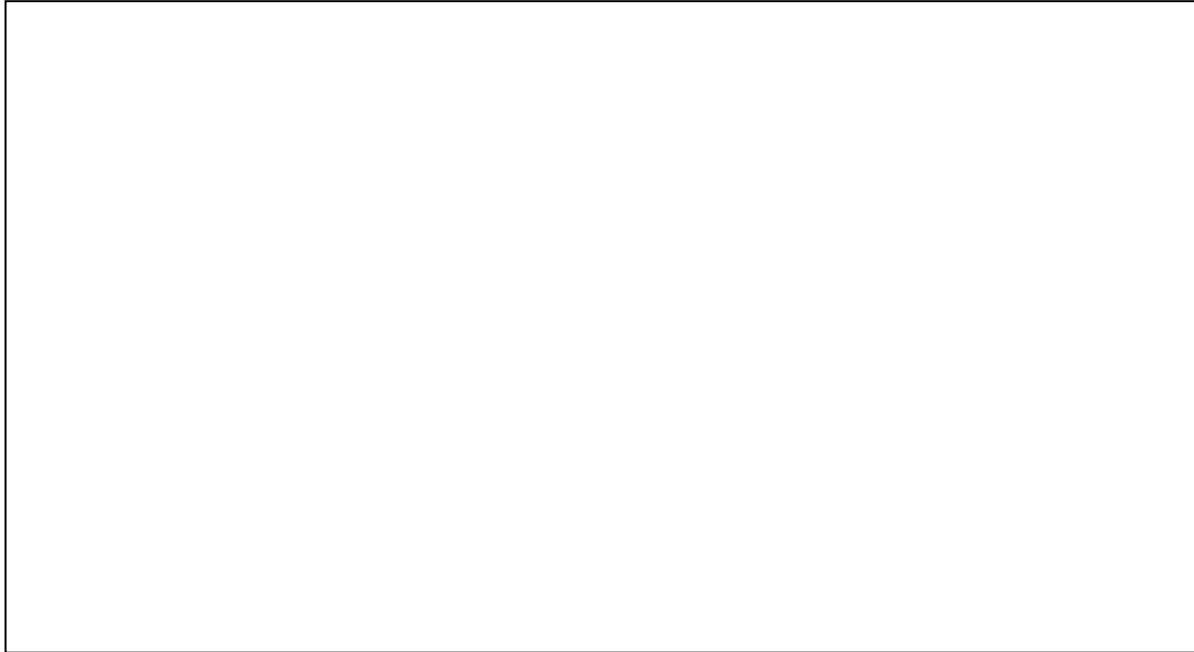
---

---

---

---

Realiza un gráfico que muestre cómo consideras que se forma la imagen en el espejo cóncavo.



**Procedimiento 3**

1. Ubica frente a un es frente al espejo plano, ¿cómo te ves?

Realiza una descripción en cuanto al tamaño, el color, la distancia y la dirección o posición.

---

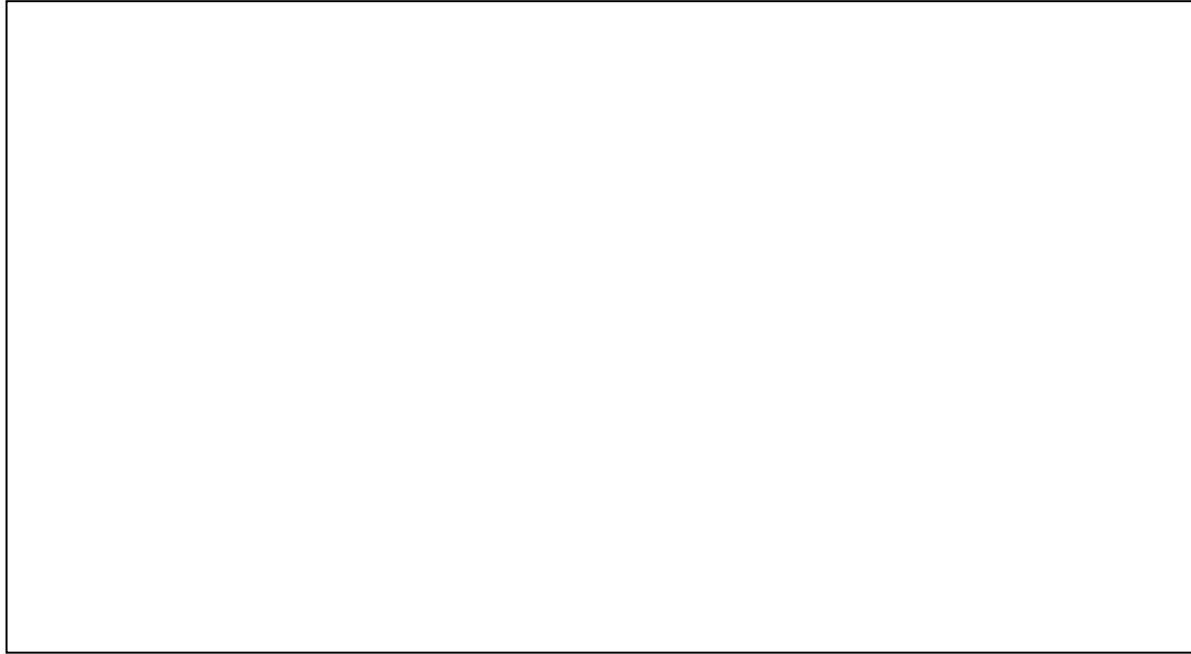
---

---

---

---

Realiza un gráfico que muestre cómo consideras que se forma la imagen en el espejo plano.



**Concluye:**

**Qué características tiene una imagen?**

---

---

---

---

---

**A partir de las experiencias, ¿Cómo puedes reconocer que una imagen es virtual o real?**

---

---

---

---

**FASE 5**

## **IMAGINA Y RECREA**

En grupo elige un instrumento óptico y constrúyelo de tal manera que implique un desafío, argumentándolo desde los elementos de trabajo desarrollados.

- 1. Estereoscopio**
- 2. Telescopio**
- 3. Periscopio**
- 4. Caleidoscopio**
- 5. Catalejo**