

ALGUNAS EXPLICACIONES SOBRE LA REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ
DESDE LAS EXPERIENCIAS DE LAS ESTUDIANTES DE GRADO UNDÉCIMO

MARLON CAMILO ALDANA BOADA.

LINA DEL PILAR HERNÁNDEZ SEPÚLVEDA.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS PARA EL NIVEL BÁSICO.

BOGOTÁ D.C.

2020

ALGUNAS EXPLICACIONES SOBRE LA REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ
DESDE LAS EXPERIENCIAS DE LAS ESTUDIANTES DE GRADO UNDÉCIMO

MARLON CAMILO ALDANA BOADA.

LINA DEL PILAR HERNÁNDEZ SEPÚLVEDA.

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTAS EN DOCENCIA
DE LAS CIENCIAS PARA EL NIVEL BÁSICO

ASESORES

LILIANA TARAZONA VARGAS.

FRANCISCO JAVIER OROZCO GONZÁLEZ.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL.

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

ESPECIALIZACIÓN EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS PARA EL NIVEL BÁSICO.

BOGOTÁ D.C.

2020

“Ningún gran descubrimiento se hizo sin una audaz suposición”

Isaac Newton.

“Para todos los efectos, declaramos que el presente trabajo es original y de nuestra total autoría: en aquellos casos en los cuales hemos requerido del trabajo de otros autores e investigadores, hemos dado los respectivos créditos”

Marlon y Lina.

Agradecimientos - Marlon...

*Para todas las personas que ven a la educación como una fuente inagotable de
conocimiento y felicidad*

*A mi pareja por su apoyo y amor incondicional lo cual fue indispensable en este proceso, a mis
padres como los principales motores de mi vida y por supuesto a todos los docentes que han
promovido en mí el amor por las ciencias y la educación.*

Dedicatoria - Marlon...

A mis padres y mi pareja.

Agradecimientos - Lina...

A Él y a mis Ángeles.

*A mi Padre y Madre por su amor y apoyo incondicional, para que este proceso se llevara a cabo,
a Mauro y a Luisa por su amistad y solidaridad, al Pensador Imaginario (PI) por estar en los
momentos importantes.*

A toda mi familia por apoyarme.

*A los maestros Liliana y Javier por su paciencia, constancia y fortalecer la construcción de las
ideas de este trabajo.*

Dedicatoria - Lina...

A Él.

Índice

Introducción	1
1. Contexto de origen.....	4
2. Algunas descripciones de la luz	7
2.1 Algunas representaciones en la historia sobre la luz	8
2.1.1 Representación de Euclides	9
2.1.2 Representación de Claudio Ptolomeo	11
2.1.3 Representación de Ibn al-Haytham (Alhazen).....	13
2.1.4 Representación de Kepler	15
2.1.5 Representación de Isaac Newton	17
2.2 La reflexión y refracción de la luz.....	20
2.2.1 Algunas explicaciones sobre la reflexión	20
2.2.2 Algunas explicaciones sobre la refracción de la luz	25
3. Acerca de la experiencia y el experimento.....	30
4. Planeando la propuesta de clase	34
4.1 Diseño y desarrollo de los momentos.....	34
5. Implementación de la propuesta de aula	41
5.1 Análisis de la implementación.....	41
5.1.1 Análisis del momento 1: identificando los principales aspectos en la acción de ver	41
5.1.2 Análisis del momento 2: la dirección de la luz	52
5.1.3 Análisis del momento 3 y 4: la reflexión de la luz.....	58
5.1.4 Análisis del momento 5, 6 y 7: la refracción de la luz.....	71
6. Conclusiones	83
Referencias	86

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Representación de la reflexión y refracción de la luz.	4
Ilustración 2. Representación cónica de la luz según Euclides.	10
Ilustración 3. Ejemplo de un observador mirando un árbol de frente a una distancia de 100 m y de 1 m, según las ideas de Euclides	11
Ilustración 4. Experimento que realizó Ptolomeo para medir los ángulos de incidencia y ángulos de refracción.....	13
Ilustración 5. Representación de Alhazen de las fuentes primaria y secundaria de luz.....	14
Ilustración 6. Representación de Kepler sobre cómo se ven las imágenes a través de una cámara de una cámara oscura.....	16
Ilustración 7. Representación de una fuente puntual emitiendo luz en todas direcciones junto a un observador que la percibe cuando llega a él.....	17
Ilustración 8. Luz de una fuente primaria cambiando de dirección y llegando al observador cuando incide en una ficha de dominó que actúa como fuente secundaria.....	21
Ilustración 9. Observador cambiando de posición para poder ver la ficha de dominó.....	22
Ilustración 10. Fotografía de la experiencia en torno a los alfileres y al espejo.....	24
Ilustración 11. Vista superior (A) fotografía y (B) representación del observador cuando ve una ficha de dominó desde diferentes ángulos.....	27
Ilustración 12. Fotografía del experimento 2.....	65

Índice de Tablas

Tabla 1. Valores obtenidos por Ptolomeo, los ángulos están en grados	12
Tabla 2. Descripción de los momentos de la propuesta de aula.....	35
Tabla 3. Análisis sobre las representaciones en torno a la relación luz – objeto en cuanto a la acción de ver.	44
Tabla 4. Análisis sobre las representaciones en torno a la relación objeto – observador en cuanto a la acción de ver.....	46
Tabla 5. Análisis sobre las representaciones en torno a la relación luz – objeto – observador en cuanto a la acción de ver.	49
Tabla 6. Explicación de las estudiantes sobre la dirección de la luz, los objetos opacos y no opacos y algunas ideas base sobre la reflexión de la luz.....	54
Tabla 7. Explicaciones sobre la experiencia, con base en la pregunta: ¿La luz del bombillo ilumina todos los objetos que están en la habitación? y su respectiva representación.....	56
Tabla 8. Algunas explicaciones elaboradas por las estudiantes con base en la experiencia 3.....	60
Tabla 9. Representación y análisis de la experiencia 4 del momento 3.....	61
Tabla 10. Representaciones elaboradas por las estudiantes del experimento 2.....	66
Tabla 11. Análisis de algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz.	68
Tabla 12. Análisis sobre algunos comentarios con respecto a los momentos 5, 6 y 7.	74
Tabla 13. Análisis sobre las representaciones en torno al material opaco y su influencia en el observador.....	78
Tabla 14. Análisis sobre las representaciones en torno a la caracterización del fenómeno de la refracción y algunas explicaciones	80

Índice de Anexos

Anexo A. Descripción de las actividades.....	88
Anexo B. Discusiones de la video llamada del momento 1	103
Anexo C. Discusiones de las video llamadas de los momentos 1, 2 y 3.....	108
Anexo D. Discusiones de las video llamadas de los momentos 2, 3 y 4.....	112
Anexo E. Discusiones de las video llamadas de los momentos 5 y 6	115
Anexo F. Discusiones de las video llamadas del momento 7	118
Anexo G. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 1	123
Anexo H. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 2	127
Anexo I. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 3.....	129
Anexo J. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 4.....	132
Anexo K. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 5	135
Anexo L. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 6.....	139
Anexo M. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 7.....	141
Anexo N. Pantallazo de la Página Web.....	146
Anexo Ñ. Pantallazos de algunas vídeo llamadas con las estudiantes de grado undécimo	147

Introducción

El presente trabajo es un estudio sobre las explicaciones que se generaron a través de la ampliación de experiencias y elaboración de experimentos sobre los fenómenos¹ ópticos de la reflexión y refracción de la luz a partir de los aspectos que permiten ver un objeto. Principalmente se presenta el proceso de indagación y construcción de aspectos que orientaron el diseño, implementación y análisis de una propuesta de aula que les permitió a las estudiantes ampliar sus experiencias y conocimientos sobre los fenómenos mencionados anteriormente.

Se abordaron aspectos principales que se describieron en los trabajos de algunos personajes a través de la historia, como lo son: Euclides, Ptolomeo, Alhazen, Kepler y Newton. Dentro de estos, se destacan algunos aspectos iniciales que permitieron la construcción de explicaciones por medio de experiencias y experimentos desarrollados en el presente escrito como: el rol del observador, su ubicación, las fuentes de luz, primarias y secundarias, materiales opacos y no opacos, entre otros. Con el desarrollo de este trabajo es pertinente mencionar que para la enseñanza de las ciencias reconocer y vincular las experiencias de las estudiantes, permite que a través de estas se logre identificar ideas de ellas, las cuales tienen como objetivo ampliar su conocimiento, además, establecer relaciones entre lo que se observa y lo que se representa como una forma de discusión en el aula de clases. Con esto, luego se acuden a formas de representación y explicación que dan cuenta de la experiencia y la comprensión de experimentos, que posibilitan que en el aula se construyan los fenómenos ópticos abordados en el presente trabajo.

Con respecto a lo anterior, en este trabajo se abordaron algunos criterios para orientar una propuesta de aula con estudiantes de grado undécimo del Colegio Nuestra Señora de Nazareth. En la implementación y sistematización de la propuesta se resalta que a través de sus experiencias y desarrollo de experimentos lograron ampliar las maneras de explicar y representar los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, además, de reconocer la importancia de algunos aspectos que permiten el análisis de dichos fenómenos, logrando darles una organización a sus explicaciones.

¹ Se refiere a fenómenos como los diferentes momentos y experiencias que se pueden encontrar en el mundo natural (Ayala, 2006).

El documento se desarrolla en 5 Capítulos, en el primero, ***contexto de origen***, se presenta la forma como generalmente se representa y explica los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz en la enseñanza de la óptica en libros de texto y páginas web, se problematiza el papel de algunos aspectos que son importantes para tener en cuenta en el estudio de dichos fenómenos. Por otro lado, se presenta la pregunta problema, la cual permitió darle orientación al trabajo, también los ejes centrales, los cuales permitieron organizar la construcción y desarrollo de este, como lo son: algunos aspectos históricos, experiencias y experimentos y explicaciones de las estudiantes. Lo anterior, permitió que se produjeran explicaciones con un lenguaje cotidiano que las estudiantes utilizan en su diario vivir para referirse a los fenómenos ópticos, así mismo esto generó una ampliación de su conocimiento, en especial en la enseñanza de las Ciencias. De igual forma, se describe un objetivo que se propone en la investigación y la metodología que guía este trabajo y finalmente las etapas presentadas en el desarrollo de ésta.

En el segundo capítulo, ***algunas descripciones sobre la luz***, por un lado, se describe el estudio del comportamiento de la luz y algunos aspectos que están relacionados con la acción de ver un objeto, tomando como referentes a Euclides, Ptolomeo, Alhazen, Kepler y Newton. Estos personajes históricos realizaron un trabajo pertinente con relación a los aspectos anteriormente mencionados, los cuales permiten llegar a generalidades y explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz. En este trabajo, se destacan algunos aspectos como: el rol del observador, su ubicación, las fuentes de luz, primarias y secundarias, materiales opacos y no opacos, entre otros. Por otro lado, se realiza una fundamentación y descripción sobre la reflexión y refracción de la luz abordadas desde algunas situaciones de estudio.

En el tercer capítulo, ***acerca de la experiencia y el experimento***, se muestran algunas descripciones en torno a estos, que permitieron identificar el rol que tienen en el diseño, implementación y sistematización de la propuesta de aula, ya que estas ideas permitieron orientar las actividades que se trabajaron con las estudiantes.

En el cuarto capítulo que se titula ***planeando la propuesta de clase***, se presenta el diseño de la propuesta de aula, la cual se implementó con estudiantes de grado undécimo del colegio Nuestra Señora de Nazareth, en este, se enfatiza en describir cómo a partir de algunas situaciones de nuestro diario vivir se pueden organizar una serie de actividades orientadas por los docentes, se muestra detalladamente cada una de estas, su objetivo y los posibles elementos de discusión que se esperan

con el desarrollo de estas. Resaltando que el objetivo es que las estudiantes amplíen su conocimiento y generen algunas explicaciones a partir de sus experiencias. Con las actividades que se propusieron en cada momento, se pretendía evidenciar nuevas formas de referirse a los fenómenos ópticos para establecer el proceso de construcción de las explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz.

En el quinto capítulo titulado, *implementación y análisis de la propuesta*, se muestra el desarrollo de las actividades a través de medios electrónicos como una página web² construida por los docentes y las explicaciones y representaciones que se realizaron a través de video llamadas³. Se organiza la información a través de criterios de análisis que permitieron estructurar el proceso de construcción de explicaciones de las estudiantes a través de discusiones grupales y el desarrollo de las actividades que se describieron en el capítulo 4. Este capítulo es central en el desarrollo de este trabajo, ya que se evidenció cómo las estudiantes daban explicación a sus experiencias y a los experimentos planteados por los docentes, en función de los aspectos principales que están involucrados en la acción de ver un objeto, relacionados con las explicaciones en torno a la reflexión y refracción de la luz.

Para finalizar, en el sexto capítulo, *conclusiones*, se describe las reflexiones realizadas por los docentes alrededor de las explicaciones de las estudiantes sobre la reflexión y refracción de la luz, como objeto de estudio en la enseñanza de las ciencias y su relación con la ampliación de las experiencias y cómo esto permitió en el espacio escolar propiciar un escenario para que las estudiantes expresaran sus ideas. También los posibles aspectos que se pueden seguir desarrollando a partir de las situaciones estudiadas en este trabajo, por último, una reflexión sobre la relación entre el docente y estudiante en el aula de Ciencias que puede ser un espacio en el cual se fortalezca y se amplíen conocimientos.

² Enlace de la página web: <https://licaheal.wixsite.com/reflexionyrefraccion>

³ Ver Anexos del 2 al 6.

1. Contexto de origen

A través de la revisión de algunas publicaciones en los libros de texto de diferentes editoriales, artículos encontrados en fuentes como Latindex o SCielo y páginas web utilizadas por los estudiantes, como Wikipedia, entre otras, que realizan descripciones sobre los fenómenos de la luz como la reflexión y la refracción, se puede identificar que se resulta obviando diferentes explicaciones sobre algunos aspectos importantes para su comprensión. Entre estos, conciben la luz con la representación de rayo sin explicar las ideas que están a la base para tomar esta postura. Por ejemplo, es común que se utilice un experimento en donde se toma un lápiz y se coloca dentro de un vaso con agua, para explicar los fenómenos de refracción y reflexión, sin embargo, resulta complejo representar la ubicación de los rayos de la luz, como lo suelen hacer los libros de texto, ya que no se pueden visualizar estos en el experimento, ni tampoco se tiene en cuenta el rol del observador cuando está viendo el objeto, de hecho no se hace una representación al respecto, como se muestra a continuación en la imagen 1:

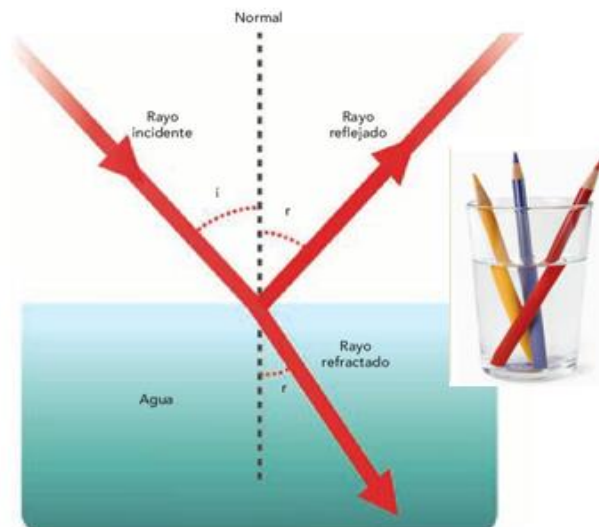


Imagen 1. Representación de la reflexión y refracción de la luz. Fuente: (Cervera, y otros, 2010).

Con base en lo anterior, nace el siguiente interrogante ¿Cuáles son las representaciones y explicaciones que pueden generar las estudiantes de grado undécimo del colegio Nuestra Señora de Nazareth sobre los fenómenos de la refracción y reflexión de la luz a través de una serie de experiencias y experimentos dirigidos por los docentes?

Bajo esta pregunta, es importante mencionar que la idealización de la luz, como un rayo, tiene unos orígenes relevantes, que pueden esclarecer dudas que surjan al respecto y ampliar algunas descripciones. Es por esto, que se pretende plantear una propuesta de aula en la que se retoma la representación de la luz como rayo y su concepción por diferentes personajes como Euclides, Alhazen, Ptolomeo, Kepler y Newton, los cuales describen sus experiencias y plantean teorías que son enriquecedoras para este trabajo, debido a que esclarecen en gran medida estas representaciones del rayo.

Por otro lado, es pertinente analizar lo que las estudiantes están observando y analizando, en cuanto a lo que están estudiando en el aula de clase, ya que a partir de esto logran generar sus propias explicaciones, esto se pretende generar desde las experiencias que se van a plantear e implementar. Por lo anterior, el desarrollo de este trabajo se realizó a través de una serie de experiencias y experimentos, que vinculan situaciones cotidianas que se reestructuraron con el fin de seguir un hilo conductor de explicaciones que llevaran a las estudiantes a ampliar y generar nuevos conocimientos sobre los fenómenos estudiados.

A continuación, se presentan los aspectos principales, los cuales permiten desarrollar este trabajo, frente a la construcción de explicaciones sobre los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz.



Esquema 1. Aspectos considerados por los docentes para la construcción del estudio de la refracción y reflexión de la luz. Fuente: elaboración propia.

Con respecto a lo mencionado anteriormente, se plantean los siguientes aspectos orientadores, que desglosan las ideas principales de este trabajo, en relación a la propuesta de aula:

- Diseñar e implementar una propuesta de aula basada en experiencias y experimentos que posibiliten la construcción de explicaciones respecto a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.
- ¿Cómo las estudiantes de grado undécimo construyen explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz a través de experiencias y experimentos relacionados con la acción de ver?

Por otro lado, es imprescindible para desarrollar este trabajo conocer y retomar las ideas que abordaron algunos personajes a lo largo de la historia sobre el comportamiento de la luz, principalmente sobre la refracción y reflexión, las representaciones que se logren construir y el rol de las experiencias y experimentos que se lleven al aula; con lo descrito hasta aquí, se pretende proponer una alternativa de abordaje de algunos fenómenos de la óptica, la cual genere un estudio más amplio para las estudiantes.

Se debe aclarar que, para dar respuesta a la primera pregunta, se hace una revisión histórica para tener fundamentos y se acude a una perspectiva sobre la experiencia y experimento en la enseñanza de las ciencias teóricas que contribuyan al diseño y desarrollo de la propuesta. Para abordar la segunda pregunta se acudirá a la implementación y análisis de la propuesta de aula, mediante la sistematización como un referente teórico metodológico que a la vez permite reflexionar sobre las consideraciones que se constituirán como fundamento de la propuesta.

2. Algunas descripciones de la luz

La conceptualización del comportamiento de la luz y en especial su representación ha cambiado a través de la historia. Uno de los primeros registros de esto, muestra que en la época de la antigua Grecia, se identificó y estudió diferentes fenómenos que se relacionan al comportamiento de la luz, como es la descripción de la visión, con respecto a cómo una persona ve un objeto, estas se han estructurado en distintas perspectivas, que han formado diferentes conceptos y construido nuevas teorías que se han utilizado en el transcurrir del tiempo; tal es el caso de los árabes, en especial Alhazen y su magnífica forma de describir ciertos fenómenos ópticos y siglos más tarde los grandes avances de Kepler, Newton, entre otros personajes, y su descripción sobre la visión y algunos fenómenos de la óptica.

Por tanto, es importante mencionar cómo la relación de la luz con la visión representa un objeto de estudio, ya que se identifican aspectos muy interesantes a través de la historia, entre estos, la explicación de la visión, que desde las perspectivas de diferentes personajes, como los mencionados anteriormente, se pueden relacionar con la caracterización de algunos aspectos interesantes de la luz, como los fenómenos de la reflexión y refracción, usando representaciones cada vez más elaboradas, como el rayo.

Por otro lado, para este trabajo resulta relevante estudiar algunas representaciones del rayo de luz, pues usualmente en los textos encontramos que las explicaciones que se dan a los fenómenos de reflexión y refracción tienden a representar a la luz como un rayo, el cual generalmente se representa linealmente, sin explicar el porqué de esta representación; esto puede ser contraproducente en su enseñanza, debido a que desde la experiencia sensible no se distinguen rayos, ya que esto es una idealización geométrica. Es entonces, cuando los referentes históricos cobran un gran sentido para este trabajo, ya que nos proporcionan recursos útiles para pensar los fenómenos vinculados a la luz, preguntas que orientaron la actividad de los científicos frente a estos fenómenos, las representaciones y formas de explicación que elaboraron.

Con este estudio, tendremos unas consideraciones disciplinares desde las cuales fundamentar la construcción de las actividades que se realizarán en el aula de clase y por supuesto en el desarrollo y análisis de estas.

2.1 Algunas representaciones en la historia sobre la luz

Algunos autores describen un rayo de luz como una línea que tiene el mismo sentido de propagación que la luz, generalmente se dibuja una línea recta para representar cómo se propaga esta. Por otro lado, también suele describirse de la siguiente manera:

La luz es lo que sale de un punto de un objeto y es lo que permite ver ese punto. Los rayos se propagan en forma rectilínea, tienen por lo tanto una dirección y sentido de propagación, este concepto de rayo se aplica por igual a objetos que son fuentes luminosas como a los que no lo son (Silveira, 2010):

Cuando se piensa en lo anterior, es posible asociar que un rayo de luz que choca con un objeto puede que tenga dos posibles formas de incidencia sobre éste: la primera que penetre en su interior y la segunda que sea desviado apenas lo golpee. Si penetra, significa que el objeto es de un material no opaco que permite la propagación de la luz en su interior donde cambia de dirección, por ejemplo, el vidrio, el agua, el alcohol, el diamante, entre otros, este caso es conocido como refracción de la luz. Por otro lado, cuando la luz es desviada, y no penetra dentro del material, es decir, cambia su dirección y sentido, sin cambiar de medio⁴ de propagación, decimos que la luz es reflejada por la superficie del objeto, este efecto es denominado como la reflexión de la luz.

Como se evidencia, estos fenómenos de la luz suelen ser comunes en la cotidianidad, de hecho, están íntimamente ligados a la visión, como se ha descrito anteriormente, pero, una cosa es conocer las posibilidades que tengo para ver objetos (incluso si interpongo otros objetos entre los ojos y lo que se quiere ver) y otra cómo asociar esta experiencia a lo que se presenta como reflexión y refracción de la luz. Esto debido a que se tiende a explicarlas mediante rayos que cruzan o chocan con ciertos medios y luego muestran un cambio en su dirección, sin embargo, la experiencia no muestra estos rayos. Por ejemplo, cuando se ve de frente un lápiz en un vaso con agua, claramente algo ocurre, lo que se ve, no es lo que en realidad parece, es decir, ¿realmente el lápiz se divide en dos o solo es un efecto visual?⁵ de hecho, desde otra perspectiva, posiblemente otra persona verá otra cosa diferente, entonces, ¿cómo es posible que se pueda explicar este fenómeno, solo con

⁴ Se entiende por medio como un ente el cual permite que la luz viaje en su interior.

⁵ Ver imagen 1.

representar uno que otro rayo de luz que pasa de un medio a otro y que cambia de dirección, por medio de una construcción geométrica como lo es una línea recta? En primer lugar, es importante que los estudiantes comprendan de una manera adecuada esa representación de rayo que se utiliza tan indiscriminadamente, sin tener una comprensión de este.

Es por esto, que este trabajo realiza un énfasis en la importancia de la representación y descripción de la luz, tomando como referencia a diferentes personajes que aportan a esta idea. La visión ha sido un tema de estudio a lo largo del tiempo y de esta han nacido diferentes interpretaciones y experimentos que han sido cruciales en su explicación y su relación con la luz. Desde estas perspectivas, es importante describir algunas de esas interpretaciones, que no solo serán tomadas como aspectos teóricos, sino que además, esclarecerá en gran medida la representación de la luz como rayo.

A través de la historia diferentes personajes aportaron a la construcción de la representación de rayo de luz como lo son: Arquímedes, Lucrecio, Séneca, Roger Bacon, Galileo, entre otros. Este trabajo se centró en cinco personajes principalmente que hicieron diferentes afirmaciones sobre la luz: Euclides (325-265 a.C.), donde se diferenciará, además, un aporte sumamente importante de Ptolomeo (100-170 d.C.) en cuanto la refracción, Alhazen (965-1040 d.C.) y Johannes Kepler (1571-1630 d.C.) a Isaac Newton (1642-1727) porque sus explicaciones sobre la luz dan a conocer cómo fue la construcción de este concepto en la historia, a continuación se describe cada uno de estas.

2.1.1 Representación de Euclides

El presente escrito se enmarca con base en uno de sus trabajos, cuyo título es “*Óptica*”. En este libro como lo describe (Barrera, 2016) hace referencia a la idea de que la luz viaja en línea recta (rayos) y se formulan matemáticamente las leyes de la reflexión de la luz por medio del estudio de experiencias con espejos. Sin embargo, Euclides realiza una descripción de los rayos rectilíneos de luz que divergen indefinidamente formando un cono cuyo vértice se encuentra en el ojo y la base en los extremos de los objetos vistos, por tanto, las cosas se vuelven visibles cuando los “rayos visuales” golpean sobre los objetos, de no ser así, no se podrían ver estos. La explicación anterior se muestra en la imagen 2. Además, afirmó que las cosas adquieren su tamaño dependiendo de su localización dentro de unos ángulos ópticos, los cuales dependen del cono formado por los rayos

visuales. En otras palabras, los objetos que se ven bajo un ángulo mayor parecen mayores; los que están debajo del ángulo menor, menores, y los que se ven bajo ángulos iguales, se verán iguales. Dado esto se deduce que, según Euclides, el tamaño de los objetos depende del ángulo con que se observa, es decir, que un mismo objeto parece más grande cuanto más cerca está del observador y más pequeño cuanto más se aleje.

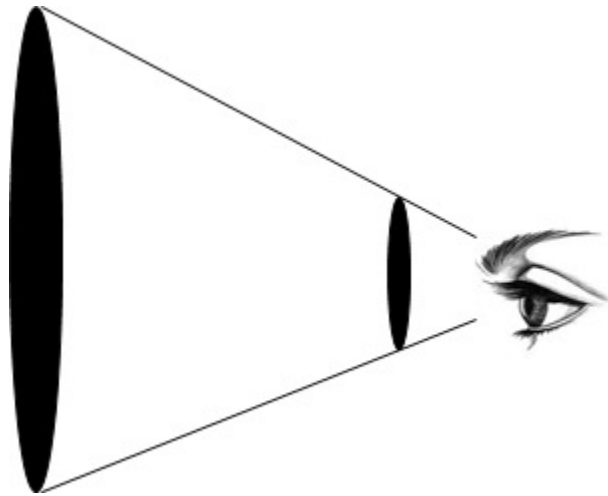


Imagen 2. Representación cónica de la luz según Euclides. Fuente: elaboración propia.

Las descripciones anteriores permiten reconocer algunos aspectos que están involucrados cuando se representa los objetos que se ven, como lo es la distancia, la relación entre los ángulos y el tamaño de los objetos. Para la construcción de nuestras experiencias resulta acertada esta representación, ya que permite identificar los aspectos mencionados anteriormente. Por ejemplo, cuando se observa un árbol que tiene 10m de altura, desde una distancia de 100m, se puede ver completamente este, pero, cuando nos acercamos a una distancia de 1m y queremos verlo completamente, esto resulta imposible, ya que solamente se podrá ver una parte del árbol. Esto demuestra que desde las descripciones de Euclides, el tamaño que se percibe de los objetos dependen de la distancia del observador al objeto, pero también, nos muestra que existe una limitación de lo que se puede ver, es decir, los conos visuales que se generan desde el ojo tienen unas limitaciones que se representan por líneas rectas de la generatriz, esta es la línea exterior de una superficie que al girar alrededor de un eje da lugar a un cuerpo de revolución como el cilindro o el cono de la figura, ver imagen 3.

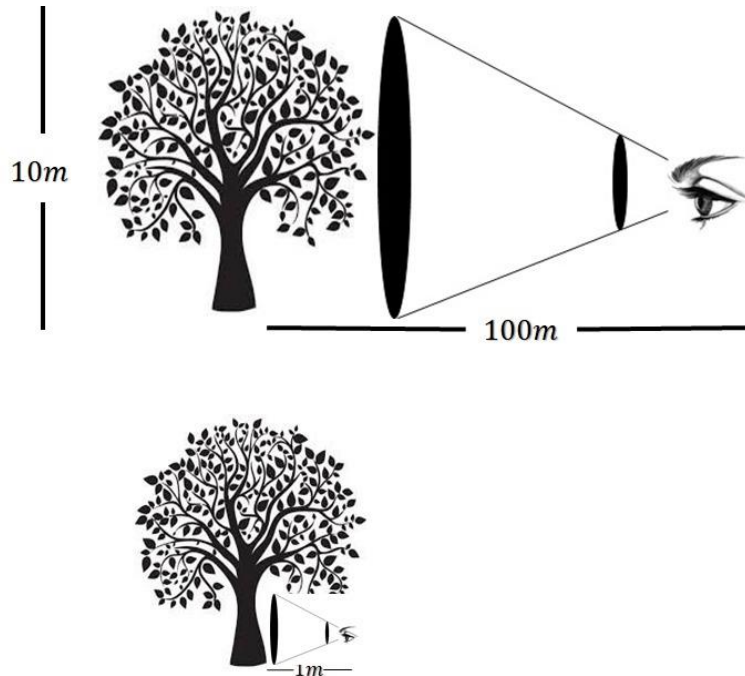


Imagen 3. Ejemplo de un observador mirando un árbol de frente a una distancia de 100 m y de 1 m, según las ideas de Euclides. Fuente: elaboración propia.

2.1.2 Representación de Claudio Ptolomeo

Realizó una caracterización basándose en la idea de Euclides sobre la representación de los ángulos visuales y la relación de estos con la visión en forma de cono, en cuanto a un eje visual. Sin embargo, agregó los términos de oblicuidad y distancia, en los que dependiendo de la inclinación con que se observan los objetos, podría variar su tamaño o forma y representando el flujo visual de luz (aquel que sale del ojo y golpea al objeto, lo cual hace posible verlo), con líneas rectas, según la geometría euclidiana.

Ptolomeo, fue el primero que realizó mediciones con respecto a los ángulos de incidencia y refracción en diferentes medios, como el aire y el agua, construyendo una tabla que mostró valores numéricos de los ángulos, en dichos medios, que para la época fue muy precisa, ver la tabla 1.

Ángulo de incidencia (α)	Ángulo de refracción (β)	Diferencias entre α y β
10°	8°	2°
20°	15,5°	4.5°
30°	22,5°	7.5°
40°	29°	11°
50°	35°	15°
60°	40,5°	19.5°
70°	45,5°	24.5°
80°	50°	30°

Tabla 1. *Valores obtenidos por Ptolomeo, los ángulos están en grados. La tercera columna hace referencia a la diferencia entre los ángulos de incidencia y refracción que obtuvo. Fuente: (Tarásov & Tarásova, 1985).*

Para la obtención de los datos de la Tabla 1, Ptolomeo realizó un experimento, ver imagen 4, en el cual utilizó un disco que estaba dividido en 360 partes iguales, cuya mitad inferior estaba sumergida en un recipiente con agua; en el centro del disco, fijó los extremos de dos reglas que podían girar alrededor de este punto, después orientó las reglas de tal forma que, al mirar a lo largo de la parte superior, parecía que ambas formaban una línea recta. De esta manera controló la posición del observador, la cual varió en intervalos de 10° hasta llegar a 80° con respecto al punto medio del disco que estaba exactamente en la interfase entre ambos medios, donde el agua debía estar lo más inmóvil y clara posible para no afectar los datos, con esto, finalmente midió los ángulos de refracción (β) para cada caso y con respecto a la regla sumergida en el líquido, describiendo que el ángulo de la regla que representaba la luz incidente (α) siempre es mayor y proporcional a la refractada.

Por otro lado, es importante mencionar que Ptolomeo representa su ley de la refracción, mediante haces de luz, compuestos por infinidad de rayos rectilíneos, que cruzan la superficie de separación entre dos medios transparentes de una manera lineal y llegan al observador.

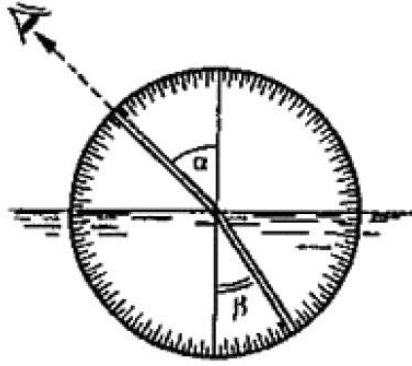


Imagen 4. Experimento que realizó Ptolomeo para medir los ángulos de incidencia y ángulos de refracción. Fuente: (Tarásov & Tarásova, 1985).

2.1.3 Representación de Ibn al-Haytham (Alhazen)

El autor, (González, 2015) describió las ideas de Alhazen como: Alhazen nos ha mostrado la plausibilidad de un esquema, en el que la luz que procede, según trayectorias rectilíneas, de cada punto del objeto e incide en el ojo y este es el agente de la sensación visual.

Con la afirmación anterior, se puede concluir que Alhazen fue uno de los primeros hombres que dio una explicación diferente a lo planteado hasta ese momento sobre la visión, ya que, según él, la luz es reflejada desde los objetos hacia el ojo y no lo contrario como lo describió Euclides y Ptolomeo. Entonces desde estas concepciones, Alhazen pone de manifiesto ciertas condiciones para que sea posible la visión, como lo afirmó (Martínez, 2002).

1. Lo visible debe ser un ente que despida luz por sí mismo o debe ser iluminado por algún otro objeto.
2. Lo visible debe estar presente frente al ojo, es decir, que entre ambos se puede trazar una recta que los conecte.
3. El medio que separa al ojo del objeto visible debe ser transparente y sin que se interponga un obstáculo opaco
4. El objeto visible debe ser más opaco que el medio. (p.51).

Con las condiciones mencionadas anteriormente para que se pueda ver es necesario situarse enfrente del objeto de modo que se pueda trazar una línea recta de cada punto del objeto al ojo,

además, que no se interpongan obstáculos opacos⁶ que interrumpan el paso de las líneas rectas imaginarias. De ser así, no podemos percibir un objeto visible a menos que haya en ese objeto alguna fuente de luz, ya sea emitida por él o procedente de algún otro objeto que la emite sobre él. Esta idea es la que lleva a pensar en las fuentes secundarias de luz, que de alguna forma cambian la dirección de los rayos de luz emitidos por la fuente primaria hasta ser percibidos por el observador. Cabe aclarar que Alhazen no abandonó la idea de Euclides sobre el cono de luz que se forma, solo realiza una explicación más detallada de la procedencia de esta, que no viene del ojo del observador, sino del mismo objeto.

En otras palabras, Alhazen no sólo muestra cómo la luz viene procedente del objeto, sino que también hay diferentes tipos de fuentes de luz, las cuales tienen unas características definidas y donde no todos los objetos son emisores de luminosidad, sino que también existen otros conocidos como fuentes de luz secundarias, las cuales reflejan la luz que llegan a estos, hacia el ojo del observador. Todo lo anterior resulta pertinente al momento de referirse a los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz, ver imagen 5.

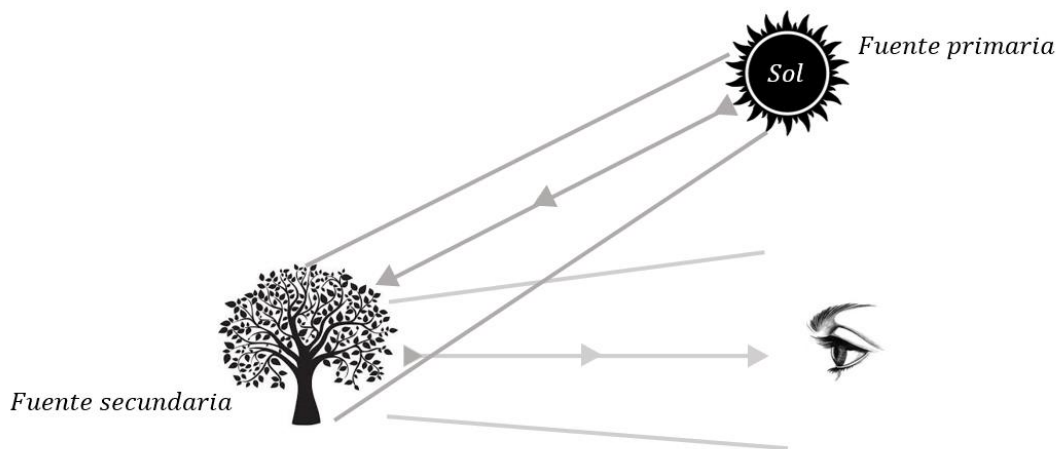


Imagen 5. Representación de Alhazen de las fuentes primaria y secundaria de luz. Fuente: elaboración propia.

Generalizando la explicación, y según (Authier 1991) en la obra de Alhazen cada rayo fue representado como una flecha con velocidad extrema, que funciona según los principios de

⁶ Se entiende como cuerpo opaco, aquel que impide el paso de la luz e impide ver a través de su masa lo que hay detrás.

propagación lineal e igualdad de los ángulos de reflexión. Todavía más sorprendente resulta su descripción del fenómeno de la refracción entre dos medios de diferente naturaleza como el agua y el aire, según la cual el movimiento del rayo se descompone en dos líneas, una paralela y otra perpendicular al plano de separación de los medios (p.294). Es decir, el fenómeno de la refracción entre diferentes medios de diferente naturaleza como el agua, el aire, el alcohol, el diamante, entre otros, describe la trayectoria de los rayos de luz, en diferentes direcciones, tanto paralelas como perpendiculares, con esto se muestra que no hay la existencia de un único rayo de luz sino de diferentes.

2.1.4 Representación de Kepler

Sostuvo que los rayos luminosos son emitidos en todas las direcciones desde cada punto, entonces, es necesario seguir estos y establecer una correspondencia uno a uno entre los puntos que envían la luz y los puntos que golpean a otro medio, por ejemplo, el agua (Uribe, 2015), es decir, desde la perspectiva de la óptica, esta teoría sostiene que los rayos de la luz son emitidos en todas las direcciones desde cada punto que está inmerso en el campo visual.

Con respecto a la afirmación anterior, es importante acudir a lo descrito por Kepler, ya que sostiene que las imágenes son concebidas como una pintura natural y los rayos de luz como las pinceladas que la forman. Esta analogía hace pensar como Kepler se refiere a esa pintura natural para describir la representación de los rayos de la luz que tienen cuando entran por un orificio, por ejemplo, el caso de la cámara oscura⁷, ya que estos se refractan en los lentes que están dentro y forman una imagen invertida en una pantalla. Fue Kepler quien descubrió que las imágenes se proyectan invertidas en la retina del ojo y contradice la idea de Alhazen en el sentido de los conos de luz, cuya base ahora es parte del propio objeto luminoso.

La descripción de Kepler es diferente a los autores mencionados anteriormente, ya que él no hace referencia a un cono visual o a un cono de luz para representar la trayectoria de la luz, sino que describe que existen puntos luminosos en el objeto, los cuales emanan rayos de luz en todas las direcciones, hasta llegar al ojo, que es una analogía con la cámara oscura. Lo anterior permite, tener

⁷ Una cámara oscura tiene forma de una habitación, con las ventanas cerradas y un pequeño agujero realizado en una ventana o en una puerta. La luz entra en la habitación a través del agujero y proyecta la imagen en una pared algunos la denominan pantalla que se encuentra opuesta al agujero.

una idea distinta de la concepción de rayo de luz que antes era descrita como un cono y ahora es la unión de diferentes puntos luminosos, entre los que salen y chocan, con base en esta descripción se tiene una idea más amplia de rayo, además, permite que se generen otras más amplias, que se mostraran a continuación.

Es relevante mencionar que uno de los aspectos más novedosos de la caracterización que hizo Kepler, fue considerar a la luz emitida como una unión de infinitos rayos que componen una esfera en expansión, donde estos son solamente elementos ideales, lo cual es una idea que transformó la concepción de rayo y que dio bases para una representación más descriptiva al respecto, en comparación a los autores mencionados anteriormente.

Las ideas de Kepler se reflejan en el siguiente ejemplo: cuando se tiene una cámara oscura y se deja pasar una parte del haz⁸ esférico producido por una fuente luminosa circular y lejana a través del orificio triangular de esta, la superposición de las pequeñas manchas triangulares formará una réplica de la fuente luminosa conservando su forma. Con base en la descripción anterior, se entiende que la luz viaja en diferentes direcciones, además, que influye en la forma de cómo se reflejan las imágenes, ya que estas se muestran invertidas cuando se proyectan, esto para el caso de la cámara oscura.



Imagen 6. Representación de Kepler sobre cómo se ven las imágenes a través de una cámara oscura. Fuente: (Osuna, Martínez, Carrascosa, & Verdúl, 2007).

⁸ Un haz de luz es el conjunto de rayos luminosos que proceden de un mismo origen, que se propagan sin dispersión.

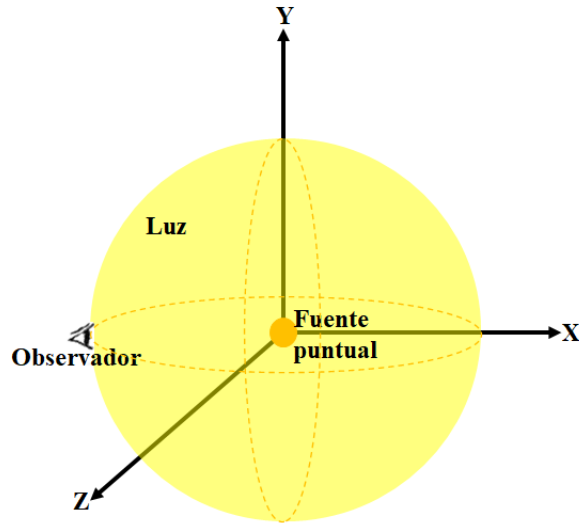


Imagen 7. Representación de una fuente puntual emitiendo luz en todas direcciones junto a un observador que la percibe cuando llega a él. Fuente: elaboración propia.

2.1.5 Representación de Isaac Newton

Describió que el problema del estudio de la luz en una experiencia con el prisma no reside en el fenómeno óptico del color, sino en la deformación geométrica del rayo de luz al ser refractado en el prisma, pues de acuerdo a los estudios de la ley de la refracción se esperaba que una vez la luz atravesase el prisma se observe una mancha circular de luz en la pared y no oblonga, es decir, más largo que ancho, como se encuentra en la experiencia. Por esto, se puede ubicar como un rayo que inicialmente cambió de dirección, ya que no puede ser más alterado ni por reflexión ni por refracción.

Además, afirmó que la luz blanca es una mezcla de rayos de diferentes colores, es decir que los colores son propiedades de la luz y son diferentes en distintos rayos. También que cada rayo de color se refracta de manera distinta, al mismo grado de refrangibilidad⁹ le pertenece el color y cada grado de refrangibilidad un color. Esta refrangibilidad de la luz no depende de los medios refractantes, sino que reside en la luz, no se puede alterar el rayo ya refractado. Por lo tanto, la luz

⁹ La refrangibilidad es el proceso por el cual los rayos de luz que inciden oblicuamente sobre la superficie de separación de dos medios con diferentes densidades, se desvían.

blanca del sol está compuesta de todos los tipos de rayos mezclados de forma indiscriminada; la refracción los separa y los ordena según su refrangibilidad y su color.

Las ideas de Newton permiten abordar de manera específica la refracción de la luz en cuanto a que propone experimentos más contundentes respecto al estudio de la luz, ya que él logró demostrar la composición de la luz blanca y así mismo cómo es posible descomponerla cuando esta atraviesa un objeto como un prisma que está elaborado de cristal. La afirmación anterior, permitió describir cómo se forma el arcoíris, cuando pasan los haces de luz blanca por gotas de agua, que se refractan dentro de estas.

Teniendo en cuenta que Newton supuso que la luz está formada por corpúsculos materiales que son lanzados a gran velocidad por las fuentes luminosas, su representación se basó en que la luz está formada por pequeñas partículas que tienen trayectorias rectilíneas que constituyen los rayos luminosos. Con lo anterior, formuló dos descripciones importantes con respecto a la luz, la primera: al incidir la luz en una superficie lisa como la de un espejo, choca y se refleja del mismo modo que lo hace una pelota cuando choca contra una pared, conocida como reflexión; la segunda: cuando la luz pasa de un medio a otro por ejemplo de aire a agua, la luz cambiará su trayectoria debido a la diferencia de densidades de los medios que atraviesa, esto se conoce como refracción de la luz.

Es importante mencionar que los anteriores personajes, representan una pequeña parte de los autores que dedicaron parte de su vida a la investigación de la visión y en especial la descripción y relación que tiene con la luz. Además, cada una de sus descripciones permitirá realizar la construcción de las actividades que se quieren llevar al aula, ya existen distintos aspectos como el observador y su posición, las fuentes de luz, el material de los objetos, la dirección de la luz, entre otros, que contribuyan en el desarrollo de las experiencias y experimentos con el fin de lograr que las estudiantes construyan explicaciones sobre los fenómenos de reflexión y refracción de la luz. También, retomando las ideas originales de estos autores, permite ampliar las perspectivas de estudio en torno a la caracterización del comportamiento de la luz, no quedándose con las explicaciones introductorias de diferentes textos, los cuales se mostraron en el contexto de origen del presente trabajo.

Por tanto, de las anteriores descripciones para este trabajo se destacan los siguientes elementos:

1. En todas las representaciones analizadas una parte esencial es la posición del observador con respecto a la del objeto que está observando.
2. Se identifica que, desde las primeras ideas sobre la reflexión de la luz, propuestas por Euclides, se hace importante la relación entre la distancia y el tamaño de los objetos que se ven.
3. En comparación a los libros de texto, páginas web e información actual sobre la representación de la reflexión y refracción de la luz revisada, ninguno de los autores mencionados en este capítulo hace referencia a un único rayo de luz en sus representaciones, contrario a esto, se identifica que siempre se menciona múltiples rayos en la explicación de estos fenómenos ópticos.
4. A partir de Alhazen, se pone en evidencia la existencia de las fuentes de luz, divididas en dos grupos, primarias y secundarias. Las fuentes primarias emiten luz por sí solas, por ejemplo, el Sol y las fuentes secundarias reciben la luz emitida por las primarias reflejándose, como por ejemplo la Luna.
5. Desde cada punto de un cuerpo se emiten infinitos rayos que componen una esfera en expansión, esto permitió conocer que la luz se transmite en todas las direcciones y que una cantidad de esta llega al ojo, por esto, solo es posible ver una parte del objeto, ya que depende de la posición del observador.
6. Las ideas de Ptolomeo, no solo nos muestran que la luz al cambiar de medio de propagación cambia su dirección, por ejemplo, de aire a agua, sino que también se identifica que depende de cómo el observador está estudiando dicho fenómeno. En otras palabras, el tamaño o forma del objeto puede variar, si el observador cambia su posición, por lo que la perspectiva de este último es indispensable para la descripción de la reflexión y refracción de la luz.
7. Newton propuso una representación mecanicista de la luz. Para la explicación de la reflexión realizó una analogía en la que la luz se refleja de la misma manera que una pelota que choca contra una pared, por lo que es posible obtener la medición de unos ángulos antes y después del choque. Por otro lado, nos muestra una visión interesante de la refracción de la luz, donde no solo se habla de dos medios diferentes de propagación en los cuales la luz entra y cambia de dirección, sino también, se identifica la necesidad de caracterizar aquellos

medios, como opacos¹⁰ o no opacos¹¹, ya que esta distinción nos permite conocer como aquella desviación de la luz depende no solo de la posición del observador sino también de los medios en los cuales se está estudiando el fenómeno de refracción.

2.2 La reflexión y refracción de la luz

Desde el contexto de origen se ha identificado que en los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz no se describen algunos aspectos para ampliar y mejorar la comprensión de algunas experiencias y experimentos que evidencian estos, por esto, en este apartado se describirán algunas explicaciones propias relacionadas con las descripciones de algunos autores mencionados anteriormente, con el propósito de obtener ideas fundamentales para el diseño e implementación de la propuesta de aula.

2.2.1 Algunas explicaciones sobre la reflexión

Con base en las descripciones que se han mencionado sobre las representaciones del rayo de luz, también sobre los elementos que nos permiten ver, como los propone Alhazen, se ha comenzado a ampliar las explicaciones sobre la luz, el cual es uno de los ejes centrales de este trabajo. Alhazen en los estudios que realizó en torno a la óptica diferenció las fuentes de luz primarias y secundarias, las cuales hacen parte de la acción de ver, donde la primera emite luz y la segunda la refleja, en cada parte del objeto.

Para comprender mejor estas ideas, es necesario acudir a diferentes ejemplos: en primer lugar, pensemos en una persona que está observando un objeto, como una ficha de dominó, para que esta se pueda ver, es necesario que haya una fuente de luz, ya que, si está oscuro el entorno donde está ubicada, no se verá, por esto, es importante tener en cuenta el rol de las fuentes de luz para empezar a hablar del fenómeno de reflexión. Por otro lado, es importante mencionar que la ficha no emite luz por sí misma, como lo hacen el Sol o un bombillo, por lo tanto ¿qué hace posible que podamos ver un objeto?, para responder esta pregunta es necesario poner en evidencia que para ver un objeto, se necesita que esté iluminado y para esto, debe existir una fuente de luz que proporcione dicha iluminación, si se retoma el caso de la ficha y nos encontramos a medio día dentro de nuestras

¹⁰ Los objetos opacos son aquellos que no permiten que la luz los atraviese.

¹¹ Los objetos no opacos permiten la propagación de la luz en ellos.

casas, donde la luz entra por las ventanas, se puede afirmar que dicha fuente es el Sol, sin embargo, es probable que la persona que está mirando la ficha no identifique dónde está exactamente este cuerpo celeste, ya que está dentro de la casa el observador, además, se sabe que efectivamente su luz llega hasta el objeto y este se puede ver, por lo que se puede identificar que no es una incidencia directa, sino que por alguna razón parece que al entrar por la ventana logra deformar su dirección hasta llegar a la ficha y luego incidir en nuestros ojos. Esto hace pensar en la importancia que Alhazen les da a las fuentes de luz, para explicar los fenómenos de reflexión, donde identificamos como fuente primaria al sol que emite la luz y como fuente secundaria, no solo a la ficha que redirige parte de dicha luz a nuestros ojos, sino también al entorno de la casa, ya que la luz al entrar por la ventana choca con diferentes partes de esta, hasta que finalmente incide en el objeto.

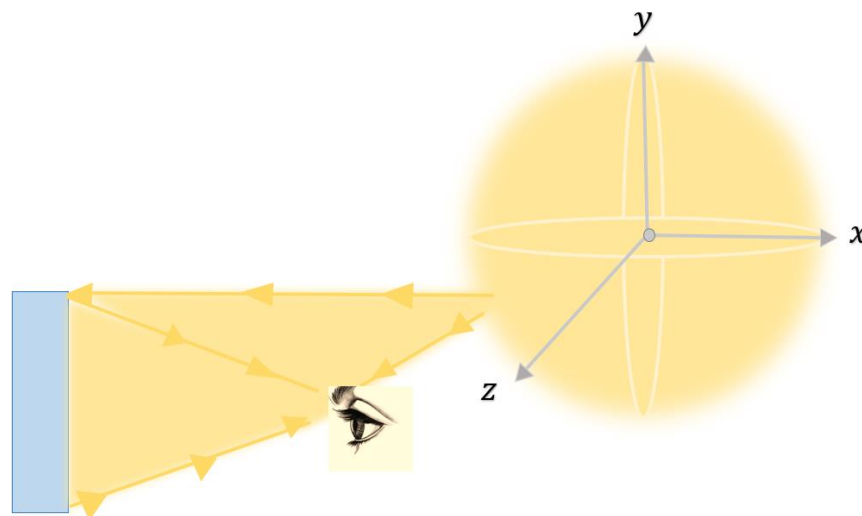


Imagen 8. Luz de una fuente primaria cambiando de dirección y llegando al observador cuando incide en una ficha de dominó que actúa como fuente secundaria. Fuente: elaboración propia.

En la descripción anterior, se mostró la importancia de las fuentes de luz, pero, no se mencionó el rol del observador, si se retoma la experiencia con la ficha de dominó, pero esta vez se coloca un objeto que se interpone entre el ojo y este (ver imagen 8), resulta evidente que no se podrá ver, por lo cual surge el siguiente interrogante ¿cómo se puede ver la ficha, sin necesidad de quitar el objeto que se interpone?, para esto, se puede pensar en diferentes opciones, como por ejemplo que la persona que lo está observando se mueva hasta verla o hacer uso de un espejo en la ubicación adecuada; en cualquiera de los dos casos, parece que la posición del observador es importante, a pesar de que el entorno esté iluminado, parece que la luz que llega hasta el ojo viaja de una manera

recta, lo anterior hace referencia a que la luz emitida desde la ficha se podría representar por una serie de rayos en dirección lineal desde el objeto hasta el observador.

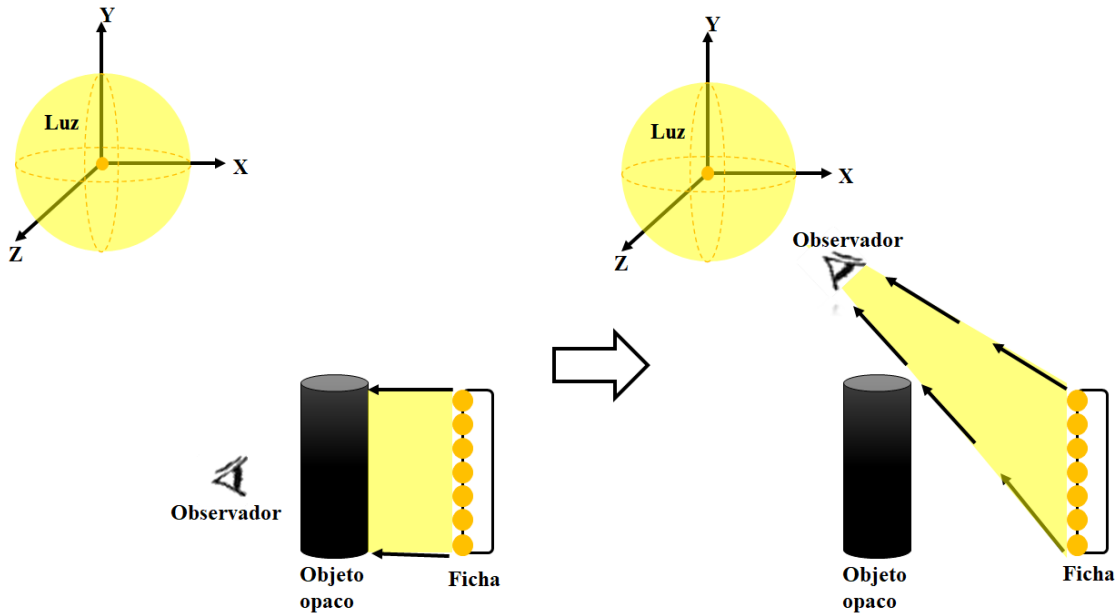


Imagen 9. Observador cambiando de posición para poder ver la ficha de dominó. Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la primera experiencia, se puede realizar otra variación, en la cual no solo haya un observador, sino varios, que estén viendo la ficha desde diferentes perspectivas, es decir, la parte frontal, de atrás y de lado, desde esta experiencia, surge otra pregunta ¿cómo es posible que todas las personas vean la ficha?, para este caso, parece que el objeto no sólo emitiera luz desde un solo punto en una sola dirección, sino que por el contrario lo hiciera desde varios y en todas las direcciones. Esta idea se puede explicar desde lo enunciado por Kepler, el cual hizo referencia a que desde cada punto de un objeto se emiten rayos de luz que componen una esfera en expansión, es decir, en todas las direcciones.

A través de la caracterización de la luz y de las fuentes primarias y secundarias, se puede considerar que el fenómeno de reflexión hace referencia a cómo la luz tiene la propiedad de incidir sobre los cuerpos, de tal forma que los ilumina y los hace visibles para el observador, debido a que dicho cuerpo se comporta como una fuente secundaria que logra reflejar parte de la luz que incide sobre él, en todas las direcciones incluidas las que llegan directamente al ojo. En otras palabras, se

identifica que existe una linealidad cuando se describe la dirección en la que viaja la luz, pero, no es solo la representación de un rayo, sino la unión de infinitos de estos, que chocan con los cuerpos iluminados y produciendo una variación en su trayectoria, dirigiéndose nuevamente en todas las direcciones e incidiendo una parte de estas en el ojo del observador, por lo que se hacen visibles.

Con base en las explicaciones anteriores, surgen otras interrogantes; conociendo que la luz cambia su trayectoria cuando incide sobre un objeto opaco hasta llegar al observador ¿es posible conocer el valor de aquella variación? ¿cómo podríamos medirlo?, para esto y basándose en el curso del profesor (Bautista, 2018), se plantea un experimento, representado en la imagen 10 y descrito a continuación:

1. Pegar una hoja blanca encima de un cartón medianamente grueso.
2. Dibujar una línea recta AB y medio círculo con las medidas correspondientes a los ángulos de 0° a 180°
3. Colocar un espejo con una marcación de un punto en su centro en la línea AB, cuya cara esté de frente al observador que está situado al final de la hoja
4. Clavar un alfiler (P1) a unos 5 cm del borde de la hoja, centrada en la mitad del espejo, justo enfrente de la posición inicial del observador (O) y trazar una línea recta C que pase por el centro del espejo.
5. Con respecto a los ángulos marcados en el círculo, clavar un segundo alfiler (P2) a la derecha a unos 45° de la posición inicial y ubicar el observador (O') allí.
6. Colocar un tercer alfiler (P3) alineado a la imagen producida en el segundo, desde la vista del observador, trazando una línea D que pase por las marcas de este objeto hasta que se junte con C y coloque un punto.

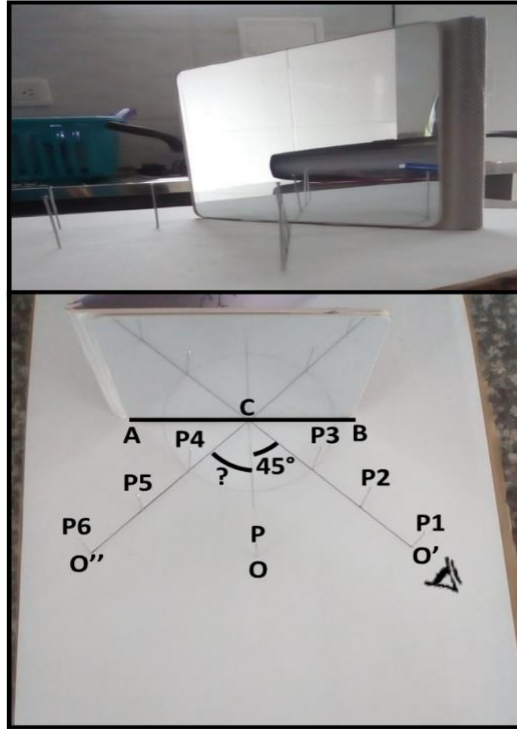


Imagen 10. Fotografía de la experiencia en torno a los alfileres y al espejo. Fuente: elaboración propia.

Con esto, surgen otras interrogantes; si se repite la experiencia, pero ahora moviendo el alfiler y el observador hacia la izquierda ¿cuántas líneas se podrán formar? ¿alguna de estas se encuentra con el punto formado por C y D? Para sorpresa de muchos, cuando se elabora esto, se pone en evidencia que es posible formar infinitas líneas a través de la hojas, sin embargo, solo una de estas se encuentra exactamente con el punto formado por C y D, ¿cuál es esa línea?, resulta ser la que está exactamente a 45° a la izquierda de la posición inicial del observador, por lo que parece ser que el ángulo se repite, y en general, es así, si se vuelve a realizar el experimento una y otra vez con diferentes ángulos, como 20° , 30° , 47° o 59° grados, se observará lo mismo. Por lo que parece ser que la luz que llega a nuestros ojos después de un cambio de dirección en la reflexión producida en el espejo, lo hace con un ángulo en específico, que es igual al incidente. Contrariamente a lo que se pueda pensar, este fenómeno se manifiesta todo el tiempo y es muy común en la cotidianidad, por ejemplo, cuando vemos nuestro reflejo en superficies lisas, como un espejo o en general y como se ha mencionado, en el simple hecho de poder ver cualquier objeto.

Estas diferentes experiencias y reflexiones, a modo de síntesis, describen tres generalidades:

1. Los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales, es decir, tienen un mismo valor numérico.
2. Es importante tener en cuenta la posición del observador, y sobre todo el punto inicial desde donde se van a medir los ángulos, por eso, resulta interesante resaltar la importancia de la línea imaginaria conocida como la “normal” que es perpendicular a la superficie de separación de las dos fuentes (primaria y secundaria) y que se traza justo en la mitad de ambas.
3. La luz es emitida en todas direcciones desde una fuente, por lo que su representación mediante rayos no es del todo conveniente para la explicación del fenómeno de la reflexión, sin embargo, si hablamos solo de los cambios de direcciones que puede tener, es posible geometrizar este hecho y explicarlo desde este punto.

2.2.2 Algunas explicaciones sobre la refracción de la luz

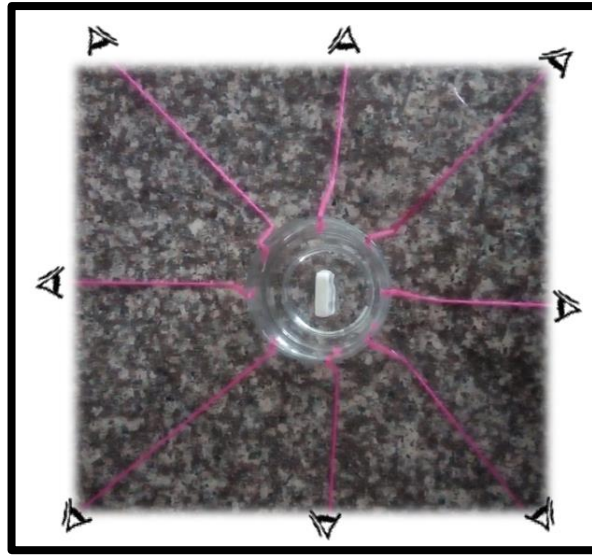
Como se ha podido identificar, la concepción de la luz puede lograr solidificar las bases para poder realizar una descripción más detallada de lo que aparece en los libros sobre la reflexión de la luz, ya que como se identificó, no se trata solamente de un rayo representado en línea recta que choca con un cuerpo y cambia de dirección. Para estudiar el fenómeno de refracción es importante retomar las descripciones anteriores en torno a las características de la luz que se han presentado.

En primer lugar, se resalta que la luz está compuesta por infinidad de rayos y es emitida en todas direcciones por fuentes primarias o secundarias, además, se evidenció que la luz choca con cuerpos opacos, los ilumina y logra reflejarse, pero no se ha mencionado, qué ocurre cuando aquel cuerpo o sustancia donde incide no es opaca, por ejemplo, el agua, el alcohol, el vidrio, entre otros.

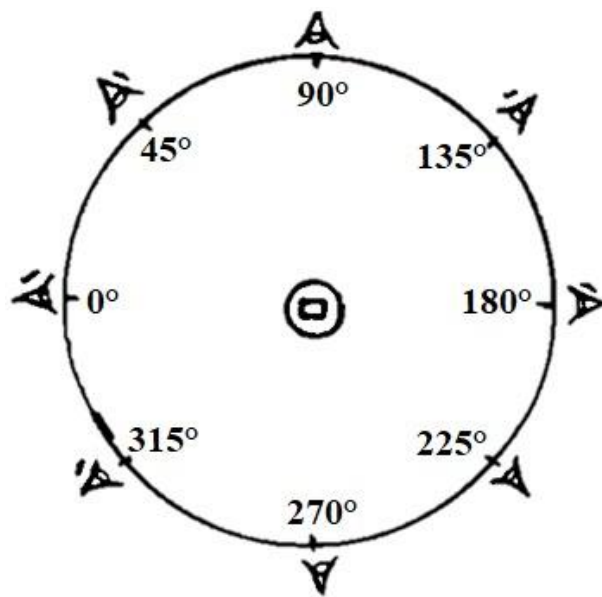
Desde la experiencia, se identifica que el ojo humano tiende a percibir cambios en los objetos que se observan, cuando se sumergen en un medio diferente al aire y que no sea opaco, ya que resulta evidente que los objetos parece que cambian su forma, es decir, pueden aumentar su volumen, disminuirlo o incluso aparentar que se divide, esto dependiendo de la percepción que tenga el observador. Una idea, que ya había contemplado Ptolomeo en sus experimentos (ver imagen 4), el cual le dio una importancia especial a la inclinación con que el observador ve un objeto, por ejemplo, cuando este se observa dentro de un recipiente con agua, donde puede variar su tamaño o forma.

Para complementar esta idea, se usará una ficha de dominó; el objeto estará dentro en un vaso de vidrio transparente, de lo cual surge un interrogante ¿si se observa de frente la ficha, donde están marcados los puntos que hacen referencia a los números, el tamaño o forma de esta varía? para este caso, efectivamente el objeto cambió su tamaño, sin embargo, no fue a gran escala y el observador debe estar atento a esta variación. Continuando con la experiencia, ahora se agrega agua al vaso teniendo cuidado de que sobrepase la ficha, y se realiza la misma pregunta ¿si se observa de frente, el tamaño o forma de la ficha varía? con esta variación, parece que el objeto tiene cambios en su tamaño mucho más evidentes que para el primer caso, es decir, su volumen aumentó considerablemente. Por lo tanto ¿por qué se da el cambio de tamaño de las fichas? estas experiencias, muestran que si colocamos el objeto dentro de un recipiente o sustancia no opaca que está entre el ojo y el objeto, este último tendrá una variación en su tamaño, algo que no se producía cuando se hablaba de reflexión, en conclusión se puede identificar que la variación del medio parece tener efecto en cómo se ven los objetos, en relación con su tamaño o forma y que el agua muestra este hecho de una manera más clara.

Ahora se cambiará la experiencia anterior en torno a la posición que hay entre el objeto y el observador, como se mencionó para el caso de la reflexión de la luz y destacando las ideas de Ptolomeo de este fenómeno. Si se toma como punto de referencia la experiencia anterior, donde el observador estaba de frente a la ficha y varía su posición a la izquierda unos 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° y 315° alrededor del vaso, este identificará que la ficha experimentará cambios en su forma, lo cual lleva a formular otra pregunta ¿por qué al variar la posición del observador, varía el tamaño de la ficha si está en el mismo medio?, si se tiene en cuenta que la luz que llega desde el objeto hasta el ojo del observador se proyecta, con una serie de infinitos rayos rectos, como se mencionó para el caso de la reflexión, se podría identificar que algo ocurre con la dirección de la luz cuando se emite desde la ficha, luego pasa por el agua, después por el vaso de vidrio y finalmente al aire donde llega al ojo del observador; además, se identifica que la posición del observador también parece tener alguna relación con la forma y tamaño que se percibe de la ficha y la incidencia de la luz en el ojo, algo que no ocurría cuando el objeto estaba afuera del vaso.



(A)



(B)

Imagen 11. Vista superior (A) fotografía y (B) representación del observador cuando ve una ficha de dominó desde diferentes ángulos. Fuente: elaboración propia.

Además, surge la pregunta ¿qué ocurre con los infinitos rayos de luz que llegan a nuestros ojos para este caso?

Entendiendo esto, Ptolomeo, se aventuró no solo a describir estos cambios, sino también a realizar un experimento donde identificó aquellas desviaciones de la luz que hacen que los objetos dentro del agua pareciera que cambiaran su posición, esto mediante la medición de ciertos ángulos que denominó de incidencia y transmitancia, siendo el primero aquel que se evidencia cuando aún no cambia de medio de propagación y el segundo, cuando ya incidió e ingresó al otro medio. De esto, resulta interesante mencionar que Ptolomeo nunca describe esos cambios con la representación de un único rayo de luz que incide, sino que menciona que desde el ojo sale un flujo de luz, que representa mediante diversas líneas rectas, que inciden en el objeto y que cambian de dirección cuando encuentran otro medio diferente a la inicial. De hecho, también menciona, que los objetos que se observan varían su tamaño o forma dependiendo de la inclinación con que el observador los estudie. Una afirmación, justamente correcta a lo que presenciamos en los fenómenos de refracción y la variación de ángulos de incidencia y refracción que se presentan cuando se varían esas inclinaciones.

Por tanto, el estudio de la refracción de la luz, como el de la reflexión, no solo resulta de analizar un solo rayo rectilíneo, sino que va en concordancia con el estudio mismo de la procedencia de la luz y su incidencia en el ojo, además de la relación que surge entre los diferentes medios y su propagación dentro de estos. En otras palabras y tomando las ideas de Newton, es claro para este trabajo que la luz que incide de un medio a otro cambia su dirección o tiene una variación en su recorrido. Por lo tanto, podemos decir que el fenómeno que explica cómo los objetos que se ven, se deforman al cambiar de medio, está relacionado a la luz y no a algo que le pasó al cuerpo.

En conclusión, las ideas principales que describen el fenómeno de refracción, son las siguientes:

1. Nunca se habla de un único rayo que se refracta, sino por el contrario, de un haz de luz blanca compuesta por infinitud de rayos, la cual viaja por el aire hasta incidir en otro medio no opaco, como el agua, donde se produce una variación de dirección de la luz.
2. La luz tiene la propiedad de modificar su trayectoria rectilínea cuando cambia de un medio de propagación a otro, provocando percepciones ópticas diferentes para el observador, como el cambio de tamaño o forma del objeto que se ve.
3. Comprendiendo que la luz modifica su dirección al cambiar de un medio a otro, es posible describir aquellos cambios mediante un ángulo de incidencia y un ángulo de refracción, que se

miden desde el punto de contacto entre la superficie de separación de los dos medios y una línea imaginaria conocida como normal perpendicular a esta.

4. Al incidir un rayo de luz blanca en un prisma, nos muestra que la variación de los ángulos de refracción proporcionan diferentes resultados para el observador, en tal caso, se puede lograr realizar una analogía en la que dependiendo de donde se sitúa un observador, podría describirse diferentes variaciones en lo que se ve, en tal caso, si diversas personas observan un mismo lápiz dentro de un vaso con agua, situándose en diferentes posiciones, cada uno podrá describir un fenómeno diferente según lo que ve. Por tanto, la posición del observador resulta indispensable para la descripción de la refracción.

3. Acerca de la experiencia y el experimento

La experiencia se ha vinculado a situaciones del diario vivir, siendo esta como un conector entre el conocimiento adquirido y la aplicación de este, para estudiar y resolver problemas de su entorno. Todas las personas han tenido experiencias, que los hacen adquirir conocimientos con respecto a situaciones, por ejemplo: si está ubicado en una habitación oscura y oprime un interruptor, posibilita que un bombillo emita luz y se puedan observar los objetos que se encuentran en esta. Desde la enseñanza de las ciencias se ha reconocido que es importante que los estudiantes amplíen su conocimiento, a partir de experiencias propias y de la realización de acciones intencionadas propuestas por los docentes, esto con el fin de enriquecer sus conceptos, ampliar su experiencia, cuestionar las maneras de dar cuenta de su realidad, problematizar eventos, entre otros, y generar explicaciones que posibiliten una mejor comprensión de los fenómenos del mundo que habita. Además, cabe mencionar que la experiencia posibilita la construcción de aprendizajes nuevos a medida que se va fortaleciendo con el análisis y reflexión de la temática abordada.

Por otro lado, es importante mencionar que no existe una única experiencia que pueda describir todos los fenómenos de estudio, es decir, las experiencias tienen diferentes análisis y estas tienen una “vivencia” y un propósito.

Cuando hemos señalado el privilegio por la experiencia y la percepción se debe entender que esta no es estática, es una experiencia que se ha reconfigurado en cada relación que establecemos con los objetos de estudio [...]. Por tanto, para la enseñanza de las ciencias es importante la construcción de explicaciones en torno a las experiencias y por supuesto de una base fenomenológica (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, y Tarazona, 2018).

Cuando se organiza intencionalmente la experiencia, los estudiantes están en condición de configurar ellos mismos los fenómenos de estudio, elaborar explicaciones que tienen coherencia para ellos mismos, las cuales amplían su conocimiento sobre el mundo. Entonces, ¿en qué consiste organizar intencionadamente la experiencia? Con las experiencias, se pretende lograr una formalización de la descripción del fenómeno estudiado, que no se debe confundir con la formulación matemática, sino que se entiende como un aspecto de la descripción de esta en torno a sus cualidades, generalizaciones, estructuras, entre otras.

También, para la enseñanza de las ciencias se destaca el cómo se comunican esas explicaciones a partir de su experiencia, es decir, transformar o enseñar nuevas formas de representación, esquemas, modelos o palabras, con un significado para el sujeto en tanto le permita comunicarse. Por lo anterior, recurrir a la experiencia cotidiana de los sujetos y en particular a la relación con su entorno, les permite tener diversas experiencias y diferentes maneras de expresarse.

Ahora bien, cuando se habla de lo que se ve, se hace de una manera cualitativa a partir de la experiencia sensible de los sujetos (lejos, cerca, grande, pequeño, entre otras), cuando se estudian fenómenos ópticos se describe que permite ver un objeto y cuáles son los aspectos que están involucrados. La ampliación de la experiencia tiene un rol importante en la construcción del conocimiento, ya que el sujeto tiene una experiencia inicial como se mencionó anteriormente, por esto, el docente implementa estas con unas intenciones, las cuales pueden permitir que el estudiante se pregunte por nuevas cosas y genere nuevas experiencias.

Por esto, el diseño debe tener un propósito el cual permite que los estudiantes tengan un control de variables, ya que es importante que se logre diferenciar entre una experiencia del diario vivir propia del estudiante y otra en espacios académicos, donde es posible organizar ideas y conceptos orientados por el docente, los cuales generen condiciones para los estudiantes que sean significativos, lo que permitirá ampliar su aprendizaje y en especial su conocimiento.

Por su parte, el experimento a lo largo de la historia ha tenido un rol importante en la enseñanza de las ciencias ya que tiene una intencionalidad indispensable en las clases, en algunos casos se ha descrito como una actividad que corrobora la teoría, sin embargo, autores como (Ayala, Sandoval, & Malagón, 2011) afirman que existe una relación entre la teoría y la experimentación que va más allá, pues concluyen que “la actividad experimental en la ciencia y en la enseñanza de las ciencias nos permite afirmar que esta debe ser considerada como un proceso intencional en la que se privilegia la construcción de explicaciones y comprensiones acerca de los fenómenos abordados” (p.52). Lo anterior hace reflexionar sobre el papel de la experimentación en las clases de ciencias, ya que una persona que realice un experimento puede construir conocimientos a partir de este y no solo corroborar teorías, es decir, que posibilita generar explicaciones más amplias sobre su conocimiento, de manera que las pueda concretar y comprender de una mejor manera. El

experimento es una actividad fundamental en la enseñanza de las ciencias, en donde se relacionan elementos que conllevan al análisis y comprensión de los fenómenos. Por esto, se ha convertido en un aspecto esencial en la clase de ciencias, sin embargo, depende del rol que el docente le asigne, ya que se han desarrollado diferentes maneras de abordarlo en el aula.

Pero, ¿qué se entiende por experimento? Se puede concebir como una acción que se realiza para ampliar y organizar la experiencia, se entiende como una actividad intencional, en el que se privilegia la construcción de explicaciones y comprensiones de los fenómenos, donde el sujeto es quien interviene directamente en este último, es decir, es quien lo define, observa, analiza y explica. Permitiendo así darle características y hablar sobre dicho fenómeno. Desde esta perspectiva, se enmarca el presente trabajo de grado, ya que como lo mencionan Ayala, Malagón, Sandoval y Tarazona, en el 2006:

El papel de las actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias va más allá de la verificación de las bases teóricas, en cuanto permiten: la ampliación de la base fenomenológica o de hechos de observación, el planteamiento de problemas conceptuales en torno a la organización de los fenómenos y la formalización de procesos de organización de la experiencia y de construcción de magnitudes y formas de medida (p.1).

También, el experimento en el aula de clases es tomado como demostrador de leyes y teorías, generalmente es realizado a partir del seguimiento de guías de laboratorio, donde se tiene la noción de que el experimento es un proceso formal en el cual se debe seguir una serie de pasos para obtener unos resultados y calcular una serie de magnitudes a modo de “receta” como lo afirmó (Carrascosa, Gil, & Amaparo, 2006), es decir, que son generalmente presentados en los libros de texto escolar donde se generalizan los fenómenos de estudio como se mencionó en el contexto de origen del presente trabajo. Por lo anterior, se destaca en la propuesta de aula, que los estudiantes cambien parámetros de tal manera que intervengan en la elaboración y construcción de explicaciones propias, ya que es pertinente que el experimento se deje de ver como corroborador de la teoría.

En concordancia con lo descrito hasta el momento, las experiencias y experimentos pueden utilizarse en espacios como forma de incentivar la generación de explicaciones propias de los estudiantes, los cuales pueden describirlos mediante diferentes modos de representar lo que se

aprende. En ese orden de ideas, según Arca, Guidoni y Mazoli, (1990), es desde los “lenguajes” «modos de representar según esquemas» (sean palabras, dibujos, o imágenes) [...] donde se puede construir algo (a lo que llamamos conocimiento) el cual es comunicable a otras personas, se puede extender a otros hechos y puede ponerse de nuevo siempre en juego.

En conclusión, encontramos que, bajo una perspectiva fenomenológica, la experiencia y la experimentación son afines con la construcción de explicaciones propias, ya que se fundamentan como modos efectivos para que los estudiantes analicen, reflexionen y comprendan diferentes situaciones que pueden ser comunes o no para estos, pero, que normalmente no se describen de una manera detallada. Sin embargo, cabe aclarar que las experiencias se enmarcan en situaciones habituales que comúnmente las personas han vivido, pero, que no suelen ser tratadas como objetos de estudio o son importantes para una fundamentación teórica en relación a un fenómeno. Por otro lado, el experimento tiene intenciones particulares, las cuales son estructuradas para que haya una comprensión más específica de un fenómeno estudiado, además, toma diferentes elementos que le permite desarrollarse.

4. Planeando la propuesta de clase

En este apartado se pretende describir el diseño y el desarrollo de los momentos (actividades), que se diseñaron con base en las descripciones sobre el hecho de ver y los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz, con el objetivo de ampliar la experiencia y analizar algunos experimentos al respecto, de una forma más detallada de lo que comúnmente se hace; como se mostró en el contexto de origen se toma tradicionalmente unos experimentos sin tener en cuenta varios aspectos importantes en la explicación de estos fenómenos ópticos, por esto, se busca con estas actividades generar explicaciones desde la acción de ver hasta algunas relaciones con los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz. Las experiencias y experimentos que se propusieron tienen como eje central, que las estudiantes relacionen en principio algunas situaciones de su diario vivir como mirarse a un espejo, además, obtener algunas explicaciones descritas con sus palabras y representaciones.

4.1 Diseño y desarrollo de los momentos

Al inicio del diseño de las actividades se pensó en generar dinámicas en las que se privilegie algunas experiencias del diario vivir de las estudiantes, las cuales se puedan relacionar con explicaciones que han realizado algunos científicos a través de la historia, como Euclides, Ptolomeo, Alhazen entre otros, que se han descrito en este trabajo.

Por otro lado, se plantearon algunas experiencias con el fin de ampliar la forma de caracterizar algunos aspectos que nos permiten ver un objeto, lo cual contribuya a reconocer algunos comportamientos de la luz relacionados a los fenómenos de reflexión y refracción mediante unos experimentos estructurados. Por esto, la actividad experimental toma un rol importante, en el sentido que permite que el estudiante amplíe su conocimiento y logre explicar desde su lenguaje lo que analiza mediante el estudio de los fenómenos.

A partir de las descripciones que realizaron algunos científicos como Euclides se logra relacionar la experiencia con algunos aspectos que son necesarios para ver un objeto como: la luz y el observador. Con base en esto, se diseñó en un primer momento las experiencias que en principio permitieron a las estudiantes explicitar descripciones y explicaciones sobre la reflexión y refracción

de la luz. Luego con las ideas de Alhazen se estructuraron unas experiencias que lograron diferenciar las fuentes de luz primarias de las secundarias, esto permitió caracterizar las fuentes de luz como un aspecto relevante al momento de observar un objeto y su relación con la reflexión de la luz. Después, retomando algunas ideas sobre la dirección de la luz por parte de Kepler, se orientó una nueva experiencia en la cual las estudiantes identificaron la dirección de la luz al salir de una fuente. Continuando con esto, se diseñaron experiencias y experimentos con espejos planos, los cuales permitieron generar explicaciones más detalladas sobre la reflexión de la luz y sus principales características, donde a partir de estos, se generaron discusiones acerca de los objetos opacos y no opacos. Por último, se realizaron experiencias y experimentos que originaron explicaciones acerca del fenómeno de refracción de la luz y su diferencia con la reflexión.

Con base en lo anterior, se propuso a las estudiantes que construyeran representaciones y explicaciones acerca de cada momento trabajado en las diferentes sesiones de clase, con el fin de conocer como ellas iban estructurando conceptos y fortaleciendo su aprendizaje con respecto a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz. A continuación, se describen las intenciones definidas para cada uno de los momentos de la propuesta.

Momentos	Descripción	Objetivos	Aspectos de discusión
<p>Identificando los principales aspectos en la acción de ver</p> <p>(Momento 1)</p> <p>¿Qué nos permite ver un objeto?</p>	<p>Esta actividad se dividió en dos partes, una primera donde se realizan preguntas de manera espontánea y se proponían experiencias a las estudiantes sobre aspectos relacionados a la acción de ver; con las que se pretendía conocer como ellas, desde estas, reconocían elementos importantes para sus</p>	<p>Identificar la luz como aspecto principal en la acción de ver.</p>	<p>En este caso, se quiere responder preguntas que llevaran a las estudiantes a construir respuestas con respecto a los aspectos que nos permiten ver los objetos como lo son: ¿Es posible ver algún objeto cuando está dentro de la habitación oscura? ¿Qué haría usted para ver el objeto? Si usted enciende el bombillo de la habitación, sale de esta y cierra la puerta, ¿Puede ver algún</p>

	<p>explicaciones. Por otro lado, se propone una guía donde se retoman algunas de las preguntas planteadas, donde las estudiantes pueden sintetizar sus aprendizajes y anexar una representación gráfica de la misma.</p>		<p>objeto dentro de la habitación?, ¿sí o no?, ¿por qué? ¿Qué podría hacer para ver alguno de estos objetos? ¿Qué fuentes de luz conoce? ¿Cuál es la fuente de luz principal que ilumina el planeta?</p> <p>Por último, se pide a las estudiantes que realicen una guía que recoge lo trabajado en el momento de las clases, añadiendo una representación gráfica al respecto.</p>
<p>(Momentos 2)</p> <p>¿En qué dirección se propaga la luz?</p>	<p>Resulta interesante conocer que la luz no se propaga en una única dirección, sino que por el contrario mantiene infinitas trayectorias en todas direcciones, creando así una esfera de luz, como lo describe Kepler. Sin embargo, este hecho, no se suele identificar en los libros de texto y sus representaciones, es por esto por lo que esta actividad se centra en exaltar experiencias que esclarezcan esta idea, de tal forma que las estudiantes puedan identificar y</p>	<p>Caracterizar la dirección de la luz cuando se propaga</p>	<p>Con respecto a la identificación de la dirección que tiene la luz al propagarse, se planteó la siguiente interrogante: ¿La luz del bombillo ilumina todos los objetos que están en la habitación?</p> <p>Por último, se pide a las estudiantes que realicen una guía que recoge lo trabajado en el momento de las clases, añadiendo una representación gráfica al respecto.</p>

	representar la dirección de la luz de esta manera.		
<p>(Momento 3 -4)</p> <p>Algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz</p>	<p>Conocer que la luz se propaga en todas las direcciones, solo es el inicio para comprender fenómenos aún más interesantes de la luz, para este caso, los momentos 3 y 4 se centran en plantear experiencias y experimentos que hagan referencia a la explicación de la reflexión, donde uno de los puntos importantes es comprender cómo se presenta el cambio de dirección de la luz al golpear un objeto opaco.</p> <p>En ese orden, las actividades se plantean con el fin de que las estudiantes mantengan un orden, e identifiquen de una manera más controlada, aspectos relacionados a la reflexión de la luz, como la relación entre ángulos incidente y reflejado, la relación de las representaciones lineales de la</p>	<p>Identificar algunos aspectos importantes entorno al fenómeno de la reflexión</p>	<p>En un primer momento se requería que las estudiantes identificarán cómo es posible ver un objeto que está detrás de otro que es opaco. Con el fin de responder a preguntas como: ¿Qué tienen que hacer para ver la ficha, sin mover ninguno de los objetos? ¿Por qué la ficha no se puede observar cuando se interponen uno o varios objetos entre usted y esta?</p> <p>Por otro lado, se plantean situaciones que produzcan unas primeras explicaciones sobre la reflexión de la luz, para esto el observador estará de espaldas a una ficha de dominó e intentará observar el objeto solo utilizando espejos. Para este caso, las estudiantes deben realizar una representación gráfica.</p> <p>Después, se plantean dos experimentos con el fin de enriquecer y ampliar el concepto de reflexión de la luz. Con esto, se formulan preguntas como: ¿Cuál es la trayectoria que sigue la luz desde cada uno de los alfileres hasta llegar a sus ojos? ¿Por qué no es posible ver a P5?</p>

	<p>luz en los libros u otros aspectos relacionados a la explicación del fenómeno.</p>		<p>Además, se proponen actividades como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Explique qué relación encuentra entre el ángulo formado por la trayectoria trazada desde P1 hasta C y el ángulo desde P4 hasta C. 2. Represente gráficamente lo observado en el experimento realizado. 3. Desde lo observado explique con sus palabras qué ocurre allí con la luz. 4. Elabore algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz con base en las experiencias y experimentos anteriores <p>Por último, se pide a las estudiantes que realicen una guía que recoge lo trabajado en el momento de las clases, añadiendo una representación gráfica al respecto.</p>
<p>(Momento 5 – 6 – 7)</p> <p>Algunas explicaciones</p>	<p>Cuando se habla de reflexión de la luz se encuentran aspectos interesantes en relación a la dirección que toma la luz cuando golpea un</p>	<p>Construir explicaciones en torno al fenómeno</p>	<p>En un primer y segundo momento de clase, se quiere indagar sobre cómo se ve una ficha de dominó cuando es colocada detrás de un vaso de vidrio vacío, luego lleno de agua y, por</p>

<p>sobre la refracción de la luz</p>	<p>objeto opaco, pero como sabemos, no siempre los objetos tienen esa característica opaca, es decir, que la luz tiene otro desenlace cuando golpea con objetos no opacos, cruzando a través de estos, no sin antes cambiar de dirección al ser afectada, un fenómeno conocido como refracción.</p> <p>Con respecto a estos momentos de clase, se centrarán en experiencias y experimentos que ayuden a las estudiantes a identificar aspectos importantes en la generación de algunas explicaciones sobre la refracción de la luz, centrándonos en cómo los objetos observados pueden parecer deformados o cambiar su posición aparente cuando se ven tras objetos o sustancias no opacas como la gelatina sin sabor, el agua o el vidrio.</p>	<p>de la refracción de la luz</p>	<p>último, cuando cambiamos la posición del observador. Para ellos se formulan preguntas como: Describa los cambios observados, ¿cambió la ficha? ¿Cuáles diferencias perciben si ahora se coloca la ficha dentro del vaso? ¿Qué diferencias identifica con la experiencia donde se colocó un objeto opaco entre el observador y la ficha? Si agrega agua hasta el borde del vaso, ¿percibe algún cambio en la ficha? ¿Cuáles cambios observó en la ficha? Al variar la posición del observador ¿Qué trayectoria seguirá la luz en estos casos?</p> <p>Para terminar, se propone un experimento, utilizando alfileres y un trozo de gelatina sin sabor cortada cuidadosamente como un prisma rectangular. Con esto, se formulan las siguientes preguntas y actividades:</p> <p>Preguntas: ¿existe una diferencia entre ambos ángulos? ¿Existe alguna relación entre los ángulos incidentes y los refractados? ¿qué explicaciones podría dar a lo observado?</p> <p>Actividad:</p>
--------------------------------------	---	-----------------------------------	---

		<ul style="list-style-type: none"> ● Represente gráficamente lo observado en el experimento realizado. ● Desde lo observado explique con sus palabras qué ocurre allí con la luz. ● Elabore algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz con base en las experiencias y experimentos anteriores. <p>Por último, se pide a las estudiantes que realicen una guía que recoge lo trabajado en el momento de las clases, añadiendo una representación gráfica al respecto.</p>
--	--	---

Tabla 2. Descripción de los momentos de la propuesta de aula. Fuente: elaboración propia.

5. Implementación de la propuesta de aula

Esta propuesta se desarrolló con 35 estudiantes de grado undécimo del Colegio Nuestra Señora de Nazareth, ubicado en la localidad de Bosa, Bogotá, en el espacio académico de Física, en 6 sesiones cada una de dos horas, a través de video llamadas por la plataforma Google Meet¹². Además, se desarrollaron 7 guías que fueron compartidas por una página web¹³ diseñada y creada por los docentes, con el fin de almacenar las actividades que realizaron las estudiantes y organizar los momentos de clase, esto permitió tener una secuencia ordenada para realizar la sistematización de la propuesta de aula.

Con base en lo anterior, se realizó un análisis de las sesiones de la implementación grabadas en videos, las respuestas de las guías, las explicaciones y representaciones que las estudiantes desarrollaron en los momentos propuestos. Para esto, se organizaron los momentos en tablas¹⁴ para su debido análisis, de los cuales se construyeron los diferentes criterios de análisis.

Por último, se aclara que no se utilizan los nombres de las estudiantes participantes para referenciar sus explicaciones o representaciones, por lo que fueron enumeradas de 1 a 35, teniendo en cuenta la lista del curso, debido a que todas ellas son menores de edad.

5.1 Análisis de la implementación

A continuación, se realiza un análisis de cada uno de los momentos de la implementación de las actividades desarrolladas por las estudiantes de grado undécimo, las cuales se organizan teniendo en cuenta sus explicaciones y representaciones.

5.1.1 Análisis del momento 1: identificando los principales aspectos en la acción de ver

Este primer momento de clase se desarrolló con estudiantes de undécimo grado, esto con el fin de conocer sus primeras ideas y explicaciones que pueden presentarse o generarse acerca de los aspectos necesarios para ver un objeto mediante una serie de experiencias y preguntas. En tal sentido, los docentes comienzan la sesión planteando una serie de preguntas, las cuales iban

¹² Ver Anexo Ñ.

¹³ Ver Anexo N.

¹⁴ Ver anexo A.

estructurando algunas ideas necesarias para describir dichos aspectos y generan ciertas discusiones e intervenciones de diferentes estudiantes.

Este momento tenía como objetivo que las estudiantes indagaran sobre tres aspectos principales que nos permiten ver un objeto, como lo son la presencia de una o varias fuentes de luz, primarias o secundarias, la importancia del observador y su posición y por supuesto la presencia de la luz que ilumina los objetos. Teniendo en cuenta esto, se realizó un análisis al momento uno, teniendo en cuenta que se dividió en tres partes, uno por cada aspecto mencionado anteriormente.

En la primera parte de la sesión de clase junto a la guía, se propiciaron discusiones acerca de la pregunta ¿cómo es posible ver un objeto, cuando se está en una habitación totalmente oscura?, con esto, las estudiantes describieron situaciones que dejaban distinguir la importancia que ellas le dan a la luz, como “algo” importante para poder ver, ya que como lo muestran sus descripciones, se encuentran afirmaciones como: “es necesario usar una linterna” (Estudiante 9, 2020), “encender el bombillo de la habitación”(Estudiante 1, 2020), “usar una vela”(Estudiante 2, 2020), “prender la pantalla del celular”(Estudiante 9, 2020), “debemos buscar un interruptor para prender la luz”(Estudiante 3, 2020) o “en algunos casos se podría ver el objeto si el objeto irradiara luz, permitiendo que se vea el objeto así esté en la habitación oscura”(Estudiante 16, 2020). Sin embargo, y cómo observamos, de estas afirmaciones se puede identificar otro aspecto interesante, y es que, para ellas, no solo existe una forma de generar la luz necesaria para ver un objeto, por el contrario, para ellas existen múltiples formas de hacerlo, distinguiendo a su paso varias fuentes comunes, e incluso en un último comentario se identifica que el mismo objeto podría ser el que “irradie luz”.

En una segunda parte, se añadió otra variable a la situación, ahora las estudiantes, como observadoras, debían situarse fuera de la habitación y cerrar la puerta, por lo que ahora no era posible ver el objeto que seguía dentro, ¿Qué podrían hacer para verlo? En este caso, surgieron diferentes perspectivas de cómo era posible hacerlo, ya que se identificaron respuestas como; “Es necesario entrar a la habitación”(Varias estudiantes, 2020), “solo podemos ver el objeto si estamos dentro de la habitación”(Estudiante 9, 2020), “Profe, se hace evidente que la posición de la persona que está observando el objeto es importante, ya que, en ocasiones, como la anterior, existen objetos que se interponen entre lo que estamos viendo, por lo que movernos hasta verlo de nuevo es lo mejor que podemos hacer”(Estudiante 17, 2020), “No puedo ver nada a menos de que bajo la puerta

o en algún lado de ella haya un hueco y me permita verlo, para poder ver el objeto necesito volver a abrir la puerta”(Estudiante 13, 2020) “No podría, ya que si hay un objeto en frente de nosotros en cuanto a material y tamaño que no nos permita a nosotros quien somos los observadores poder ver el objeto que deseamos, así que en este caso la luz está pero ahora el factor que más se implica él es espacio (ubicación), lo correcto sería estar por delante de la puerta y que el objeto logre estar en nuestro campo visual” (Estudiante 34, 2020).

Es importante denotar que de las afirmaciones anteriores, se pueden tomar varios elementos que resultan interesantes y que nos muestran cómo las estudiantes colocan al observador como un ente importante (incluso por encima de la luz, para este caso), ya que en todas las respuestas se encuentra que es necesario moverse para localizar y ver el objeto, sin embargo, también se describen otros aspectos que vale la pena mencionar, como lo son la aparición de objetos que se interponen en la visión de la persona y no las deja ver, esto como una primera mención o ideas previas de los materiales opacos, que no dejan cruzar la luz a través de estos, además se resalta la expresión “campo visual” ya que al parecer para algunas de las estudiantes la visión tiene un límite, y una forma de representarlo, tal y como lo mencionaba Euclides en sus trabajos sobre la óptica y que son brevemente mencionados al comienzo de este trabajo. Por último, otra idea interesante que surge aquí, es el hecho de que es posible ver el objeto si se cuenta tan solo con un pequeño orificio como un hueco, algo que nos hace recordar las visiones de Alhazen y sus máquinas oscuras.

En la tercera y última parte de este momento de clase, se hace referencia a las fuentes de luz, y como se pueden dividir en primarias y secundarias. Para comenzar, se pregunta a las estudiantes por las fuentes de luz que conocen, por lo que rápidamente aparecen respuestas comunes entre varias estudiantes como: “El Sol que es la principal”, “las lámparas”, “las luciérnagas”, “los fósforos encendidos” entre otros, en los cuales se identifica, que para ellas, resulta una característica propia de las fuentes que emitan luz por sí mismas, algo que hace referencia a las primarias, pero no a las secundarias; aun así este hecho deja de ser tan evidente para ellas, cuando una estudiante menciona que la Luna también es una fuente, lo que genera discusión, ya que como ellas mismas lo expresan, esta no emite luz por sí misma, pero como lo dice una estudiante “La luna no emite luz, solo refleja la luz que emite el sol”(Estudiante 3, 2020) y añade otra estudiante “la luna si emite luz, no de una forma directa, pero si indirecta”(Estudiante 9, 2020) por lo que indirectamente, se hace alusión a unas de las características que le da Alhazen a las fuentes de luz

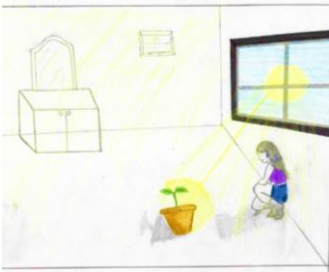
secundarias, que no emiten luz por sí solas, sino que reflejan esta después de ser emitida por otra fuente, además de describir una primera aproximación a uno de los fenómenos que se quieren estudiar, la reflexión.

En este primer análisis, se encuentran aspectos interesantes sobre la acción de ver y a su vez aparecen elementos que se muestran como importantes para las estudiantes, en cuanto a sus descripciones, experiencias y representaciones. Estas proporcionan, además, diferentes explicaciones y análisis que se dividen en una serie de criterios de análisis relacionados a la luz como ente que ilumina los objetos, el observador y su “campo visual” y por supuesto las fuentes como emisoras de luz hacia el objeto y el observador. Por esto, se organizan de la siguiente manera:

- La relación luz – objeto en cuanto a la acción de ver.
- La relación objeto – observador en cuanto a la acción de ver.
- La relación fuentes de luz – objeto – observador en cuanto a la acción de ver.

5.1.1.1 La relación luz – objeto en cuanto a la acción de ver

Como se colocó a modo de introducción en el análisis del momento anterior, las estudiantes instauran relaciones directas entre la luz y el poder ver un objeto, ya que en sus respuestas se encuentra que es necesario alumbrar para ver, y que en una habitación oscura “no es posible ver el objeto, porque no hay luz” (Estudiante 27, 2020). Esto nos deja evidenciar que para ellas la luz se presenta como algo imprescindible en la acción de ver, sin embargo, al momento de hacer representaciones gráficas o dibujos que describan aquellas explicaciones aparecían otros aspectos interesantes que se describen a continuación.

Representación	Análisis
	<p>Como se evidencia, en esta representación se muestra como la luz del sol incide directamente en el objeto después de entrar por la ventana. Por otro lado, se identifica que la representa con múltiples rayos que iluminan toda la habitación, resaltando uno de ellos como modo de describir que golpea el objeto. Además, añade un</p>


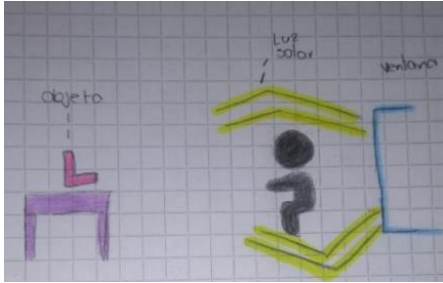
<p>Representación del momento 1(A). “Intente en mi representación de los rayos de luz y como ilumina los objetos” Fuente: Estudiante 22.</p>	<p>efecto de luz medio esférica que muestra cómo para ella, la luz no ilumina completamente el objeto, sino una parte de este, por lo que termina apareciendo sombra.</p>
<p>Representación del momento 1 (B). “Rayo de luz” Fuente: Estudiante 13.</p> 	<p>Tal y como en la representación anterior, la luz resulta representada por rayos, los cuales salen del sol de una manera cónica alumbrando todo lo que está en la habitación, incluyendo al objeto y la persona. Pero para este caso, los rayos no se mantienen constantes, sino que al parecer se representa por una línea fragmentada.</p>
<p>Representación del momento 1 (C). “Objeto – Luz solar – Ventana” Fuente: Estudiante 25.</p> 	<p>En este caso, la luz nuevamente se representa linealmente como un rayo, sin embargo, se evidencia una diferencia notoria con respecto a las representaciones anteriores y es que, en este caso, al parecer la luz se desvía para sobreponerse al observador y llegar al objeto. Por lo que se evidencia la relación luz – objeto sin tener en cuenta al observador, ya que la luz no interactúa con el observador, según la representación.</p>

Tabla 3. Análisis sobre las representaciones en torno a la relación luz – objeto en cuanto a la acción de ver. Fuente: elaboración propia.


Este criterio, está construido bajo la mirada de que a pesar de que las estudiantes dibujan a la persona, parece ser que este no tiene un papel contundente en la acción de ver, ya que se identifica que solo se tiene en cuenta a la luz hasta que llega al objeto o se dirige a este y lo ilumina, pero no se hace una descripción de cómo llega hasta el observador.

Otro aspecto que se puede identificar, es que para ellas la luz se representa mediante rayos que de alguna manera llegan hasta el objeto y lo iluminan, a pesar de que en sus explicaciones orales y escritas nunca se mencionó esta palabra, lo cual puede ser indicio de que las estudiantes han visto o trabajado con modelos de este tipo lineal, donde se representa la luz mediante rayos.

La representación del momento 1 (A) y (B) nos muestran como una cantidad considerable de rayos de luz llegan al objeto y alrededores y los iluminan, pero la (C), nos muestra algo diferente, solo se realizan cuatro rayos, que rodean al observador y se dirigen al objeto, por lo que al parecer para esta estudiante la interacción de la luz y el observador es mínima y la acción de ver se centra en la iluminación del objeto.

5.1.1.2 La relación objeto – observador en cuanto a la acción de ver

Este criterio nace del análisis de ciertas representaciones que realizaron las estudiantes sobre la acción de ver un objeto y que vinculan directamente al observador, pero no a la luz. En ese orden de ideas, se representa el objeto y el observador, pero no se hace énfasis a la luz, por lo que aparecen nuevos elementos en las explicaciones de las estudiantes que no se vinculan a sus explicaciones orales donde la luz siempre aparecía como prioritaria, sin embargo, no resultan incoherentes ya que se muestra la relación objeto – observador como importante.

Representación	Análisis
	<p>En estas representaciones se muestra al observador y al objeto dentro de lo que parece una habitación con una ventana y cortinas abiertas, por lo que parece lógico para las estudiantes que hay presencia de luz en la habitación, sin embargo, no le dan gran trascendencia a este hecho, sino que se centran en cómo el observador ve el objeto, esto se puede</p>



 <p>Representación del momento 1 (D) y (E). “Para ver el objeto necesitamos que no exista nada entre él y el objeto” Fuente: (D) Estudiante. (E) Estudiante 23</p>	<p>identificar por la disposición en la que están las personas, mirando de frente al objeto sin nada que se interponga entre ellos, lo cual claramente es más evidente en la representación D. Además, en sus explicaciones relatan precisamente que para ver el objeto solo necesita que nada se interponga entre su visión y este.</p>
 <p>Representación del momento 1 (F). “Ahora el factor que más se implica es el espacio (ubicación)” Fuente: Estudiante 14.</p>	<p>En este caso, la estudiante describe que el factor más importante no es la luz, sino el espacio o ubicación del observador, el cual debe estar en un punto donde pueda fijar su mirada al objeto. Además, a diferencia de las demás representaciones no realiza la ventana, ni ningún objeto que emita luz, dejando en claro su postura.</p>

Tabla 4. *Análisis sobre las representaciones en torno a la relación objeto – observador en cuanto a la acción de ver.* Fuente: elaboración propia.

Este segundo criterio resulta bastante interesante de analizar, ya que se evidencia que para las estudiantes existe un aspecto más importante en la acción de ver, que solo la luz, y es el observador como principal protagonista, bajo esa mirada dejan de lado en sus dibujos las representaciones de la luz, y se centran en describir cómo el observador y el objeto tienen una relación en lo que ellas consideran para observar, de tal forma que no solo lo hacen gráficamente sino también en parte de sus explicaciones donde destacan que la posición del observador es el factor clave, así como que no se interpongan objetos que tapen aquella visión que se tiene.

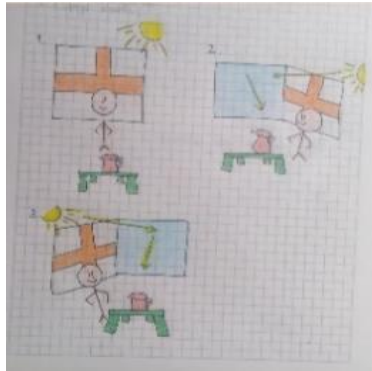
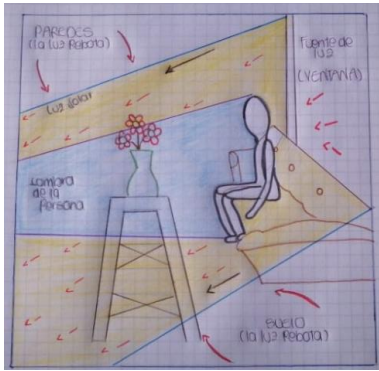
En ese orden de ideas, además aparecen dos elementos importantes en estas representaciones, la primera mostrada en las representaciones del momento 1 (D y E), donde a pesar de que no se haga una ilustración de la luz, sí se hace la ventana y queda especificado que las cortinas están abiertas, proporcionando la entrada de esta, no obstante, este factor parece ser solo necesario para alumbrar la ficha, ya que sus dibujos se centran en mostrar cómo el observador fija su mirada en el objeto, dándole una especial importancia. El segundo elemento que se identifica es gracias a la representación del momento 1 (F), en el que se explicita que la ubicación del observador es sumamente importante para ver el objeto, por lo cual se realiza el dibujo de la persona desde dos perspectivas diferentes, dejando en claro este hecho, además se añade puntualmente y de manera escrito lo mismo.

Con respecto a lo anterior, se aclara que las estudiantes si tienen en cuenta la luz en la acción de ver, solamente que en el ejercicio de representar la actividad, parece ser más elocuente que el observador sea el principal protagonista, dando a conocer que sin este no es posible visualizar los objetos; añadiendo además la importancia de su posición, en la que parece ser que hacerse de frente al objeto, sin interrupciones de otros materiales en lo que algunas denominan su “campo visual”, como lo hacía Euclides, resulta siendo la mejor opción para identificar y ver el objeto.

5.1.1.3 La relación fuentes de luz – objeto – observador en cuanto a la acción de ver

Como último criterio, se exalta la relación fuentes de luz – objeto – observador, en cuanto que algunas estudiantes tuvieron en cuenta estos tres aspectos cuando realizaron sus explicaciones orales, escritas y representaciones. Este hecho, se puede identificar gracias a las representaciones que hacen en sus dibujos y como, al momento de expresarlo, resaltan estas tres como importantes en la acción de ver. A continuación, se describen algunas de esas explicaciones:

Representación	Análisis
<div data-bbox="293 285 683 575" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="293 590 683 827" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="201 846 776 1539"> Representación del momento 1 (G) y (H). “Las fuentes de luz pueden ser primarias o secundarias. Las primarias producen la luz que emiten. Las secundarias reflejan la luz de otra fuente; por ejemplo, la luna no produce luz, sino reflejar la luz producida por el Sol. A su vez, entre las fuentes primarias se puede distinguir entre fuentes naturales (el Sol) o artificiales (una lámpara) otras fuentes de luz son: las estrellas, los bombillos, las luciérnagas, el espejo, los fósforos, las lámparas, el sol.” Fuente: (G) Estudiante 32. (H) Estudiante 1. </p>	<p data-bbox="802 289 1435 1094"> Estas representaciones muestran diferentes aspectos interesantes, como lo son resaltar el hecho de que existen diferentes fuentes, que según sea su tipo, emiten o no luz por sí solas, o como esta viaja hasta llegar al observador después de golpear al objeto (fuentes secundarias). En otras palabras, se describe una relación no solo de existencia de la luz, el objeto y el observador, sino además se sostiene que estos tres aspectos son necesarios para poder ver el objeto y están ligados por la dirección que sigue la luz. Bajo esta premisa, se describe que la luz sale de una fuente primaria (sol, estrellas o fuego de la vela), llega hasta los objetos, los ilumina, y de allí esa luz se dirige hasta el observador, que los puede ver. </p> <p data-bbox="802 1115 1435 1749"> La explicación de estas representaciones se solidifica cuando las estudiantes describen la existencia de fuentes primarias y secundarias, en las que las primeras emiten luz y las segundas la reflejan. Por otro lado, la palabra “refleja” demuestra que las estudiantes están comenzando a estructurar explicaciones relacionadas a uno de los fenómenos clave de este trabajo, la reflexión, demostrando así que las ideas de Alhazen respecto a las fuentes de luz resultan propicias para la comprensión de dicha característica de la luz. </p>



Representación del momento 1 (I) y (J). “Las fuentes de luz secundarias son aquellas que reflejan la luz de una fuente de luz primaria, entonces, la mayoría de los objetos que vemos lo son” Fuente: (I) Estudiante 4. (J) Estudiante 22.

Para este caso, se identifica una relación entre el observador y las fuentes de luz, donde al parecer se hace énfasis en las secundarias ya que por ejemplo en la representación I se describe literalmente que la luz “rebota” en las paredes, algo similar a los que se muestra en la representación J donde las flechas muestran esta misma relación.

Otro aspecto que resulta interesante mencionar es que a diferencia de la representación del momento 1 G y H, la luz a pesar de rebotar en las paredes y llegar al objeto, no se tiene en cuenta que a su vez su trayectoria finaliza en el observador, aunque si se tiene en cuenta en I que la persona produce una sombra, lo cual, de alguna forma muestra como si existe una correspondencia con la luz.

Por último, y en relación a sus descripciones, se exalta que las estudiantes tienen en cuenta que la mayoría de los objetos son fuentes secundarias de luz, por lo que hacen relaciones con las paredes de sus habitaciones.



Representación del momento 1 (K).

Esta representación parece mostrar cómo la luz es emitida por una fuente de luz primaria como lo es el sol, la cual ingresa por la ventana y ilumina al observador, lo cual produce que el observador pueda ver el objeto, sin embargo, la explicación oral que le da la estudiante resulta siendo algo diferente, pues para ella la luz ingresa a la habitación, ilumina al florero y se refleja hasta llegar al observador, por lo que de esta manera

<p>“Quería mostrar la situación de la experiencia, como la luz ingresa a través de la ventana, e ilumina el florero, y aunque mi cuerpo obstruía el paso de la luz, igual era posible ver el florero gracias al reflejo de la luz” Fuente: Estudiante 33.</p>	<p>puede ver el objeto. Aunque también describe que la sombra obstruye el paso de la luz, aclara que, si es posible ver el objeto, por lo que para diferenciar la iluminación de las dos fuentes de luz (sol y florero) representa estas con dos colores diferentes (amarilla y azul).</p>
---	--

Tabla 5. *Análisis sobre las representaciones en torno a la relación luz – objeto – observador en cuanto a la acción de ver.* Fuente: elaboración propia.

Estas últimas representaciones y descripciones aportan explicaciones de las estudiantes acerca de la relación que existe entre las fuentes de luz, el objeto donde la luz llega y es reflejada y el observador. Sin embargo, se pueden identificar diferencias entre los dibujos y su forma de interpretar como la luz actúa en estos, pues para algunas se trata de una relación ordenada (Representación del momento 1 G y H), donde primero golpea a los objetos y luego se dirige al observador haciéndose visible este último.

Por otro lado, se evidencia que estas afirmaciones se ven contrapuestas por otras (Representación del momento 1 I y J), en las que la luz parece seguir trayectorias diferentes, en las que al salir de la fuente primaria se dirige hacia varias direcciones, golpear con diferentes lugares de la habitación, como paredes, y de esa forma si llegar al objeto, donde se hace visible para el observador, sin tener en cuenta que también se refleja.

También se exalta la representación de una estudiante (Representación del momento 1 K), que hace la diferencia entre la luz que se emite de una fuente de luz primaria y la que capta el observador cuando ya se refleja en el objeto que es una fuente secundaria, ya que describe que la emisión es menor en esta última, haciéndose con un color diferente (azul), resaltando además la existencia de una sombra, por lo que la luz de la fuente primaria parece incidir no solo en el objeto, sino también en la persona.

Como comentario final, se identifica que varias estudiantes representan la luz mediante rayos o líneas rectas, aunque en sus explicaciones escritas no lo describen así, por lo que parece ser que

probablemente ellas ya han tenido cercanía con representaciones que describen a la luz de esta forma, como por ejemplo programas de televisión, como caricaturas, libros, páginas web o espacios académicos. Pero, al parecer estas fuentes de conocimiento, no nublan sus explicaciones escritas u orales, donde se habla de luz y como esta viaja en diferentes direcciones, como se demuestra en el siguiente criterio. También, se identifica que este ejercicio de experiencias sencillas, pero dirigidas, resultan interesantes, en cuanto en que se encuentran explicaciones comunes en ciertos puntos, con los de pensadores antiguos como Euclides o Alhazen, pues se relacionan a campos visuales y fuentes de luz, respectivamente, por lo que se identifica como la observación y análisis a situaciones comunes puede resultar apropiada para construir unas primeras explicaciones sobre fenómenos más complejos como la reflexión y refracción.

5.1.2 Análisis del momento 2: la dirección de la luz

A partir de la primera sesión se logró caracterizar algunos aspectos importantes involucrados con la acción de ver un objeto como: la luz, el observador, la posición del observador las fuentes de luz primarias y secundarias, en el segundo criterio de análisis se toma únicamente la dirección de la luz, ya que esta actividad tiene como objetivo caracterizar la luz cuando se propaga; Teniendo como base el desarrollo del momento 1, se realizó una experiencia la cual permitió generar explicaciones por parte de las estudiantes sobre la dirección de la luz, además permitió iniciar con la caracterización de los objetos opacos y no opacos.

En esta experiencia las estudiantes en sus casas estaban ubicadas en una habitación oscura que tenía un bombillo, el cual posteriormente encendieron luego se ubicaron debajo de esta fuente de luz y observaron en todas las direcciones los objetos que estaban en la habitación.

A partir de esta experiencia se planteó la siguiente interrogante: ¿La luz del bombillo ilumina todos los objetos que están en la habitación?, con base en esta, las estudiantes respondieron: “No, ya que lugares como debajo de la cama o dentro de un armario con la puerta cerrada, la luz del bombillo no alcanza a llegar para poder ver que hay allí”(Estudiante 27, 2020) o “La luz del bombillo sí ilumina todos los objetos que están dentro de mi habitación, la luz se propaga en todas las direcciones iluminando cada objeto, sin embargo, aunque ilumina todos los objetos, no llega a todos los espacios, por ejemplo, el espacio que está entre el armario y la mesita de noche, ya que en este punto hay sombra, al igual que en otro más, teniendo en cuenta esto, me doy cuenta que influye mucho el material de los

objetos que se encuentren en la habitación y la ubicación de estos mismos, por ejemplo, los que son de un material opaco, impiden el paso de la luz, pero los que son traslúcidos o transparentes, permiten que la luz viaje a través de ellos, partiendo de este punto, la ubicación genera un efecto como lo decía anteriormente, ya que si tengo un objeto de material translúcido transparente frente a uno de material opaco, ambos objetos se verían iluminados, pero, si están ubicados de manera inversa, se genera el efecto contrario, y mi respuesta sería totalmente distinta” (Estudiante 33, 2020).

Con base en las respuestas sobre la experiencia se tiene en cuenta que ellas reconocen que la luz llega a distintas partes de la habitación, por esto, se infiere que ellas hacen implícito este hecho, ya que explican que la luz llega a todos los objetos opacos y no opacos, también en sus representaciones señalan la dirección de la luz hacia diferentes partes de la habitación. Además, describen que se puede ver si hay objetos opacos como: “No debido a que hay objetos que obstaculizan la entrada de la luz, además, de que el ángulo de esta afecta como la entrada de esta a otros lugares”(Estudiante 11, 2020), ellas lo hacen de forma implícita, pero, en la sesión de la video llamada lo explican cómo: “Intente en mi representación de los rayos de luz y como ilumina los objetos opacos”(Estudiante 24, 2020), con estas explicaciones las estudiantes iniciaron a tener un reconocimiento base sobre algunas características de estos.

Ahora bien, retomando en qué dirección se propaga la luz, las estudiantes explicaron en la videollamada sus representaciones, algunas comentaron que: “La luz que sale del bombillo hasta los objetos y lo representé con flechitas” (Estudiante 9, 2020); otras dijeron “hay dos tipos de dirección de la luz que se representaron la primera la que llega hasta los objetos y la segunda la que rebota y llegan hasta nuestros ojos” (Estudiante 11, 2020). A partir de esta referencia sobre la dirección de la luz, se encuentran unas primeras referencias de la reflexión de la luz; ya que con estas explicaciones de las estudiantes denotan que la luz se refleja en los objetos opacos, a pesar de que ellas aun no lo caractericen con el término reflexión de la luz. Estas intervenciones son el contexto para desarrollar los siguientes momentos que estaban enfocados en obtener unas primeras ideas sobre la reflexión de la luz.

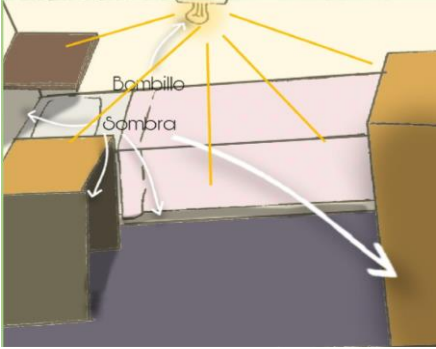
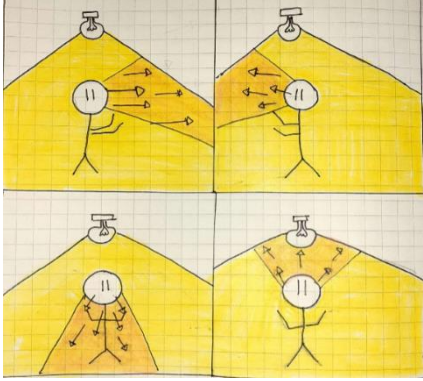
A continuación, se muestra una tabla donde se abordan las ideas de las estudiantes tanto en las respuestas de la actividad como la discusión en la video llamada.

<p>Algunas explicaciones sobre la dirección de la luz</p>	<p>Algunas explicaciones sobre los objetos opacos y no opacos</p>	<p>Algunas ideas base sobre la reflexión de la luz</p>
<p>“La luz llega a todas las partes de la habitación, si el cuarto es de color blanco es posible que el reflejo de la luz le dé más iluminación y así se puedan ver los objetos fácilmente.” (Estudiante 9, 2020) y “Representé la luz del bombillo con flechitas ya que para mí tiene esa forma” (Estudiante 30, 2020).</p>	<p>“Aunque la bombilla tiene gran capacidad para alumbrar, es complicado que alumbre absolutamente todos los objetos, es decir que, si hay algo guardado o algo que esté tapado por algo más, no lo vas a ver a simple vista” (Estudiante 12, 2020)</p>	<p>“La luz rebota hacia todas las direcciones permitiendo que se vea con mucha claridad todo lo que está alrededor del cuarto, desde otra perspectiva lo que no se vería, sería el interior de los objetos puesto que no están en un espacio abierto para que le dé la luz, por otra parte, dependiendo donde estemos taparemos la luz que refleja nuestra silueta” (Estudiante 34, 2020).</p>
<p>“En el caso de mi habitación, el bombillo está ubicado en un lado de la pared, si observo hacia todas las direcciones, ilumina los objetos que son más notorios, y no están en la superficie, ya que hay otros que están detrás o al lado de escritorios, o cosas altas, que lo que hacen es tapanle la luz, y hacer que esa parte</p>	<p>“Intente en mi representación de los rayos de luz y como ilumina los objetos opacos” (Estudiante 3, 2020). “Para mí los objetos no opacos no dejan pasar la luz, pero los no opacos, si lo dejan hacer” (Estudiante 19, 2020).</p>	<p>“Se ubica en todo el centro debido a que trata de iluminar la gran mayoría de objetos que posee y ayuda a que nosotros lo podamos evidenciar. No iluminará todo ya que existen cosas más pequeñas que otras, se ocultan detrás de ella. Supongamos la cama, el bombillo la iluminará, pero lo que está debajo de ella</p>

<p>sigas oscuras (Estudiante 18, 2020).</p>		<p>hay un hueco, para que pueda encontrar las cosas podría usar una linterna o sacar algunos objetos que impidan la luz y así me brinde mayor visibilidad, también se puede mencionar que con nuestra misma presencia reflejaremos una sombra” (Estudiante 13, 2020).</p>
---	--	---

Tabla 6. *Explicación de las estudiantes sobre la dirección de la luz, los objetos opacos y no opacos y algunas ideas base sobre la reflexión de la luz.* Fuente: elaboración propia.

Con base en la explicación, en especial de la tercera columna de la tabla 6, se consideró que las estudiantes relacionan las descripciones y explicaciones del momento 1 (actividad 1) con la experiencia del momento 2 (actividad 2). A partir de esto, se puede señalar, además, que las estudiantes iniciaron a caracterizar los objetos opacos y no opacos. En la tabla 6 con respecto a la dirección de la luz no se hace mucho énfasis en la representación de esta, pero, se logra visualizar en sus representaciones, como se muestra a continuación.

Explicación sobre la experiencia 2	Representación de la experiencia	Análisis
<p>“No, debido a que hay objetos que obstaculizan la entrada de la luz, además, de que el ángulo de esta afecta como la entrada de esta a otros lugares” (Estudiantes 14, 2020).</p>	 <p>Representación de la experiencia del momento 2 (A). Fuente: Estudiante 3.</p>	<p>Se evidenció que la estudiante hace referencia a que no se pueden visualizar los objetos que no sean iluminados. En su representación muestra la luz con unas líneas de color amarillo, estas hacen referencia a la luz que llega hasta el objeto.</p>
<p>“No, porque hay lugares en donde no llega la luz debido a que los mismos objetos hacen sombras y no dejan llegar ni filtrar la luz en toda la habitación, como, por ejemplo, debajo de la cama o dentro de un armario” (Estudiante 15, 2020).</p>	 <p>Representación de la experiencia del momento 2 (B). Fuente: Estudiante 13.</p>	<p>La explicación que realizó la estudiante hace referencia a las sombras que generan los objetos, se destaca en su representación la forma de representar la dirección de la luz según la posición del observador. Se infiere que tiene una idea similar a la de Euclides y Alhazen sobre la luz que sale del ojo y llega hasta el objeto. Se infiere la importancia del observador.</p>


<p>“Aunque ilumina todos los objetos, no llega a todos los espacios, por ejemplo, el espacio que está entre el armario y la mesita de noche, ya que en este punto hay sombra, al igual que en otro más, teniendo en cuenta esto, me doy cuenta de que influye mucho el material de los objetos que se encuentren en la habitación y la ubicación de estos mismos” (Estudiante 28, 2020).</p>	 <p>Representación de la experiencia del momento 2 (C). Fuente: Estudiante 33.</p>	<p>Se percibe como la estudiante atribuye al material de algunos objetos que la luz no llegue a todos los lugares de la habitación. Como se ha mencionado reiterativamente la diferencia de los objetos opacos y no opacos, ha permitido acercar unas ideas sobre la reflexión de la luz.</p> <p>En su representación muestra a la luz con unas líneas rectas en todas las direcciones, con esto se relaciona la idea de Kepler sobre la luz que viaja en todas las direcciones.</p>
--	---	--

Tabla 7. Explicaciones sobre la experiencia, con base en la pregunta: *¿La luz del bombillo ilumina todos los objetos que están en la habitación? y su respectiva representación.* Fuente: elaboración propia.

En este criterio de análisis sobre la dirección de la luz, se logró desarrollar el objetivo, en especial sobre la caracterización de la dirección de la luz y su representación, por esto, se logra obtener explicaciones donde implícitamente se desarrollen dichas ideas. Por otro lado, se destaca el hecho de que las estudiantes avanzaron hacia las primeras ideas sobre la reflexión de la luz como se muestra a continuación.

5.1.3 Análisis del momento 3 y 4: la reflexión de la luz

Se realizará un análisis sobre los momentos 3 y 4 los cuales tienen como objetivo: identificar algunos aspectos importantes entorno al fenómeno de la reflexión, con base en este objetivo se desarrollaron diferentes actividades con las estudiantes para complementar las primeras ideas que se describieron en el momento anterior, con respecto a que la luz se refleja en los objetos no opacos.

Para el momento 3 las estudiantes estaban ubicadas en una habitación iluminada en esta colocaron una ficha de dominó sobre una mesa y a unos 5cm de esta un objeto que se interponía entre sus ojos, de tal manera que se obstaculiza su visión y la ficha, luego se ubicaba a 1m de distancia del objeto. Con base en estas situaciones respondieron a las siguientes preguntas: ¿Qué tienen que hacer para ver la ficha, sin mover ninguno de los objetos? A lo cual y sintetizando algunas ideas de las estudiantes respondieron:

“Para lograr ver la ficha sin tener que mover ningún objeto es necesario ajustar nuestro cuerpo para lograr divisar la ficha que está siendo cubierta por otro objeto o interrumpiendo el campo de visión. El movimiento que se tiene que hacer puede ser en cualquier dirección según el ejercicio sin reducir la distancia de 1 metro, pero si se puede mover en cualquier dirección para lograr el ángulo de visión que nos permita ver la ficha, con esto también se cumple la condición de no mover ningún objeto” (Estudiante 3, 2020).

Con esta explicación se recalca que un aspecto relevante para ver un objeto al que se le interponen otros entre éste y el observador, es la posición del observador y la concepción de un objeto opaco, ya que este no pasa la luz, sino que la refleja, por lo que no es posible ver la ficha de dominó.

En la discusión de la video llamada las estudiantes explicaban: “No se puede ver la ficha ya que el objeto opaco no la deja ver” (Estudiante 29, 2020) además, argumentaron que:

“El observador debe cambiar de posición en la que estoy, ya que si estoy de frente es casi que imposible observar la ficha ya que el objeto que está al frente me va a impedir observar y como segundo el ángulo desde donde estoy para poder observar tendría que moverse horizontalmente hacia alguno de los dos lados” (Estudiante 25, 2020).

Con base en sus explicaciones encontramos que las estudiantes en esta actividad relacionan los aspectos enunciados en las primeras experiencias, como la posición del observador en este momento, también se destaca que relacionan los materiales opacos y no opacos en la explicación de la posibilidad de ver o no ver objetos.

Para la segunda parte de la actividad las estudiantes respondieron el siguiente interrogante: ¿Por qué la ficha no se puede observar cuando se interponen uno o varios objetos entre usted y esta?, con base en esta pregunta se involucran otros aspectos a la explicación que construyen las estudiantes, como el tamaño de los objetos observados, la forma de estos y su ubicación, entre otras características, ellas así lo explican: “porque el objeto que está enfrente de la ficha es más grande cómo es horizontal y verticalmente por ende es casi que imposible observar” (Estudiante 11, 2020) y “La ficha no se podrá ver ya que si es más pequeña que el objeto al que se interpone nos va a impedir tener una mejor visibilidad de la ficha pequeña”(Estudiante 34, 2020). Cuando se realizó la socialización del momento 2 (actividad 2), las estudiantes argumentaron que las características de los objetos influyen en el sentido de que no es posible verlos si se interpone uno más grande que otro, se denota que, aunque este no es un objetivo principal de las actividades desarrolladas, se han complementado de forma exitosa, ya que amplían las explicaciones que han construido las estudiantes, a partir de las experiencias propuestas por los docentes.

A continuación, se muestran algunas explicaciones de las estudiantes, en las cuales se organizan según los criterios hallados en la lectura y análisis de las respuestas escritas en las guías por ellas. A través de esto, en esta primera parte del momento 3 se obtuvieron unas explicaciones más completas con respecto al fenómeno de la reflexión de la luz, ya que a partir de la caracterización de los objetos y el rol de la posición del observador se inició a describir dicho fenómeno. Con base en el desarrollo del momento las estudiantes explicaron unas primeras ideas en torno a la reflexión de la luz, principalmente diferenciando las características de los objetos como por ejemplo la opacidad de estos.

Características de los objetos opacos.	Ubicación del observador	Explicaciones sobre la reflexión de la luz
<p>“Porque simplemente el objeto que tengo al frente mío es opaco y no me deja ver a mi vista que es lo que está detrás de él” (Estudiante 18, 2020).</p>	<p>“Para poder ver la ficha sin mover o afectar ningún objeto, la persona debe ubicarse de tal manera que logre ver el objeto sin que esta sufra alguna alteración” (Estudiante 7, 2020).</p>	<p>“Cuando se interpone algo delante de la ficha no se podría observar por los reflejos y rayos de luz que se reflejan para poder ver la ficha hay que ver en qué ángulo puedo ver la ficha y se toma en cuenta la superficie en que se colocó la ficha” (Estudiante 23, 2020).</p>
<p>“No se puede observar ya que el objeto es más grande que la ficha y esta obstruye la ficha” (Estudiante 15, 2020).</p>	<p>“Para ver la ficha sin mover ningún objeto se tiene que ajustar el campo de visión del ojo para así poder ver la ficha que está oculto por otro objeto. Además, para ver la ficha es necesario cambiar de posición como desplazarme hacia un lado, o levantarse y observar desde un punto más alto o incluso más bajo. otra cosa sería si estuviera en una superficie transparente” (Estudiante 29, 2020).</p>	<p>“La ficha no se puede ver porque el objeto es más grande que la ficha y el ángulo que tenemos no es el adecuado para lograr verla, por eso hacemos uso del espejo que nos sirve de ayuda como reflejo desde la misma posición” (Estudiante 33, 2020).</p>
<p>“No se puede observar ya que la ficha es pequeña y los objetos que se interponen son más grandes, aunque la luz está iluminando la</p>	<p>“Esto depende de la ubicación, si se está al frente de esta es lógico que no se va a poder visualizar la ficha, pero si nos desplazamos a un lado es posible verla, esto también es</p>	<p>“Como la ficha no se puede observar, ya que no se encuentra dentro del nuestro campo de visión, bajo estas condiciones lo que implica que los rayos de luz que se reflejan en la ficha no</p>

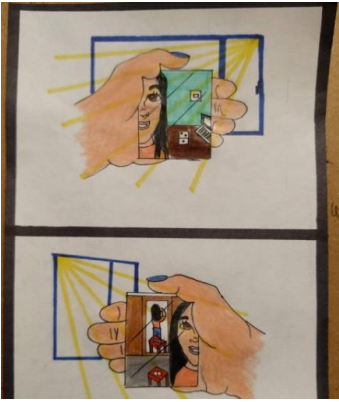
habitación no es suficiente” (Estudiante 11, 2020).	gracias a la iluminación que tiene la habitación” (Estudiante 4, 2020).	alcanzan al ojo con su posición actual y por eso es necesario moverse” (Estudiante 11, 2020).
---	---	---


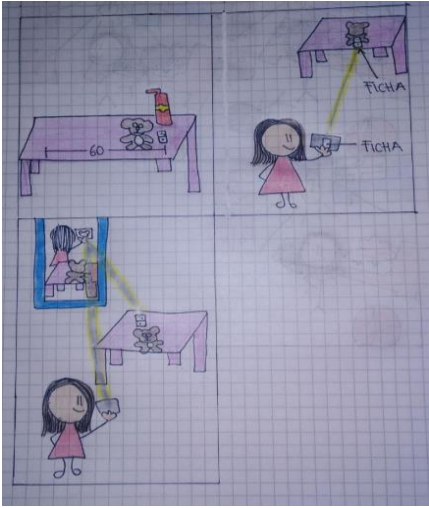
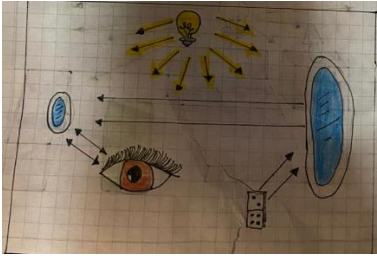
Tabla 8. *Algunas explicaciones elaboradas por las estudiantes con base en la experiencia 3.*

Fuente: elaboración propia.

La segunda parte del momento 3, era la experiencia 4 que se planteó a las estudiantes, ésta consistía en: ellas debían estar una habitación iluminada, en un primer momento, se ubicaban de espaldas a la ficha y con ayuda de un espejo plano debían lograr ver el objeto, moviendo el espejo hacia la derecha y luego repetían la experiencia, pero moviéndolo hacia la izquierda. En un segundo momento fijaron un espejo en una pared, luego se ubicaban de espaldas a este, después colocaron la ficha entre el espejo y ellas, por último, movían un segundo espejo con sus manos de tal forma que pudieran ver el objeto, reflejado desde el primer espejo.

Con esta experiencia se pretendía complementar las ideas de reflexión que se han desarrollado hasta este momento. Se solicitó a las estudiantes que realicen una representación de las situaciones, como una forma de explicitar y complementar algunos elementos de sus explicaciones. A continuación, se presentan algunas de sus elaboraciones:

Representación de la experiencia 4	Análisis
	<p>La estudiante representó la luz con líneas rectas, es importante destacar que toma en cuenta la posición del observador, y representa lo que él observa. Además, representa la disposición espacial del objeto respecto a los espejos.</p>

<p>Representación de la experiencia 4 del momento 3 (A). Fuente: Estudiante 35.</p>	
 <p>Representación de la experiencia 4 del momento 3 (B). Fuente: Estudiante 16.</p>	<p>En esta representación la estudiante muestra el observador, la ficha y la posición de su mano ubicándola, se evidencia que ella representa la luz con una línea punteada que se dirige a la ficha y al espejo. También se observa la disposición espacial en la que está ubicado el observador, la ficha y los espejos.</p>
 <p>Representación de la experiencia 4 del momento 3 (C). Fuente: Estudiante 21.</p>	<p>En esta representación llama la atención la posición de la estudiante y en especial como muestra la dirección de la luz en forma rectilínea, la cual le permite ver el objeto.</p>
	<p>En esta representación la estudiante muestra una fuente de luz primaria y cómo desde esta viaja la luz en todas las direcciones por medio de flechas, primero desde el bombillo, después a los espejos y por último al ojo.</p>

<p>Representación de la experiencia 4 del momento 3 (D). Fuente: Estudiante 10.</p>	
<div data-bbox="253 359 743 793" data-label="Image"> </div> <p>Representación de la experiencia 4 del momento 3 (E). Fuente: Estudiante 13.</p>	<p>En este caso la estudiante utiliza dos espejos los cuales muestran que al moverlos en uno si alcanza a ver la ficha, por esto la dirección de la luz se recalca con una línea más extensa, además muestra los dos tipos de fuente de luz, ya que representó un bombillo el cual emite luz en diferentes direcciones de la habitación.</p>

Tabla 9. *Representación y análisis de la experiencia 4 del momento 3*. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 9 con el análisis se permite concluir que las estudiantes tienen una idea más amplia sobre el fenómeno de la reflexión de la luz, con las representaciones complementan las explicaciones que realizaron en la actividad 3. Los aspectos que tienen en cuenta hasta este momento para el estudio de la reflexión de la luz son: la dirección de la luz, la posición del observador, algunas características de los objetos (forma, tamaño, opaco o no opaco). A partir de esto se realizó un experimento, porque este complementa la idea de la reflexión de la luz y permitió ampliar las explicaciones de las estudiantes.

Es importante mencionar que la posición de los objetos que se observan, tanto la ficha, como los espejos y otros objetos de referencia, permiten una mejor comprensión de los aspectos que permiten explicar la acción de ver, además, la distribución espacial es un aspecto que se debe destacar en estas explicaciones. Es esto lo que puede permitir la conexión con representaciones geométricas más abstractas como las que se consiguen con las siguientes actividades; la representación involucra lo que se observa, porque lo que muestran las estudiantes en sus representaciones es una

organización de lo que ellas consideran referencia, desde aquí es un punto de partida importante porque se liga a su experiencia de ver y luego se empieza a trascender en representaciones de los que no se ve como las líneas para establecer relaciones con la luz y lo que se observa. Por último, se reconoce que, si los objetos y sus imágenes en los espejos son del mismo tamaño, los espacios entre los objetos del cuarto cambian en el espejo o estos se mantienen, esto se relaciona con las diferencias de ver objetos a través de otros.

Por lo anterior, se diseñó un experimento en el cual, de alguna forma, caracterizaba y lograba tener unas explicaciones con más detalle sobre la reflexión de la luz, ya que el objetivo de este era ampliar las ideas de la reflexión de la luz y lograr formalizar las explicaciones de las estudiantes. Este consistió en dos partes en el primero se debían ubicar unos alfileres en línea recta, con base en esto se planteó el siguiente interrogante: ¿Cuál es la trayectoria que sigue la luz desde cada uno de los alfileres hasta llegar a sus ojos?, esta pregunta logró sintetizar de forma concreta en cómo se representa la dirección de la luz, ellas respondieron lo siguiente: “La luz tiene una trayectoria lineal, la sombra proyectada tiene una trayectoria dependiendo a su inclinación o a la posición que esté el observador” , “Se representa de una forma lineal cuyo objetivo es llegar a mi ojo con ayuda de la luz” (Estudiante 35, 2020), “Opino yo que es recta porque al tapar el primer alfiler con los demás esta luz solo me hace dejar ver a mi vista el primer alfiler pero muestra una mínima sombra en los demás”, además, en la discusión de la video llamada ellas afirmaron que: “Una línea recta, pero, si veo la sombra veo un reflejo” (Estudiante 12, 2020). Las estudiantes explican que, mirando de frente el primer alfiler, aparentemente la luz viaja en línea recta, con esto se comienza a familiarizar lo observado en el experimento con la concepción de la linealidad de la luz.

Después se realizó el siguiente interrogante: ¿Por qué no es posible ver a P5? , es decir, el último alfiler que estaba ubicado en la fila de los alfileres, ellas complementaron las explicaciones que habían realizado en la experiencia 3, cuando se interponen objetos opacos o más grandes cuando se quiere observar un objeto y estos están entre el objeto y el observador, pero, como es este caso los alfileres tenían la misma forma y tamaño ellas respondieron: “si lo vemos desde el primer alfiler , no es posible ver P5 ya que el alfiler P1 está alineado con los demás, esto es de acuerdo a la posición que se encuentre, porque si se mira desde la parte de arriba, se va a poder ver todos los alfileres sin ningún problema”(Estudiante 29, 2020), “Esto no es posible por la forma en que se le asignan los puestos de los alfileres, ya que es de una forma recta y tienen un mismo tamaño, por

esto no se puede evidenciar a P5”(Estudiante 31, 2020), por esto, las características de los objetos al momento del observarlos se convirtió en un aspecto principal, ya que las estudiantes familiarizaron la experiencia 3 con el experimento 1.

Con base en esta relación y sintetizando las explicaciones sobre la reflexión de la luz se planteó el experimento 2, este consistió en observar y medir el reflejo de unos alfileres que estaban ubicados a un ángulo de 45° , el cual abordó algunos aspectos importantes como: la posición del observador, la posición del ángulo incidente y el ángulo que se reflejó, la dirección de la luz, y el tamaño de los alfileres. Con base en el experimento 2 se realizó el siguiente interrogante: ¿qué relación encontró entre el ángulo formado por la trayectoria trazada desde P1 hasta C y el ángulo desde P4 hasta C? Como lo muestra la siguiente imagen:

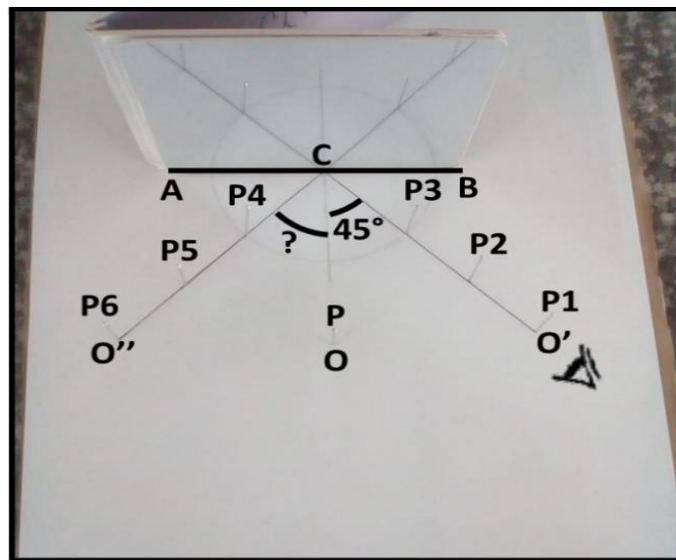
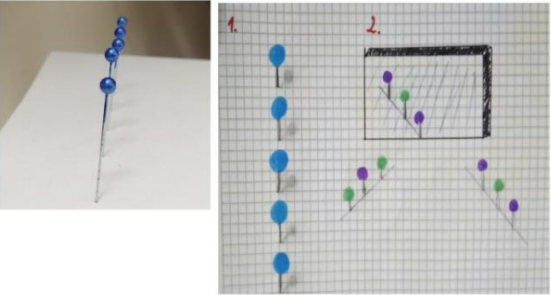
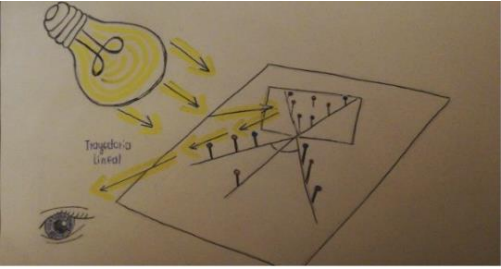
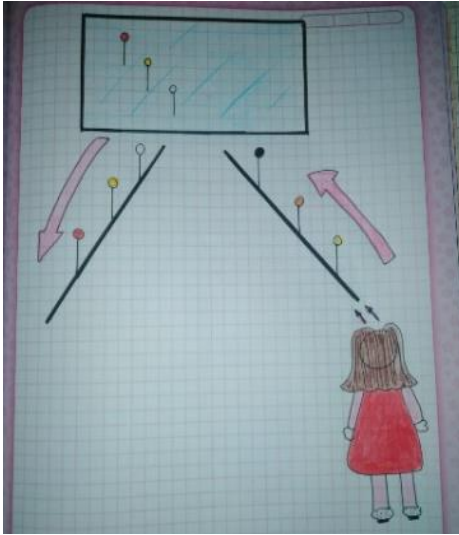


Imagen 12. Fotografía del experimento 2. Fuente: elaboración propia.

Ellas respondieron: “el ángulo de P1 a C es de 45° , del punto P4 a C es cercano a 45° ya que nos guiamos por P1 y el espejo para alinear los puntos de P4 a P6”, “Los ángulos formados entre los puntos P1 y P4 con respecto al punto C, son iguales cumpliendo una de las leyes de reflexión que indica que los ángulos incidentes y el ángulo del rayo reflectante son iguales”(Estudiante 21, 2020), “Gracias al reflejo que da el espejo la trayectoria del P1 al C y del P4 al C es el mismo ángulo de 45° aunque estén en diferentes posiciones” (Estudiante 12, 2020). Con las explicaciones anteriores las estudiantes muestran que el ángulo incidente y el ángulo reflejado es el mismo, ya que con

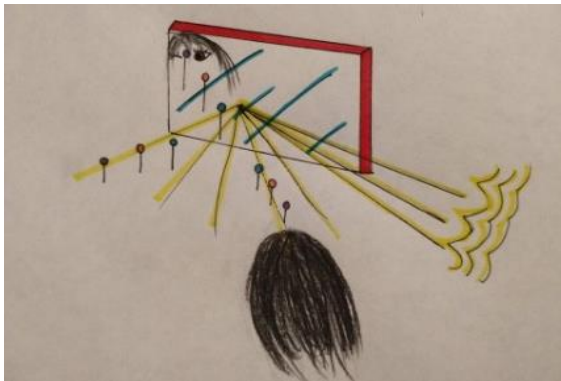
ayuda del espejo permite que el reflejo sea idéntico a la imagen proyectada sobre este, además, se destaca que relacionan los ángulos con la posición del observador y de los objetos, es decir, que, si se observan objetos que están ubicados, por ejemplo, a un ángulo de 45° , su reflejo va a estar ubicado a este mismo ángulo. A continuación, se muestran algunas fotografías de las representaciones del experimento 2 que realizaron las estudiantes, con el respectivo análisis que realizaron los docentes:

Fotografías y representaciones del experimento 2	Análisis
 <p>Representación del experimento 1 del momento 4 (A). Fuente: Estudiante 32.</p>	<p>En esta representación se destaca como la estudiante organizó en orden los colores de las cabezas de los alfileres con la imagen de estas cuando se reflejan en el espejo (morado, verde, morado). Además, las líneas que realizó sobre el espejo ya que muestra la sombra de estos.</p>
 <p>Representación del experimento 1 del momento 4 (B). Fuente: Estudiante 7.</p>	<p>Esta representación vincula diferentes aspectos como: una fuente de luz primaria (bombillo), la ubicación del observador (el ojo), la dirección de la luz representada con flechas, la posición de los alfileres y la posición de las imágenes de los alfileres en el espejo.</p>



Representación del experimento 1 del momento 4 (C). Fuente: Estudiante 30.

Esta representación muestra la dirección de la luz, representada con las flechas rojas y la dirección de la observación de la estudiante, la cual se representa con las flechas negras que están en los ojos del observador. La luz se refleja en el espejo y con esta se ubican los alfileres en la parte izquierda de la representación, por lo que no tiene en cuenta desde esa perspectiva las imágenes proyectadas en el espejo de esta hilera de alfileres.



Representación del experimento 1 del momento 4 (D). Fuente: Estudiante 35.

Esta representación muestra cómo las curvas de la parte derecha muestran la fuente, la cual proyecta la luz en todas las direcciones, sin embargo, solo una parte de toda esa luz se alinea con los alfileres y se vincula con la ubicación del observador y cómo él desde esa perspectiva ubica los alfileres de la parte izquierda siguiendo la trayectoria de la imagen proyectada en el espejo.

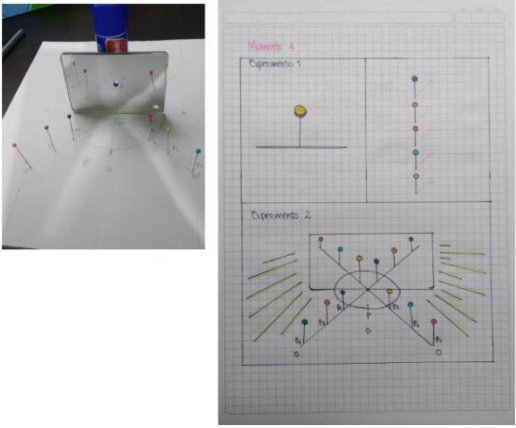
 <p>Representación del experimento 1 del momento 4 (E). Fuente: Estudiante 22.</p>	<p>En esta imagen la estudiante representó la dirección de la luz, la cual es emitida en todas las direcciones como lo afirmó Kepler, además, la organización de los alfileres por colores, le posibilita interpretar que el ángulo incidente tiene el mismo valor numérico al reflejado.</p>
---	---

Tabla 10. Representaciones elaboradas por las estudiantes del experimento 2. Fuente: elaboración propia.

Con las representaciones se solicitó: desde lo observado explique con sus palabras qué ocurre allí con la luz y elaboren explicaciones con respecto al fenómeno de la reflexión de la luz, algunas de las explicaciones se muestran en la siguiente tabla con su respectivo análisis.

Explicaciones sobre la reflexión de la luz	Análisis
<p>“De esta forma diríamos que de lado izquierdo se tendrían los rayos incidentes y de lado derecho los rayos reflectantes, con las líneas trazadas y los puntos marcados se puede evidenciar el cumplimiento de una de las leyes de reflexión la cual como se mencionó anteriormente indica que el ángulo de los rayos incidentes es exactamente” (Estudiante 29, 2020).</p>	<p>La estudiante hace referencia a una ley sobre la reflexión de la luz, que el ángulo incidente es el mismo al ángulo reflejado, esto ayuda a sintetizar uno de los aspectos importantes sobre la reflexión de la luz. Se infiere con la explicación que la estudiante acudió a una fuente de información externa, ya que no se mencionó en el transcurso de las actividades los términos: ángulo reflejado y ángulo incidente.</p>

	<p>Por otra parte, ella asume la relación de la linealidad de la luz con los rayos.</p>
<p>“La luz es un factor importante, ya que es la que me ayuda a ubicar tanto los ángulos como los alfileres a partir de la vista, cuando ubicamos diferentes ángulos siguen apareciendo diferentes figuras, pero es muy visible realmente este experimento nos ayuda a ver la trayectoria” (Estudiante 33, 2020).</p>	<p>El rol de la luz indica reiterativamente que es un aspecto principal el cual influye en la reflexión, además, de la ubicación de los alfileres con respecto a la relación de los ángulos.</p>
<p>“La luz proveniente en este caso de mi bombillo, ya que no entraba luz por mi ventana, se reflejaba o rebota a través del espejo, y entre los alfileres, hasta mis ojos, allí se podía observar que su trayectoria era lineal, debido a la sombra, ya que se lograba captar una línea recta” (Estudiante 12, 2020).</p>	<p>Menciona una fuente de luz primaria la cual es el bombillo, luego la dirección de la luz que va desde el bombillo, posteriormente por el espejo y por último hasta su ojo como lo afirmó Alhazen, además, lo caracteriza como una línea recta.</p>
<p>“En cuanto a la reflexión de la luz que evidencie allí, es el cambio de dirección de los rayos de luz que ocurre en un medio después de chocar sobre la superficie de otro medio distinto, es decir, los rayos de luz ambiente que chocan con el reflejo del espejo” (Estudiante 16, 2020).</p>	<p>El cambio de la dirección de la luz es un aspecto que las estudiantes tienen en la mayoría de sus explicaciones, además la mayoría la representan con líneas rectas, flechas o líneas punteadas.</p>
<p>“La luz que se refleja por el espejo me produce el ángulo de reflexión cambiando de dirección, pero aun así se sigue viendo la misma trayectoria de la figura, se ve del lado opuesto, pero sigue teniendo la misma distancia, lo cual hizo que el</p>	<p>Con esta explicación las estudiantes muestran que el ángulo de incidencia es el mismo que el reflejado, con respecto a su valor numérico. Además, que los ángulos sean los mismos,</p>

ángulo se acercara lo más posible a 45° " (Estudiante 10, 2020).	señalan que la distancia de los alfileres es la misma.
--	--

Tabla 11. *Análisis de algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz.* Fuente: elaboración propia.

En conclusión, con respecto a este criterio sobre el fenómeno de la reflexión de la luz, las estudiantes logran relacionar aspectos para el estudio de este fenómeno en sus explicaciones como: la luz y su representación en líneas rectas, su dirección, fuentes de luz primarias y secundarias, la ubicación del observador, los materiales opacos, los no opacos, la relación de los ángulos incidentes y reflejados, entre otros. Con el análisis y descripción de esta categoría, se ha cumplido uno de los objetivos del presente trabajo el cual es que las estudiantes amplíen sus explicaciones sobre este fenómeno de la óptica.

Es relevante mencionar que las estudiantes llegan a un nivel de abstracción donde las situaciones observadas ya no se representan directamente con lo que se observa, sino que se acude a la representación de constructos que no son observables, como líneas o flechas, esto les permite mostrar las relaciones que se están construyendo para explicar cómo se ve a través de espejos planos. Se sugiere que se realice una profundización en la construcción de algunos términos como recta, línea y segmento, con esto se podría hacer más explícitas las relaciones de lo observado, por ejemplo, en la experiencia de un alfiler a pesar de la alineación de varios de estos, como se representa lo que se observa a como se comprende.

Por otro lado, implícitamente a través de las experiencias y el experimento siguen las ideas de algunos científicos como: Kepler, Euclides y Alhazen, también, es importante mencionar que las estudiantes explican experiencias de su vida cotidiana con respecto al hecho de observar, y explicarlas con mayor propiedad, ya que como se mencionó en el contexto de origen se da por hecho que los estudiantes tengan las concepciones básicas para describir la reflexión de la luz, sin embargo, con este trabajo, se ha demostrado todo lo contrario, es decir, que las estudiantes necesitan de un proceso que inicie desde lo más básico, como los aspectos mencionados anteriormente, para generar sus explicaciones sobre dicho fenómeno.

5.1.4 Análisis del momento 5, 6 y 7: la refracción de la luz

Con los criterios anteriores, se ha podido identificar que se sigue un hilo conductor, en el que se demuestra cómo es necesario comprender diferentes conceptos y expresiones como: el observador, la luz, las fuentes primarias y secundarias, la dirección de la luz, entre otras, para estructurar un mejor conocimiento de los fenómenos de estudio. Con base en esto, se hizo un análisis de los aspectos importantes para la acción de ver, se pasó a describir la dirección que sigue la luz y cómo esto termina siendo importante en la descripción de experiencias y experimentos más estructurados sobre la reflexión de la luz, con lo cual las estudiantes lograron realizar explicaciones más detalladas en comparación con lo que se suele encontrar en libros de texto o páginas web. En estos últimos momentos se describen y analizan las explicaciones y representaciones de las estudiantes cuando se sigue un proceso en el cual se resaltan diferentes experiencias y experimentos relacionados a la estructuración del fenómeno de la refracción de la luz.

El momento 5 comienza con una experiencia donde las estudiantes deben registrar los cambios que se observan en un cuerpo (una ficha de dominó) cuando éste se ubica por detrás de un vaso de vidrio, de esto se formuló la siguiente pregunta ¿qué observó cuando se colocó la ficha atrás del vaso? Con lo cual se obtuvieron diferentes respuestas como: “En algunos casos la ficha puede alargarse o ensancharse”(Estudiante 34, 2020), “En el caso con el vaso utilizado en este experimento, la ficha tomó una forma ondulada”(Estudiante 32, 2020), “Los cambios que podemos observar es que la ficha viéndola través del vaso se ve un como más aumentada en ciertas partes y también se ve un poco curva”(Estudiante 31, 2020), “la ficha queda visible, aunque el vaso esté en frente de ella ya que este es transparente, pero se puede evidenciar que la ficha intenta coger una forma fuera de lo normal”(Estudiante 16, 2020), “Cuando se coloca un vaso entre la ficha y los ojos aparentemente la ficha cambia de tamaño ya que aparentemente el tamaño de la ficha aumenta”(Estudiante 10, 2020).

Como describen las estudiantes, al mirar la ficha, esta tuvo cambios en su estructura, se alarga o se ensancha, cambia de tamaño, entre otros, por lo que para ellas evidentemente la ficha tiene cambios aparentes, ya que propiamente sólo es un efecto visual. Por otro lado, otro aspecto que aparece como importante y que destaca una estudiante es que la ficha se puede ver a través del vaso porque este es transparente, lo cual deja entrever cómo se comienzan a dar distinciones entre objetos

opacos y no opacos. Además, se evidencia que al preguntarles ¿Cuáles diferencias perciben si ahora se coloca la ficha dentro del vaso? Varias respondieron que los cambios no eran muy notorios, pero al parecer la ficha tendía a verse más claramente, es decir, que la ficha tendía a volver a su verdadera forma.

Otro aspecto que resultó interesante de las discusiones, fue el hecho de que al preguntarse a las estudiantes ¿Qué diferencias identifica con la experiencia donde se colocó un objeto opaco entre el observador y la ficha? Se identificaron respuestas como “con el objeto opaco se me dificulta ver la ficha y tenía que estar completamente concentrada para ver de manera perfecta la ficha que estaba entre mí y el objeto, cosa que no pasa con el vaso transparente porque, aunque se distorsione esta se puede ver perfectamente”(Estudiante 4, 2020), “Mientras se coloca un objeto opaco no es posible ver la ficha hasta hacer un ajuste en la visión o mejor dicho en la posición de los ojos para lograr ver la ficha mientras que con el vaso de vidrio no hay necesidad de ello ya que los rayos emitidos por la luz reflejan de una forma diferente en los dos objetos y por las características del vaso de vidrio es posible ver a través de él y lograr divisar la ficha, aunque con aparentes cambios en ella, esto debido al paso de los rayos de luz combinados con la estructura del vaso”(Estudiante 10, 2020). En ese orden de ideas, se puede identificar, de manera más clara, cómo las estudiantes realizan distinciones entre objetos opacos y no opacos, algo que resulta conveniente para las futuras explicaciones; además, se resalta el que se comience a describir distinciones en la forma como se comporta la luz en ambos casos (cuando la luz atraviesa o se refleja en el objeto), dando a conocer que en el vaso los rayos se “reflejan” de una manera diferente.

Para culminar el momento 5 al describirse que, si agrega agua hasta el borde del vaso, ¿percibe algún cambio en la ficha? ¿cuáles cambios observó que tuvo la ficha? Se encontró que las respuestas más comunes de las estudiantes fueron: “Se pudo observar que la ficha cambia un poquito de forma ya que se ve como con más zoom al momento de echar el agua”(Estudiante 32, 2020), “Otro cambio que se generó es que con ayuda del agua, visualmente la ficha cambia su tamaño es decir se ve más grande, esto se debe a que el agua al ser un medio que igualmente refleja los rayos de luz funciona como una lupa, combinando así las características del vaso con las del agua”(Estudiante 10, 2020). Como se identifica, el hecho de agregar agua al vaso resulta en cambios en la ficha, que son relacionados al “zoom” o cambio de tamaño de la misma, el cual aumenta, no obstante, en estas explicaciones aparece otro aspecto muy importante y es la distinción

entre las características del vaso y las del agua y aunque no se ahonda en este aspecto, se puede inferir que la estudiante encuentra que la ficha tiene cambios perceptibles cuando está en el vaso con y sin agua.

Pasando al momento 6, que emergió como continuación de la experiencia 5 con el vaso con agua y la ficha, pero, ahora dándole un papel más central al observador el cual debía mirar el objeto desde diferentes perspectivas, usando un transportador y lana para guiarse. En esta situación parece ser que cuando entre la ficha y el observador se interpone un objeto no opaco o transparente, esta cambia su tamaño o forma, por lo que es diferente al fenómeno de la reflexión ¿Qué trayectoria seguirá la luz en estos casos? Con respecto a esta, se identificaron varias respuestas interesantes, como: “la luz viaja en múltiples direcciones”(Estudiante 27, 2020), “la trayectoria de la luz en este caso es cuando refleja esta hacia el vaso y hace que la luz cambie de dirección según el ángulo en que lo estemos viendo, por otra parte, el agua también nos ayuda a que la luz llegue a la ficha y la lana nos demuestra que desde cualquier lado que vea la ficha, la luz siempre ilumina”(Estudiante 1, 2020), “la luz tienen movimientos diferentes. Se refleja de una forma dispersa, ya que los es reflejada en varias direcciones” (Estudiante 13, 2020), “La luz cambia de múltiples direcciones, se refracta, debido a que pasa de un material a otro, en este caso, entra por la ventana, pasa por el vidrio del vaso, luego por el agua, que está en constante movimiento, y vuelve a salir del vaso” (Estudiante 7, 2020).

En estas respuestas , se identifica que las estudiantes comprenden que la luz viaja en múltiples direcciones, por lo que siempre se mantendrá iluminada la ficha y se podrá ver desde cualquier perspectiva que se desee, sin embargo, en este caso parece ser que algunas estudiantes también identifican que a pesar de que se alumbre, el objeto cambia de forma aparente al momento de que el observador se mueve, exaltando frases como “la luz cambia de dirección según el ángulo en que los estemos viendo”(Estudiante 1, 2020) ,“los rayos de luz tienen movimientos diferentes”(Estudiante 13, 2020), “se refracta, debido a que pasa de un material a otro”(Estudiante 7, 2020). En este caso, es interesante mencionar que la mayoría de los comentarios refieren a la refracción como la posibilidad que tiene la luz de desviarse cuando pasa por el vidrio o el agua, por lo que para ellas existe una relación entre este hecho, los cambios aparentes del objeto, y por supuesto la posición del observador.

Otro aspecto para mencionar y que resulta interesante, es que las explicaciones de las estudiantes no son fragmentadas como se presentan, comúnmente, en los libros de texto o páginas web, ya que a pesar de que ellas acudan algunos términos en alusión a la refracción, también vinculan lo que observan, cómo el cambio de tamaño de la ficha, con las actividades que desarrollaron y las representaciones que construyeron. Por ende, estas afirmaciones exaltan cómo las estudiantes van estructurando sus explicaciones al punto de realizar acotaciones importantes para comprender el fenómeno de la refracción, como lo son el cambio de dirección de la luz, la importancia de los objetos opacos y no opacos o la misma mención del fenómeno.

Para terminar, con el momento 7 se tenía la intención de obtener explicaciones de las estudiantes sobre la refracción de la luz, para ello se propuso un experimento con el cual que debían medir los ángulos de incidencia y refracción justo cuando la luz pasaba por medio de un prisma rectangular elaborado con gelatina sin sabor y utilizando unos alfileres como guía. De esta experiencia resultaron varias explicaciones sobre la refracción que demuestran el proceso que se siguió durante los siete momentos de clase, y cómo las estudiantes comprendieron dicho fenómeno de una manera no convencional a las presentadas en libros de texto y/o páginas web.

Se resalta que las estudiantes llegaron a respuestas parecidas entre ellas cuando se les preguntaba por la relación entre los ángulos, ya que en todos los casos ellas exaltan que había una variación entre el ángulo incidente y el refractado, ya que al realizar el experimento, primero con un ángulo incidente de 45 grados y luego variando, por ejemplo a 60 grados o más, ellas identificaron que el ángulo refractado siempre era diferente, y se encontraban relaciones al respecto, sin embargo, se resalta que aunque similares, se pueden analizar también diferentes aspectos como los mostrados a continuación:

Comentarios de las estudiantes al realizar el experimento 3	Análisis
“Si, en el caso de P1 y P2 el ángulo que se formó fue de 45°, al poner la gelatina los alfileres P3, P4 y P5 se notan distorsionados por su forma y	En este caso se puede evidenciar cómo la estudiante realiza una relación entre el cambio de ángulo incidente y refractado (según un

<p>el ancho que tiene, haciendo que se vea corrido o diferente por su textura o material , por lo tanto hace que el ángulo que se forme al otro lado de la gelatina se corra y se forme un ángulo distinto que fue de 44°, tomamos otro ángulo, en este caso 48° al poner la gelatina y tratar de alinearlos este cambia totalmente, por lo que al trazar la línea de estos puntos cambia a un ángulo de 42° por el material de la gelatina. Basados en esta premisa, se puede decir que los ángulos de la luz incidente serán mayores a los ángulos de los refractados” (Estudiante 22, 2020).</p>	<p>mismo punto de referencia) y la “distorsión” de forma o ancho que los alfileres tienen al momento de observarse tras la gelatina, por lo que para ella el ángulo incidente es mayor al refractado debido a que la gelatina tiene un material que provoca esto. En este comentario, se exalta, además, la conclusión final de la estudiante, donde al variar los ángulos incidentes en el experimento durante varias ocasiones, encuentra que efectivamente en todos los casos los ángulos de la luz incidente serán mayor a los refractados.</p>
<p>“Existe una relación, por lo que es posible confirmar lo dicho en el punto anterior, la luz viaja, choca con la gelatina y rebota hacia otro lugar, cambiando su dirección, y una vez más, se refleja esto en una variación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción” (Estudiante 33, 2020).</p>	<p>En este comentario se exalta la relación que se hace no solo entre los ángulos de incidencia y refracción, sino además su interacción de la luz con la gelatina y como no solo cambia de dirección una vez entra, sino que además vuelve hacerlo cuando sale, lo que provoca finalmente la variación observada en los ángulos.</p>
<p>“Se evidencia que los ángulos de los rayos incidentes son mayores a los ángulos de los rayos refractados esto debido a que la gelatina es una superficie donde por sus características se considera como un medio con una velocidad de propagación más lento de la luz, por esto se</p>	<p>En este caso, la estudiante no solo identifica el cambio entre los ángulos, sino que además se aventura en realizar una explicación de este hecho, que relaciona con la velocidad de la luz, la cual disminuye cuando está en la gelatina, que es un medio diferente al aire, provocando</p>

<p>evidencia que al pasar por la gelatina los rayos modifican su dirección o se doblan, esto se debe a la variación en los ángulos” (Estudiante 11 2020).</p>	<p>aquel cambio de dirección. Esta explicación, parece mostrar que la estudiante usó fuentes de conocimiento diferentes a las planteadas en las sesiones de clase, ya que no es posible conocer si la velocidad de la luz aumenta o disminuye con elementos suministrados hasta el momento.</p>
<p>“Se evidencia que los rayos emitidos por la luz son los que nos permiten ver o distinguir diversos objetos, mientras más se interactúa con otros objetos es más claro que se pueden presentar variaciones de cómo vemos las cosas en el día a día. Por ejemplo, no es lo mismo ver un objeto de frente a verlo a través de un espejo o incluso ver objetos a través de un vaso donde se evidencian características diferentes de los objetos. De igual forma en el último experimento hecho se evidencia una clara diferencia entre los ángulos incidentes y los refractados ya que pasan a través de un medio el cual reduce la velocidad de los rayos (la gelatina) mostrando de esta forma tendencias entre los rayos incidentes y refractados, como una ligera variación en los ángulos de estos” (Estudiante 10, 2020).</p>	<p>Se evidencia que la estudiante realiza una clara distinción entre la luz y su representación de rayo, ya que exalta que la segunda es emitida por la primera y de esta manera es posible ver los objetos. Por otro lado, describe cómo las diferentes experiencias elaboradas y analizadas día a día pueden contribuir en el desarrollo de mejores explicaciones, como la importancia de la posición del observador o el material de los objetos, las cuales relaciono con el experimento y el cambio de dirección de la luz mediante los ángulos incidentes y refractados al pasar de un medio a otro (aire - gelatina). Por último y de una manera similar al comentario anterior, se evidencia la motivación y necesidad de estructurar una mejor explicación mediante fuentes de conocimiento diferentes a las abordadas en las clases.</p>
<p>“La reflexión de la luz hace referencia a cuando la luz llega al objeto opaco, choca con este y se</p>	<p>Este comentario de la estudiante, muestra la distinción que hace entre los dos diferentes</p>

<p>desvía con el mismo ángulo incidente. Por otro lado, en la refracción la luz choca con el objeto no opaco, logra atravesarlo hasta llegar al objeto que queremos ver, lo cual hace que podamos verlo, no sin antes desviarnos un poco pues cambio de medio”. (Estudiante 33, 2020).</p>	<p>fenómenos estudiados (reflexión y refracción), dando a conocer que existe una variación en la dirección de la luz al llegar a los objetos, pero diferenciando en que en una se refleja y en la otra cruza a través del objeto no opaco, se desvía y llega al objeto. Por tanto, en este caso se pone en evidencia cómo la reflexión y refracción son fenómenos diferentes.</p>
--	---

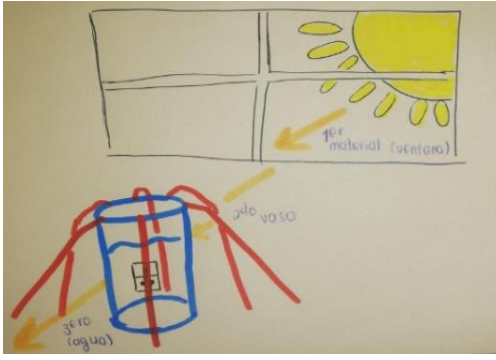
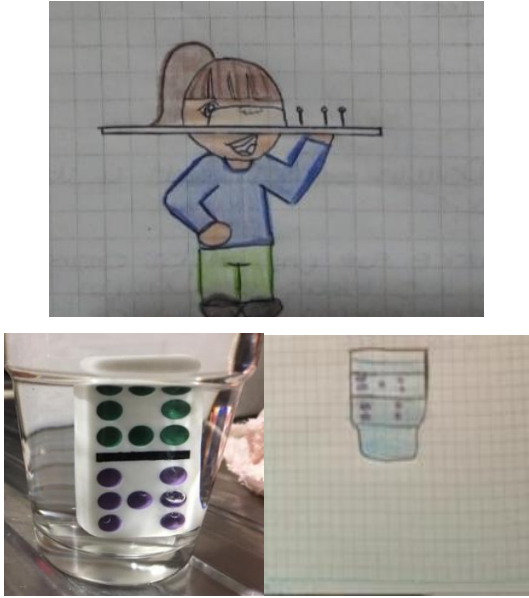
Tabla 12. *Análisis sobre algunos comentarios de las estudiantes con respecto a los momentos 5, 6 y 7.* Fuente: elaboración propia.

Como se identifica, el proceso desarrollado por las estudiantes resulta interesante, pues surgen explicaciones que no se alejan de los resultados obtenidos por personajes históricos como Ptolomeo o Newton, teniendo en cuenta esto, con respecto a las diferentes explicaciones y representaciones que ellas realizaron, se tienen en cuenta dos criterios de análisis descritos como:

- Material no opaco y su influencia en el observador.
- La caracterización del fenómeno de la refracción y algunas explicaciones al respecto.

5.1.4.1 Material no opaco y su influencia en el observador

Cómo se identifican en diferentes explicaciones de las estudiantes, el material, o características de este, pueden resultar importantes al momento de describir la dirección de la luz cuando golpea el objeto, por lo que en varias ocasiones se encuentran expresiones en las que se mencionan los materiales no opacos o transparentes que dejan pasar la luz, pero que la desvían a su vez. A continuación, se describen algunas de las representaciones relacionadas con esto.

Representación	Análisis
 <p>Representación del momento 5 y 6 (A). “Primer material (ventana) – Segundo material (vaso) – Tercer material (agua). Fuente: Estudiante 7.</p>	<p>En este caso, se puede identificar como la estudiante relaciona la luz que sale de la fuente primaria (sol), con los diferentes materiales no opacos que encuentra, como lo son la ventana, el vaso y el agua, organizándose, además, en ese orden, mediante lo que describe en su representación. Este análisis demuestra la importancia que le dan las estudiantes al paso de la luz por diferentes materiales “transparentes” que como denominan varias de ellas, se caracterizan por dejar pasar la luz a través de estas.</p>
 <p>Representación de los momentos 5 y 6 (B) y (C). “Se pudo observar que la ficha cambia un poquito de forma ya que se ve como con más zoom al momento de echar el agua” Fuente: (B) Estudiante 6. (C) Estudiante 34.</p>	<p>Como se muestra en la representación, las estudiantes identifican y establecen una relación entre la sustancia o material (vidrio – agua o gelatina) y el hecho de que en apariencia la forma del objeto, cuando es visto desde una perspectiva en la que se interpone a la visión del observador otro objeto o sustancia no opaca. Esto se puede evidenciar en el primer dibujo de la izquierda, en el cual se representa un cambio de tamaño en el ojo de la niña que está detrás de la gelatina. También se encuentra en la descripción que realiza la estudiante 34, quien identifica que la ficha de dominó aumenta su “zoom” cuando está dentro del vaso con agua.</p>

	<p>Por lo tanto, se reconoce que las estudiantes tienen en cuenta cómo los diferentes materiales no opacos pueden lograr crear ilusiones ópticas como aumentar el tamaño de un objeto.</p>
--	--

Tabla 13. *Análisis sobre las representaciones en torno al material opaco y su influencia en el observador.* Fuente: elaboración propia.

Es posible analizar cómo algunas estudiantes, como se muestra en la representación de los momentos 5 y 6 (B) resaltan la relación que existe entre el observador y los objetos o sustancias no opacas cuando se requiere ver algo a través de estos, identificando, además, materiales que intervienen en la trayectoria de la luz, como lo son la ventana, el vaso de vidrio y el agua, por lo que al parecer se entreteje coherentemente como la luz, en su recorrido hasta el ojo del observador desde que es emitida por la fuente primaria, se encuentra con diferentes obstáculos no opacos, los cuales puede lograr cruzar de alguna manera.

Como si apareciera como un complemento a lo anterior, en las siguientes representaciones se muestra los efectos que causa el paso de la luz por objetos no opacos, como el agua y el vidrio, en el observador, destacando el aparente aumento de tamaño que tienen los objetos que están dentro o por detrás de estos, ya que como se puede reconocer en la descripción de la representación de los momentos 5 y 6 (C), se relaciona con el zoom. Estos hechos, al igual que en momentos de clase anteriores, nos muestran la importancia que se le da al material, sea opaco o no, en las explicaciones de las estudiantes y cómo se convierte en algo importante y a tener en cuenta si se quiere entender la trayectoria que sigue la luz, algo que quizá en el inicio de estas sesiones de clase no se tenía en cuenta o se comprendía del todo.

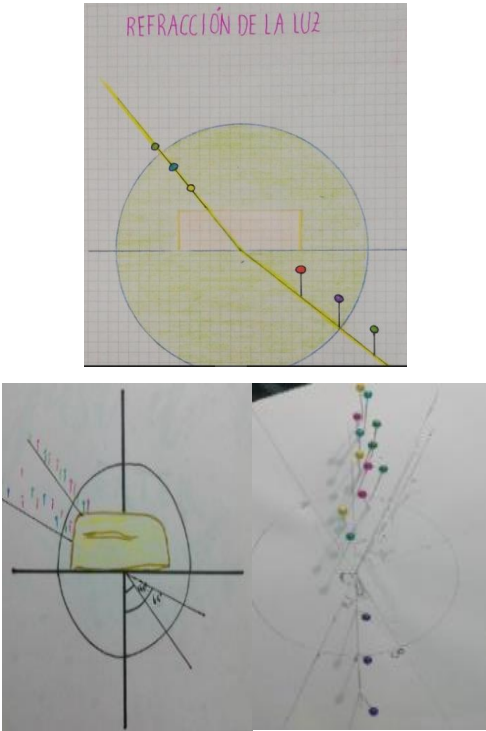
Por otro lado, parece ser importante considerar que tener en cuenta el tipo de material con que la luz va a “chocar” ya que esta simple aclaración puede llevar a las estudiantes a pensar en si se trata de un fenómeno de reflexión o de refracción, con lo cual se obtienen explicaciones y conclusiones diferentes al respecto.

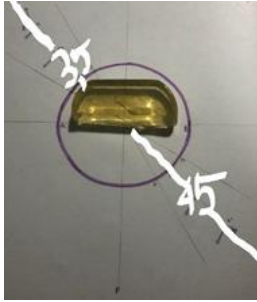
Por último, si bien algunas de las estudiantes hacen representaciones o describen lo que observan de una manera detallada, no existe explícitamente un vínculo de la luz cruzando por los medios, el

objeto y la manera como se percibe o se explica esto, por lo que esta propuesta, en tal sentido, puede ser alimentada o extendida con experiencias, experimentos o explicaciones futuras que la complementen en tales sentidos.

5.1.4.2 La caracterización del fenómeno de la refracción y algunas explicaciones al respecto

Los últimos tres momentos de clase (5, 6 y 7) se distribuyeron en dos experiencias y un experimento que tenían como propósito promover el análisis y reflexión de estas con respecto a la elaboración de explicaciones sobre la refracción de la luz. En ese orden de ideas, se identifica que las estudiantes mediante sus explicaciones orales, verbales y representaciones, lograron estructurar varias de las características que se identifican al momento de estudiar el fenómeno de la refracción, como lo son el cambio de dirección de la luz, la disminución del ángulo de refracción o la variación de la velocidad de la luz.

Representación	Análisis
	<p>Como se puede identificar, las estudiantes en sus representaciones describieron cómo la luz cambia de dirección al momento de cruzar por la gelatina, por lo que el ángulo incidente es mayor que el refractado. Este hecho se presenció en todas los dibujos o fotos que ellas enviaron en sus guías del momento 7. Además de sus descripciones orales y escritas donde describen este hecho no sólo con el ángulo base de 45 grados, sino también cuando se varía.</p> <p>Por otro lado, cabe destacar que la línea donde se midió el ángulo refractado, fue construida con una cantidad considerable de alfileres, como se muestra en la representación E, esto debido a que no resulta sencillo encontrar la trayectoria correcta que sigue la luz con pocos alfileres y el ojo del observador, sin embargo, este experimento resultó bastante adecuado y comprensible para</p>



Representación del momento 7 (D), (E) y (F). “El fenómeno que evidenciamos en este momento es la refracción, la luz viaja, y pasa de un medio a otro, (del aire a la gelatina) y por ello se refracta, disminuyendo su ángulo” Fuente: (D) Estudiante 33. (E) Estudiante 18. (F) Estudiante 21.

las estudiantes que lograron repetirlo variando el ángulo de incidencia en varias ocasiones.

Por último, se muestra que las estudiantes nunca dejaron de relacionar la luz con el experimento, y no se refieren a esta como un único rayo, sino que identifican y destacan que viaja en todas direcciones, sin embargo, para ellas resulta apropiada esta representación mediante líneas rectas para explicar el fenómeno de la refracción.

Tabla 14. *Análisis sobre las representaciones en torno a la caracterización del fenómeno de la refracción y algunas explicaciones al respecto.* Fuente: elaboración propia.

En esta última actividad, las representaciones de las estudiantes se caracterizan por tener similitudes contundentes, ya que en todos los casos el ángulo incidente es mayor que el refractado. Sin embargo, se aclara que no siempre la diferencia era igual, es decir, que por ejemplo con el ángulo de 45 grados, los resultados que obtenían las estudiantes con respecto al refractado variaron entre 35 a 44 grados; esto posiblemente porque no todas cortaron la gelatina con las medidas especificadas, por que en algunos casos la gelatina era más opaca que otras, o simplemente porque no suele ser sencillo alinear las imágenes de una manera exacta. No obstante, esto no fue un obstáculo para que desarrollaran explicaciones muy precisas acerca de algunas de las características de la refracción.

Otro aspecto a resaltar es que las representaciones, explicaciones escritas en las guías y las que decían verbalmente las estudiantes, tienen un mismo hilo conductor, y se refieren al fenómeno de una misma manera, en la que la luz al encontrarse con un objeto no opaco, cruza a través de este y

al mismo tiempo cambia de dirección, o tiende a “deformarse” aparentemente, algo que mencionan algunas de las estudiantes, por otro lado ellas relacionan esto con algunas experiencias por ejemplo: un lápiz dentro de un vaso con agua, una moneda que cae en una piscina, ver un objeto a través de un vidrio grueso o el cambio de posición aparente de un pez cuando se quiere pescar en un río.

6. Conclusiones

La idea de rayo de luz, como se muestra en libros de texto o páginas web, no es una concepción que las estudiantes construyen a primera vista, de hecho, se pudo evidenciar que esta representación no se hace presente en ninguna de las explicaciones iniciales de las diferentes actividades planteadas en la propuesta de aula. En ese orden de ideas, para ellas, la luz es un aspecto principal para ver un objeto, pero, no la representan en forma de rayo, por esto, algunas estudiantes relacionan sus experiencias con la visión de luz que viaja hacia todas direcciones, describiéndolo como una esfera en expansión como lo afirmó Kepler y otras con múltiples flechas de forma lineal que llegan al objeto formando un cono de luz similar al planteado por Euclides.

Se resalta la importancia de la construcción de las ideas y explicaciones a través de los procesos como la experiencia y el experimento, ya que permiten generar discusiones donde las estudiantes identificaron elementos imprescindibles en la acción de ver como la luz, el observador y las fuentes, con las que después lograron representar y expresar sus ideas sobre los fenómenos de reflexión y refracción.

Respecto a la reflexión, las estudiantes relacionaron este fenómeno con el cambio de dirección de luz en los objetos opacos y el valor cuantitativo de los ángulos que se forman cuando la luz incide y se refleja en los espejos dado un punto de referencia, los cuales tiene el mismo valor. Por su parte, en el fenómeno de la refracción, también se evidencia que en las explicaciones se pone de manifiesto un cambio de dirección de la luz, sin embargo, como se trata de una incidencia en un objeto no opaco, la luz lo atraviesa y el ángulo formado por su trayectoria y el punto de referencia común disminuye con respecto al incidente, esta fue una conclusión frecuente descrita por las estudiantes.

Con lo anterior, se muestra cómo las estudiantes articularon la idea de la linealidad de la luz como una forma de representar el cambio de dirección de esta al entrar en contacto con objetos que pueden ser opacos y no opacos, teniendo en cuenta que es una forma de representar su trayectoria que cambia cuando choca con diferentes objetos, y dejando en claro que la idea de la luz en múltiples direcciones sigue estando presente en las explicaciones escritas y discusiones en las videollamadas de las estudiantes.

El papel de las experiencias y experimentos en el desarrollo de las clases es importante, ya que posibilita ampliar el estudio de los fenómenos de una forma dinámica, esto permite la construcción de explicaciones a partir de la experiencia de ver un objeto. Por otro lado, los experimentos planteados por los docentes, complementan ese conocimiento relacionado con las experiencias propias de las estudiantes e integran las ideas que buscaron en algunas fuentes de conocimiento con el fin de llegar a generalidades donde se evidencia que los experimentos no funcionan para corroborar teorías sino para ampliar los conocimientos en la enseñanza de las ciencias.

Con el diseño, implementación y análisis de la propuesta de aula, es importante mencionar los posibles temas que son pertinentes ampliar, para una mejor comprensión de los fenómenos trabajados, como: el análisis geométrico de los valores cuantitativos de los ángulos obtenidos en los experimentos, que se pueden describir como incidentes, reflejados y refractados, los cuales pueden permitir al estudiante construir descripciones más amplias. Por otro lado, en las explicaciones de las estudiantes se muestra el interés por utilizar fuentes de conocimiento diferentes a las utilizadas en las sesiones de clase, ya que aparecieron términos como la velocidad de la luz, la densidad de los objetos o la formación de imágenes, por lo que demuestra que la propuesta presentada en este trabajo puede ser ampliada con el fin de buscar experiencias o experimentos que aclaren estos términos y enriquezcan las explicaciones en los procesos en la enseñanza de las ciencias.

Se identificó que las estudiantes conocen algunos aspectos importantes en la acción de ver como la existencia de la luz, como ésta ilumina a los objetos, la importancia del observador y por supuesto la diferencia entre objetos opacos y no opacos, esto debido a experiencias cotidianas que han vivido, por lo que esto permite construir algunas explicaciones sobre los aspectos necesarios para ver un objeto y las acerca a concepciones más elaboradas como la reflexión y refracción de la luz. Sin embargo, para discutir y ampliar estas ideas, es necesario el acompañamiento del docente, que más que un trasmisor de conocimiento, debe ser un guía que pone de manifiesto problemáticas que las estudiantes mediante experiencias y experimentos van analizando y respondiendo, en ese orden de ideas, se exalta que la construcción de explicaciones no se obtiene de una manera espontánea, sino que por el contrario es un proceso el cual está permeado por análisis y discusiones de todos los participantes en el aula, que permiten estructurar ideas y plantear nuevas interrogantes que motivan un estudio más elocuente y profundo del tema de estudio.

Por lo anterior, se recalca que en la construcción específica de explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz, las estudiantes estuvieron inmersas en situaciones de análisis propias en experiencias relacionadas a la acción de ver, que les permiten abstraer aspectos que no sólo promovieron su curiosidad sino que además, fueron resaltadas en sus explicaciones, por lo que al momento de realizar actividades experimentales se relacionaron estas ideas para una explicación más estructurada y caracterizada por la diversidad de aspectos que no era propio del grupo al comenzar los momentos de clase, pero que fueron surgieron en el desarrollo de estas.

Considerando lo anterior, la revisión de algunas explicaciones respecto a la luz, como docentes, nos aportó ideas nuevas que no se tenían en cuenta en la enseñanza de los fenómenos estudiados, por lo que analizar las ideas de diferentes autores como Alhazen, Ptolomeo, Euclides, entre otros, los cuales describieron la reflexión y refracción de la luz, nos permiten considerar que en ocasiones no se tienen en cuenta elementos importantes para describir las temáticas abordadas, por lo que estas pueden no ser claras al momento de estudiarse en el aula en compañía de las estudiantes.

Por último, estos ejercicios como docentes nos posibilitan reflexionar acerca de nuestra labor, en cuanto a que se abre el espacio académico, no sólo para analizar los aportes de las estudiantes, sino también en la forma como enseñamos ciencias, en este sentido, se resalta la riqueza conceptual que se puede encontrar en la historia de la ciencia, que, aunque en ocasiones olvidada, sigue siendo importantes en la construcción de nuevos conocimientos y aprendizajes. Por otro lado, cabe mencionar que aunque el objetivo de este trabajo no era profundizar en las problemáticas de la enseñanza de la física, queda implícito que en este caso se identifica que los fenómenos ópticos, por sencillos o triviales que parezcan, necesitan ser vinculados con sus experiencias previas, fomentando su análisis y comprensión en conjunto con los estudiantes, lo cual les permita interpretar y obtener conclusiones acerca de lo que se observa, por lo que el docente siempre debe participar como un guía y no como un transmisor de conocimientos.

Referencias

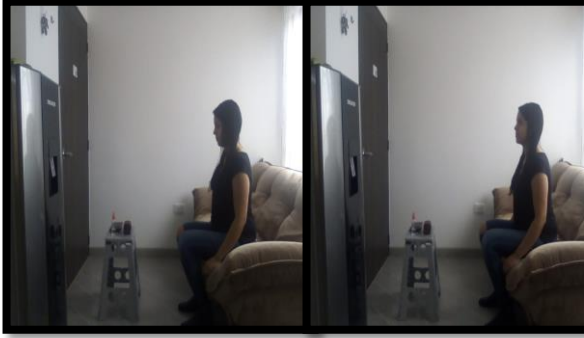

- Arca, M., Guidoni, P., & Mazoli, P. (1990). Experiencia, lenguaje y conocimiento. El desarrollo del proceso cognitivo como tarea de la educación. *Enseñar Ciencia, como empezar: reflexiones para una educación científica de base.*, (1 ed., Vol. 1). Ciudad de México: Paidós, 19-46.
- Authier, M. (1991). La refracción y el <<olvido>> cartesiano. En M. Serres (Ed). *Historia de las Ciencias*. Barcelona: Cátedra, 287-312.
- Ayala, M. (Abril de 2006). Los análisis histórico críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 1-19.
- Ayala, M., Malagón, J., Sandoval, S., & Tarazona, L. (2006). El experimento en la enseñanza de las Ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia. (U. P. Nacional, Ed.) *III Congreso Nacional de la Enseñanza de la Física, III*.
- Ayala, M., Sandoval, S., & Malagón, J. (09 de Diciembre de 2011). Magnitudes, medición y fenomenologías. *Revista de la Enseñanza de la Física*, 24(1), 43-54.
- Barrera, R. (Julio de 2016). Los diferentes caminos de la Luz. *Revista Ciencia*, 67(3), 10-19.
- Bautista, G. (2018). Observando la Luz. *Curso de Óptica*. Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Física. Bogotá D.C, 1-68.
- Carrascosa, J., Gil, D., & Amparo, V. (Agosto de 2006). Papel de la actividad Experimental en la Educación Científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.
- Cervera, N., Huesca, G., Martínez, L., Portilla, A., Solis, A., Rodríguez, J., & Luna, L. (2010). *Ciencias Naturales* (1 ed., Vol. 1). Ciudad de México: Petra Ediciones, 105.
- González, C. (Octubre de 2015). Alhazen: una revolución óptica. *Arbor*, 191(775), 1-12. Obtenido de [dx.doi.org/10.3989/arbor.2015.775n5001](https://doi.org/10.3989/arbor.2015.775n5001)
- Martínez, R. (2002). Del ojo Ciencia y Representación. *Revista de Cultura Científica*, 1(66), 46-57.

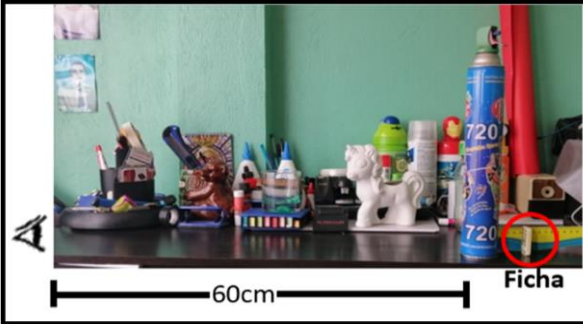
- Osuna, L., Martínez, J., Carrascosa, A., & Verdúl, R. (2007). Planificando la Enseñanza Problematizada. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 25(2), 277-294.
- Sandoval, S., Malagón, J., Garzón, M., Ayala, M., & Tarazona, L. (2018). El planteamiento de una perspectiva fenomenológica. *Una perspectiva fenomenológica para la Enseñanza de las Ciencias*, (1 ed., Vol 1), Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional, 18-22.
- Silveira, J. (2010). Unidad I, rayos de Luz, sombras, reflexión y espejos. *Notas para el curso de Física de primero de Bachillerato*, 1-12. Obtenido de <https://2013fisica.files.wordpress.com/2013/04/1-1-rayos-de-luz-sombras-reflexic3b3n-y-espejos.pdf>
- Tarásov, L., & Tarásova, A. (1985). Charla sobre la refracción de la Luz. *Física al alcance de todos*, Madrid. MIR, 14-16.
- Uribe, M. (2015). El ojo exterior. Visión y artificio a principios del siglo XVII. *Revista Internacional de Filosofía*, 21(3), 11-21.

Anexos

Anexo A. Descripción de las actividades

MOMENTOS	OBJETIVOS	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	MATERIALES	TIEMPO (min)
<p>Momento 1: ¿Qué nos permite ver un objeto?</p>	<p>Identificar la luz como fuente principal en la acción de ver.</p>	<p style="text-align: center;">ACTIVIDAD INTRODUCTORIA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Imagínese que está en una habitación oscura sin ventanas, ¿Es posible ver algún objeto cuando está dentro de la habitación? ¿Qué haría usted para ver el objeto? 2. Si usted enciende el bombillo de la habitación, sale de esta y cierra la puerta ¿Puede ver algún objeto dentro de la habitación? ¿sí o no? ¿por qué? ¿Qué podría hacer para ver alguno de estos objetos? 3. ¿Qué fuentes de luz conoce? 4. ¿Cuál es la fuente de luz principal que ilumina el planeta? <p style="text-align: center;">EXPERIENCIA 1.</p> <p>Lugar: Una habitación que tenga iluminación solar.</p> <p>Descripción: Ubíquese de espaldas a una ventana con entrada de luz solar, luego observe un objeto que este en frente suyo ¿por qué es posible ver el objeto?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un objeto 	<p style="text-align: center;">60</p>

		 <p>Actividad: Para lo anterior, las estudiantes realizarán una representación gráfica, donde muestren según su perspectiva cómo la luz que ilumina el objeto llega hasta el observador.</p>		
<p>Momento 2:</p> <p>¿En qué dirección se propaga la luz?</p>	<p>Caracterizar la dirección de la luz cuando se propaga</p>	<p style="text-align: center;">EXPERIENCIA 2.</p> <p>Lugar: Una habitación oscura que tenga un bombillo.</p> <p>Descripción: Prenda el bombillo, luego ubíquese debajo de esta fuente de luz y observe en todas las direcciones los objetos que están en la habitación.</p> 	<p>No aplica.</p>	<p>30</p>

		<p>Pregunta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿La luz del bombillo ilumina todos los objetos que están en la habitación? <p>Actividad</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Represente gráficamente la forma en que la luz va desde el bombillo hasta los objetos. 		
<p>Momento 3: Primeras ideas sobre la reflexión</p>	<p>Identificar algunos aspectos importantes entorno al fenómeno de la reflexión</p>	<p style="text-align: center;">EXPERIENCIA 3.</p> <p>Lugar: Una habitación iluminada.</p> <p>Descripción: Coloque una ficha de dominó sobre una mesa y a unos 5cm de esta un objeto que se interponga entre su visión y la ficha, luego ubíquese a 1m de distancia del objeto como se muestra en la imagen.</p>  <p>Preguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué tienen que hacer para ver la ficha, sin mover ninguno de los objetos? 	<ul style="list-style-type: none"> • Una ficha de dominó • Un objeto más grande que la ficha. • Un metro. • Un espejo plano. 	<p style="text-align: center;">60</p>

2. ¿Por qué la ficha no se puede observar cuando se interponen uno o varios objetos entre usted y esta?

Actividad:

Las respuestas de las preguntas anteriores se discutirán en vídeo llamada.


EXPERIENCIA 4.

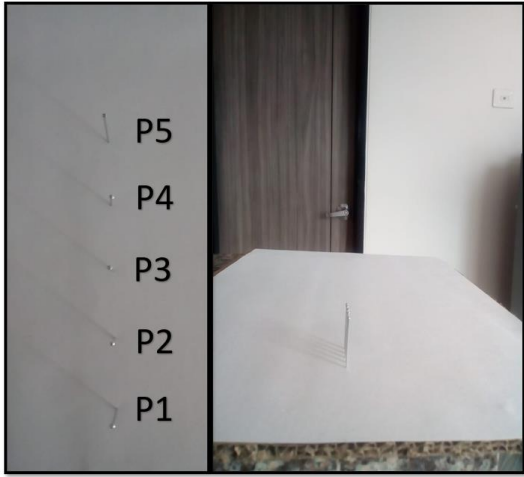
Lugar: Una habitación iluminada.

Descripción: En un primer momento ubíquese de espaldas a la ficha y con ayuda de un espejo plano muévalo hasta que logre ver el objeto, luego repita la experiencia, pero moviéndolo hacia la izquierda.



En un segundo momento fije un espejo en una pared, luego ubíquese de espaldas a este, coloque la ficha entre el espejo y usted y después mueva un segundo espejo con sus manos de tal forma que ver el objeto, reflejado desde el primer espejo.

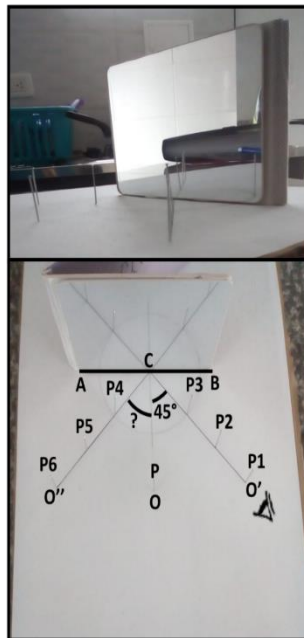
		 <p>Actividad: Realicé una representación de cada uno de los momentos de la experiencia donde estén los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● El observador. ● La ficha. ● Los espejos. ● La luz emitida e incidente en cada uno de los objetos. 		
<p>Momento 4: Algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz</p>	<p>Construir explicaciones en torno al fenómeno de la reflexión de la luz</p>	<p>EXPERIMENTO 1.</p> <p>Lugar: Una habitación iluminada.</p> <p>Descripción:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pegue 1/8 de cartulina blanca sobre un trozo de cartón del mismo tamaño. 2. Fije un alfiler (P1) a 5 cm del borde, 	<ul style="list-style-type: none"> ● Cinco alfileres ● Un octavo de cartulina blanca ● Un cartón grueso ● Un lápiz ● Colbon 	<p>30</p>

		<p>3. Ubique linealmente otros alfileres (P2, P3, P4 y P5), de tal forma que cuando se observe P1 de frente no se</p>  <p>puedan visualizar los otros.</p> <p>Pregunta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es la trayectoria que sigue la luz desde cada uno de los alfileres hasta llegar a sus ojos? 2. ¿Por qué no es posible ver a P5? 		
		<p style="text-align: center;">EXPERIMENTO 2.</p> <p>Lugar: Una habitación iluminada.</p> <p>Descripción: Con base en el experimento 1 y teniendo en cuenta que se quiere conocer la trayectoria de la luz cuando es reflejada por un objeto, cómo un espejo plano, se plantea el siguiente experimento:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Diez alfileres ● Un octavo de cartulin a blanca ● Un cartón grueso ● Silicon a líquida 	<p style="text-align: right;">60</p>

		<ol style="list-style-type: none"> 1) Pegar 1/8 de cartulina blanca sobre un cartón grueso del mismo tamaño. 2) Dibujar una línea recta AB y medio círculo con las medidas correspondientes a los ángulos de 0° a 180°. 3) Colocar un espejo plano con una marcación de un punto en su centro en la línea AB, cuya cara esté de frente al observador que está situado al final de la hoja. 4) Clavar un alfiler (P) a unos 5 cm del borde de la cartulina, centrada en la mitad del espejo, justo enfrente de la posición inicial del observador (O) que se encuentra de frente y a la misma altura del alfiler P, luego trace una línea recta OC que pase por el centro del espejo ¿Qué observa en el espejo desde la posición del observador? 5) Con respecto a los ángulos marcados en el círculo, clavar un segundo alfiler (P1) a la derecha a unos 45° de la posición inicial y ubicar el observador (O') allí. 6) Ubicado en O' de frente al alfiler P1 coloque otros dos alfileres (P2 Y P3) de tal forma que siga viendo únicamente a P1 y ningún otro alfiler 	<ul style="list-style-type: none"> • Una regla • Un lápiz • Un transportador • Un espejo plano 	
--	--	---	--	--

incluso reflejado en el espejo, ¿Por qué desde O' solo se puede ver P1?

- 7) Coloque los alfileres P4, P5 Y P6 de tal manera que sus imágenes a través del espejo queden cubiertas por P1, P2 Y P3 y mida el ángulo que forma con respecto a la posición inicial O.
- 8) Trace las líneas que forman la trayectoria de los alfileres desde O' hasta C y desde O'' hasta C.
- 9) Repetir el experimento desde el paso 5, variando el ángulo (30° , 60° , 70° , entre otros).



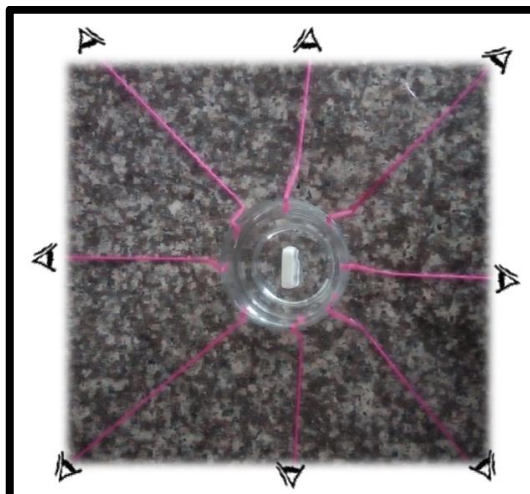
Actividades:

1. Explique qué relación encontró entre el ángulo formado por la trayectoria trazada desde P1 hasta C y el ángulo desde P4 hasta C.

		<p>2. Represente gráficamente lo observado en el experimento realizado.</p> <p>3. Desde lo observado explique con sus palabras que ocurre allí con la luz.</p> <p>4. Elabore algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz con base en las experiencias y experimentos anteriores.</p>		
<p>Momento 5: Primeras ideas de la refracción</p>	<p>Reconocer algunas diferencias en la visualización de un objeto cuando se interpone un medio no opaco, entre este y el observador.</p>	<p style="text-align: center;">EXPERIENCIA 5.</p> <p>Lugar: Habitación iluminada.</p> <p>Descripción: En experiencias y experimentos anteriores se identificó la trayectoria que sigue la luz desde un objeto hasta el observador en diferentes situaciones donde se refleja en objetos opacos. Sin embargo, qué ocurrirá si los objetos no son opacos, para tener las primeras ideas, coloque un vaso de vidrio que se interponga entre usted y una ficha de dominó, como se muestra en la imagen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Un vaso de vidrio. ● Una ficha de dominó ● Agua. 	30



		<p>Preguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Describa los cambios observados, ¿cambió la ficha? 2. ¿Cuáles diferencias perciben si ahora se coloca la ficha dentro del vaso? 3. ¿Qué diferencias identifica con la experiencia donde se colocó un objeto opaco entre el observador y la ficha? 4. Si agrega agua hasta el borde del vaso, ¿percibe algún cambio en la ficha? ¿Cuáles cambios observó que tuvo la ficha? 		
<p>Momento 6: El rol de la posición del observador en la refracción de la luz.</p>	<p>Identificar la variación del objeto al cambiar la posición del observador.</p>	<p>EXPERIENCIA 6.</p> <p>Lugar: Habitación iluminada.</p> <p>Descripción: En un primer momento, ubíquese de frente al vaso con agua con una ficha de dominó adentro, después coloque un transportador cuyo centro coincida con el de la circunferencia del vaso, luego marque los ángulos y a cada uno de estos pegue lana hasta el borde de la superficie con un trozo de cinta, con el fin de tener marcos de referencia. Los ángulos son: 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° y 360°.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un vaso de vidrio. • Una ficha de dominó • Un transportador. • Un metro. • Lana. • Cinta transparente 	60



Actividad I: Se realizará un foro de discusión, donde se comentarán y describirán qué cambios se perciben en la ficha para cada caso.

Pregunta:

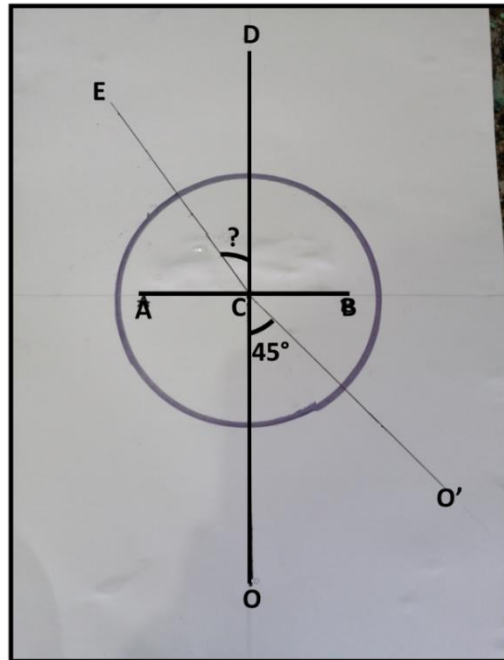
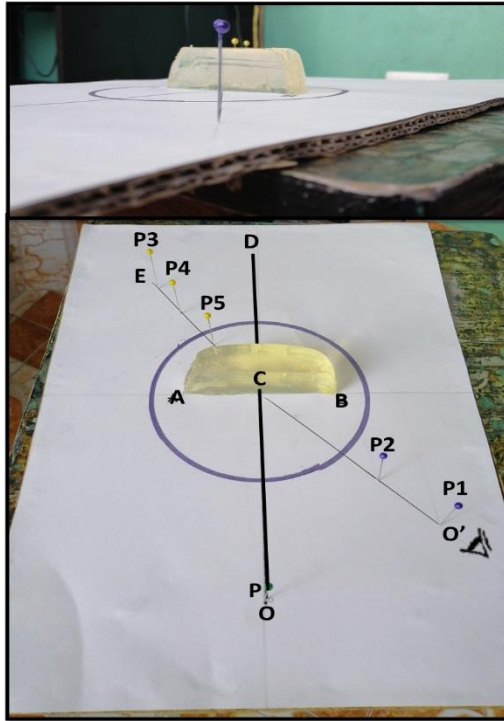
Parece ser que cuando entre la ficha y el observador se interpone un objeto no opaco o transparente, esta cambia su tamaño o forma, por lo que es diferente al fenómeno de la reflexión:

1. ¿Qué trayectoria seguirá la luz en estos casos?

Actividad II: Realice una representación gráfica de la actividad.

<p>Momento 7: Algunas explicaciones de la refracción de la luz.</p>	<p>Construir explicaciones en torno al fenómeno de la refracción de la luz</p>	<p style="text-align: center;">EXPERIMENTO 3.</p> <p>Lugar: Habitación iluminada.</p> <p>Descripción: En este momento, se retomará el experimento 2, donde se utilizan alfileres, pero, para este caso se debe cambiar el espejo por un objeto no opaco, como lo es un trozo de vidrio plano, y se extenderá el semicírculo hasta llegar a los 360°, es decir, una circunferencia completa. Además, se seguirán los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Trace la trayectoria que sigue la luz desde el observador O ubicado a la altura de P, hasta el final del círculo al pasar por la gelatina (línea OD). 	<ul style="list-style-type: none"> ● 6 alfileres ● Un trozo de gelatina de 8 x 5cm. ● Un octavo de cartulina blanca. ● Un trozo de cartón. ● Un transportador. ● Silicona líquida. 	<p style="text-align: center;">90</p>
		<ol style="list-style-type: none"> 2) Clave los alfileres P1 y P2 como los colocó en el experimento 2, donde el observador estará ubicado a la altura de los alfileres en O', teniendo en cuenta que desde el P1 no se podrá ver P2 y que están a 45° con respecto al punto C. 3) Marque una línea AB en la posición de la gelatina. 4) Coloque los alfileres P3, P4 y P5 de tal manera que sus imágenes a 		

través de la gelatina quedan



cubiertas por los alfileres P1 y P2.
Luego trace la trayectoria al unir
los puntos que dejaron los
alfileres.

		<p>5) Quite la gelatina y los alfileres, luego mida el ángulo que se formó con respecto a la línea CE trazada con los puntos donde se encuentran P3, P4 y P5 y la línea CD. ¿Qué observa? Descríbalo con sus palabras.</p> <p>6) Repita el experimento varias veces, variando el ángulo inicial de P1 y P2. ¿Qué diferencias encuentra con respecto a la variación del ángulo inicial y el ángulo formado por la trayectoria de los alfileres P3, P4 y P5??</p> <p>Preguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Con respecto al paso 5, ¿existe una diferencia entre ambos ángulos? 2. Con respecto al paso 6, ¿existe alguna relación entre los ángulos incidentes y los refractados? 3. Con respecto al paso 6, ¿qué explicaciones podría dar a lo observado? <p>Actividad:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Represente gráficamente lo observado en el experimento realizado. 2. Desde lo observado explique con sus palabras que ocurre allí con la luz. 		
--	--	--	--	--

		3. Elabore algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz con base en las experiencias y experimentos anteriores.		
--	--	--	--	--

Tabla 1. *Descripción detallada de las actividades.* Fuente: elaboración propia.

Anexo B. Discusiones de la video llamada del momento 1

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 1 ¿Qué nos permite ver un objeto?
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	¿Qué nos permite ver un objeto?

Narración de la actividad
<p>Este momento de clase comenzó con el planteamiento de la siguiente situación y pregunta formulada por nosotros, los docentes Lina (DL) y Camilo (DC): Imagínese que está en una habitación oscura sin ventanas, ¿Es posible ver algún objeto cuando está dentro de la habitación?</p> <p>Casi de manera inmediata, se comenzaron a dar respuestas por algunas estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 27: No es posible ver el objeto, porque no hay luz. ● Estudiante 34: Podría verse si quizá tuviéramos visión nocturna, como algunos animales. ● Estudiante 35: Es posible ver el objeto, si este irradia luz o si también las paredes son de colores claros, como el blanco. <p>Estas consideraciones parecieron suficientes para el resto de las estudiantes del curso, quienes apoyaron las ideas.</p> <p>Al percibir que las estudiantes tenían claro esto, se formuló la siguiente pregunta ¿qué haría usted para ver el objeto? De las cuales surgieron las siguientes consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 9: Normalmente tenemos objetos luminosos como un celular, que nos ayuda alumbrar la habitación, es decir, genera un “poquito” de luz. ● Estudiante 1: Yo palparía las paredes, hasta llegar al objeto e identificarlo. ● DC: Catalina, recuerda que lo que se pretende es ver el objeto, no identificar su forma, no imaginarlo.

- Estudiante 1: ¡Ah! Entiendo profe, en ese caso yo buscaría la toma, con la que prendería el bombillo de aquella habitación y así ver el objeto.
- DC: Muy bien, en ese caso, quiero preguntarles ¿Qué es necesario para ver el objeto?
- Varias estudiantes al unísono: Profe, es necesario la luz.
- DC: Entiendo, ¿por qué piensan que es necesaria la luz?
- Estudiante 2: Existen varios ejemplos que nos sirven para demostrar eso profesores, por ejemplo, cuando se va la luz de mi casa, encendemos una vela, lo cual también emite luz.
- Estudiante 24: Es lo mismo que encender un fósforo.
- Estudiante 9: También encender la linterna o pantalla del celular.
- Estudiante 2: Profe, es lo mismo que hace el sol, iluminar para que podamos ver.

Estas consideraciones de las estudiantes, resultaron adecuadas para el curso completo, ya que asintieron y aceptaron que la luz es importante para ver el objeto. Continuando con la dinámica, se planteó la siguiente situación con el fin de encontrar nuevos aspectos que dieran a conocer que es importante para ver un objeto: **si usted enciende el bombillo de la habitación, sale de esta y cierra la puerta ¿Puede ver algún objeto dentro de la habitación? ¿Sí o no? ¿Por qué?** De esto, las estudiantes puntualizaron varios aspectos interesantes.

- Varias estudiantes: No, es imposible verla, solo se podría ver si las puertas fueran transparentes.
- Estudiante 9: Niñas, recuerden que el profesor dijo que la habitación está totalmente oscura y por ende sus paredes y ventanas no nos permiten ver nada si nos hacemos afuera.
- Estudiante 35: Profe, eso haría pensar que, aunque este prendida la luz, si estamos afuera no podemos verla.
- Estudiante 9: Claro, solo podemos ver el objeto si estamos dentro de la habitación.
- DL: Muy bien, entonces ¿Qué podrían hacer para ver alguno de los objetos que están dentro de la habitación?
- Estudiante 1 y varias estudiantes apoyan: Es necesario entrar a la habitación.
- Estudiante 17: Claro profe, el espacio resulta siendo importante para poder ver.
- DC: ¿El espacio? ¿A qué te refieres con espacio Milena?

- Estudiante 17: Profe, se hace evidente que la posición de la persona que está observando el objeto (observador) es importante, ya que, en ocasiones, como la anterior, existen objetos que se interponen entre lo que estamos viendo, por lo que movernos hasta verlo de nuevo es lo mejor que podemos hacer.
- DC: Entiendo, y ¿Qué piensan ustedes niñas?
- Estudiante 2: Profe estoy de acuerdo con Milena.
- Estudiante 33: Yo igual profe, es obvio que debemos movernos si queremos ver los objetos cuando están tapados. Es el mismo caso de cuando estamos fuera de la habitación, solo debemos entrar.
- DC: ¿Y el resto del grupo?
- Varias estudiantes: Si profe, pensamos lo mismo.
- DC: Muy bien niñas, con esto hemos identificado dos aspectos importantes que nos permiten ver un objeto, el primero es que debe haber luz que lo ilumine, y el segundo que la posición del observador es importante.

En ese orden de ideas, y teniendo en cuenta las respuestas de las estudiantes, se les pregunta si conocen lo que es una fuente de luz.

- Varias estudiantes: Si, conocemos que es.
- DC: ¿Sí? ¿Cuáles conocen?
- Estudiante 17: Profe, por ejemplo, el sol, que es como la principal.
- Estudiante 2: No solo esa, también están las luciérnagas.
- Estudiante 3: El fuego también lo es.
- Estudiante 33: Claro, como un fósforo encendido.
- Estudiante 24: Profe, las linternas, los bombillos o la misma Luna.
- DC: Muy bien, pero me surge una pregunta según sus ejemplos ¿Cuál es la característica principal de las fuentes de luz?
- Estudiante 17: De ellas emana luminosidad.
- Estudiante 27: No exactamente luminosidad, lo que hace es emitir luz.
- DC: Entiendo, pero ¿la luna emite luz?

- Varias estudiantes: No, profe.
- Estudiante 3: La luna no emite luz, solo refleja la luz que emite el sol, por eso existen fases lunares.
- DC: Entonces ¿la luna no sería un ejemplo de fuente de luz
- Estudiante 9: No emite luz por sí sola, pero si actúa como un reflectante de la luz del sol, entonces sí podría considerarse como fuente de luz.
- Estudiante 16: No, no es una fuente de luz, ya que no produce luz por sí misma, como lo hace el sol.
- Estudiante 12: La luna es como un espejo, si el espejo se pone frente a un bombillo va a reflejar la luz, pero no la emite, es decir no es una fuente de luz.
- Estudiante 9: Recuerden que existen fuentes de luz artificiales como el bombillo y naturales como el sol. Por otro lado, la luna si emite luz, no de una forma directa, pero si indirecta.

Este último comentario hace que las estudiantes reflexionen por unos segundos y aparecen comentarios como:

- Estudiante 12: Profe, si es una fuente de luz, ya que como dicen Karen C, si emite luz, pero indirectamente.
- Varias estudiantes: Si, es una fuente de luz, si emite luz.
- DC: Correcto, existen fuentes de luz que emiten luz por sí mismas, pero otras como lo indican algunas de ustedes que reflejan la luz de otra fuente, estos dos tipos se conocen como fuentes primarias y secundarias, respectivamente. Y créanme, esta discusión no es nueva, y fue incluso estudiada fuertemente por personajes importantes en la historia de la óptica como Alhazen.
- DL: Muy bien niñas, teniendo en cuenta esto ¿Qué otros ejemplos me podrían dar ustedes sobre las fuentes de luz secundarias?
- Estudiante 27: Profe, ¿la lámpara puede ser secundaria?
- DL: Bueno Lina, te hago la siguiente pregunta, si estás en una habitación oscura y prendes dicha lámpara ¿esta sería una fuente de luz primaria o secundaria?
- Estudiante 27: Profe, sería primaria.
- DL: Muy bien, pero quiero preguntarles otra cosa, si seguimos en la habitación y prendemos dicha lámpara que es una fuente primaria ¿existirían fuentes de luz secundarias en dicha habitación?

Esta pregunta hace que los estudiantes se tomen unos minutos para analizar, y concluir que no están seguras de su respuesta.

- DC: Es una pregunta bastante interesante, pero ya que no están seguras de su respuesta, quiero que piensen en lo siguiente, como ustedes mismas lo dijeron la luna es una fuente de luz secundaria, ya que emite la luz que llega desde el sol, pero a su vez la luna está formada por polvo, rocas, etc., que son parecidas o en ocasiones iguales a las encontradas en la tierra. ¿Qué les hace pensar esto niñas?
- Estudiante 16: Es decir que los objetos o cosas como las piedras también son fuentes secundarias de luz, también lo veo por ejemplo en el piso del colegio o incluso en las paredes.
- Estudiante 3: Profe, las fuentes de luz secundarias son aquellas que reflejan la luz de una fuente de luz primaria, entonces, la mayoría de los objetos que vemos lo son, ya que si lo pienso los colores que percibimos son producidos precisamente por el reflejo de la luz de los objetos al ojo.

Esta afirmación, parece lo suficientemente estructurada y adecuada para las estudiantes, ya que en general el grupo expresa que Karen tiene razón, ya que efectivamente todos los objetos, desde sus preconceptos, reflejan luz. Por ende, concluyen que las fuentes de luz primarias son aquellas que emiten luz por sí mismas, como el sol, pero las secundarias reflejan la luz de una primaria, como un lápiz o un borrador. Además:

- Estudiante 27: Profe, eso quiere decir que no solo existe una sola fuente primaria que actúa sobre nosotros, por ejemplo, existen estrellas que alumbran, aunque sea en una menor intensidad que el sol debido a su lejanía.
- DC: Muy bien Lina, bastante interesante esa apreciación y es correcta, existen múltiples fuentes de luz, no solo primarias, sino también secundarias que actúan sobre lo que vemos.
- DC: Buenos niñas, muy bien, quiero exaltar que estuvieron excelentes, su participación fue increíble y para concluir quiero que recordemos que encontramos tres aspectos importantes que parecen importantes para responder a la pregunta ¿Que nos permite ver un objeto? El primero y el segundo, como lo dijimos, son la luz y la posición del observador, pero existe un tercer aspecto y como ustedes lo mencionaron, son las fuentes de luz, que pueden ser primarias o secundarias, las cuales son imprescindibles en la forma como vemos los objetos.
- DL: Muy bien niñas, primero las felicito, es un gran trabajo, ahora queremos que, por favor, resuelvan la guía del momento uno que encuentran en la página web, de esta manera podremos puntualizar los aprendizajes adquiridos en este día. Así que, manos a la obra.

Tabla 2. *Transcripción de la video llamada del momento 1.* Fuente: elaboración propia.

Anexo C. Discusiones de las video llamadas de los momentos 1, 2 y 3

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Discusión del Momento 1, Elaboración del Momento 2 y 3
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	¿En qué dirección se propaga la luz? Primeras ideas sobre la reflexión

Narración de la actividad
<p>Se inició con la explicación de las representaciones del momento 1 que realizaron los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● DC: ¿Por qué hicieron sus representaciones así? ● Estudiante 35: Me base en la teoría del color, ya que ese emitida por el sol. El sol no sólo alumbraba el objeto, sino que también rebota en el objeto. ● DC: Encontré ciertas similitudes en diferentes representaciones. ● Estudiante 32: La sombra de la persona tapa el objeto. ● DC: Esta representación es distinta a la mayoría, muchas representaciones fueron similares en el sentido, me llama la atención el de Juanita ya que hizo dos perspectivas, coméntenos tu representación. ● Estudiante 34: la chica está viendo una taza de café, la chica está tapando la luz del sol, En la primera imagen la chica ve el objeto y lo está tapando con su sombra, es decir, que el objeto se ve más oscuro porque tapa la luz. En la segunda está al lado de la taza, es decir, el objeto recibe más luz. ● DC: ¿De quién es esta representación? ● Estudiante 27: Mía.

- DC: Explícanos tu representación.
- Estudiante 27: Me base en la perspectiva de estar de frente y de lado.
- DL: La representación de Wendy muestra la luz en forma de rayo.
- Estudiante 12: Yo represento la luz que llega a la planta y la luz que se refleja de la planta.
- DC: Estas diferenciando las fuentes de la luz, es decir, las primarias de la secundaria.
- Estudiante 12: el sol golpeaba el objeto y se reflejaba hacia mí, por eso la luz, la dibuje como en forma de círculo cuando reflejaba.
- DC: ¿De quién es esta representación?
- Estudiante 6: Mía.
- DC: Cuéntanos sobre tu representación.
- Estudiante 6: Dibuje la luz del sol con flechitas.
- DL: ¿Por qué con flechitas?
- Estudiante 6: hay en todos lados, no hay luz en un solo lado, es decir, no hay un lugar opaco.
- DC: ¿haces referencia a que la luz va en todas las direcciones?
- Estudiante 6: si exacto, esas líneas representan para mí como lo lineal de la luz del sol. Las rayas señalan lo que puedo ver para mi caso el objeto que observaba era una silla.
- DC: Me causa curiosidad estas representaciones que no solo representan la luz con color amarillo. ¿Qué me pueden decir de esta representación?
- Estudiante 10: Sin la luz no se puede ver el objeto.
- DC: ¿Por qué colocaste el arcoíris? ¿Por qué tantos colores?
- Estudiante 10: Solo me deje llevar, es como me imagino que se representa como veo un objeto. Las líneas amarillas representan la luz del sol y los colores no sé.
- Estudiante 16: En mi representación, deje volar mi imaginación dibuje ese objeto, en especial los colores que pueden salir de ese objeto.

- DC: Es similar en la forma en que representan el observador, la mayoría lo dibuja como un ojo.
- Estudiante 32: porque es el órgano que ve el objeto.
- DC: me parece que esta representación tiene muchas flechas, ¿Por qué tantas flechas?
- Estudiante 14: Es la luz que emite el sol y rebota en las paredes, por esto la habitación tiene más luz, por esto se puede visualizar el objeto. además, es la dirección que tiene la luz.
- Estudiante 2: Mi casa tiene un ventanal gigante, durante todo el día no enciendo bombillos, porque en mi casa entra mucha luz.
- Estudiante 30: El sol no es la única fuente de luz, por eso en mi representación la luz rebota.
- DC: ¿Qué representa para ti estas flechitas?
- Estudiante 30: La dirección de la luz.
- Estudiante 9: Siendo sincera, yo busque en Google, ese cuadrito es la ventana, muestra como la luz atraviesa la ventana, el observador lo coloque como un puntico.
- DL: ¿Cómo explicas que se representa la luz?
- Estudiante 9: Es la sombra y como rebota en el objeto.
- Estudiante 24: Mi representación se basó en un tema que vimos el año pasado sobre la reflexión y refracción de la luz.
- Estudiante 35: intente en mi representación de los rayos de luz y como ilumina los objetos opacos.
- DC: ¿Esta última quien la hizo?
- DL: tengo una pregunta: ¿Por qué la luz del sol la representó con color amarillo y como la chica ve el florero con color azul?
- Estudiante 33: Quise representar el fenómeno de reflexión. Busqué un objeto pequeño, el color azul es mi campo visual y el cambio de dirección, son los rayos del sol, por esto los representé con dos colores.
- Estudiante 17: La luz entra por la ventana, dibuje la línea hacia donde está observando el objeto.

- DC: ¿Por qué representan la luz como líneas punteadas?
- Estudiante 33: es una forma sencilla de representar y que se entienda.
- DC: Encontramos muchas representaciones, es interesante como representan sus perspectivas.

Momento 2 y 3: Las estudiantes descargaron las actividades de la página web e iniciaron a realizar las actividades de los momentos 2 y 3.

- DC: Iniciamos esta actividad con unas preguntas, iniciemos con esta pregunta, ¿La luz del bombillo ilumina todos los objetos de la habitación? En la experiencia tres usaremos los materiales que están allí.
- DL: Es importante que realicen las actividades desde su experiencia, no es necesario usar la internet, ya que la intencionalidad de esta actividad es que puedan explicar todo desde estas mismas experiencias.
- DC: me parece importante que en el momento tres puedan representar todos los aspectos que se han discutido hasta el momento.

En esa sesión de implementación las estudiantes no hicieron preguntas sobre los momentos 2 y 3, ya que afirmaban que la guía que se les entrego estaba muy detallada y era fácil de entender.

Tabla 3. *Transcripción de las video llamadas de los momentos 1,2 y 3.* Fuente: elaboración propia.

Anexo D. Discusiones de las video llamadas de los momentos 2, 3 y 4

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Discusión de los momentos 2 y 3, elaboración del momento 4.
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Primeras ideas sobre la reflexión

Narración de la actividad
<p>Se inicio con la explicación de las representaciones de los momentos 2 y 3.</p> <ul style="list-style-type: none">● DC: En la primera sesión se discutió sobre las fuentes de luz, y como se ubica esta al momento de ver. ¿Por qué en el momento 3 ubican así el espejo?● DL: ¿Por qué necesitan dos espejos? ¿Cómo es el rol de la luz de esa actividad?● Estudiante 18: Mi representación, muestra la luz que entra por la ventana, la luz choca con el espejo, es decir, muestra un reflejo.● DC: ¿Para ustedes que es un reflejo?● Estudiante 33: La luz rebota, es decir, tiene un cambio de dirección.● Estudiante 11: Cuando miramos ese objeto, hay un cambio de dirección.● DC: ¿Qué pasa cuando hay ese cambio de dirección?● Estudiante 6: para ver ese objeto tiene que haber un cambio de dirección.● Estudiante 27: Es como en las películas de vampiros, como es el cambio de luz y esta que tiene todos los colores.● Estudiante 33: es como nuestro proyecto de matemáticas, como la luz se mueve como el arcoíris, también existe un ángulo de incidencia o un ángulo reflejado.

- Estudiante 24: profe tengo una pregunta, ¿el espejo muestra como nos ven las otras personas?
- DC: nos vemos diferente en los espejos ya que todos tienen diferentes formas y tamaños. La idea de la sesión de hoy es avanzar con base en las ideas que hemos construido hasta ahora.
- DL: en esta sesión se inició con la actividad de titulada: “Algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz”

Estas actividades fueron guiadas por los docentes con el fin de resolver algunas dudas que tenían con base en el desarrollo de estas. Como se presenta a continuación.

- Estudiante 24: ¿a qué distancia se deben colocar los alfileres uno de otro?
- Estudiante 27: profe no puedo ubicar linealmente los alfileres.
- DC: Tienen que colocar el cartón sobre una superficie y alinearlos con su ojo, si quieren cierran un ojo, y así logran ver mejor el alfiler.
- DC: En la actividad ¿Cuál es la trayectoria que sigue la luz?, recuerden que el alfiler es una fuente de luz secundaria, por ejemplo, el alfiler # 5, ¿qué trayectoria sigue la luz?, por eso utilizamos alfileres, porque tienen la misma forma y tamaño. ¿Qué pasa si se unen la trayectoria de los alfileres?
- Estudiante 2: Una línea recta, pero, si veo la sombra veo un reflejo.
- Estudiante 24: La sombra de los alfileres en dirección opuesta a la luz que entra por la ventana.
- DC: Ya sabemos que fuentes de luz secundarias que reflejan la luz, por ejemplo, las chicas que tienen los alfileres de colores, si miran el alfiler # 1, no pueden ver el alfiler que está atrás de este, ¿Qué pasa con la luz? ¿Por qué no pueden ver ese alfiler?
- Daniela Aguilar: porque hay una interposición de objetos, por eso no podemos ver el de atrás, porque hay una linealidad como tal.
- DC: si no fuera lineal, podrían ver el alfiler, por eso la luz reflejada tiene esa característica. Cuando ustedes alinean los alfileres, muestra una línea perfecta. Por ejemplo, en sus representaciones colocaron líneas rectas, flechas o líneas punteadas.

Se inició con el experimento 2:

Las estudiantes siguieron el proceso que se especificó en la guía. También en este momento les surgió algunas dudas.

- Estudiante 2: ¿el transportador es el circulito o las pinzas?

- Estudiante 24: ¿Dónde debo ubicar el ángulo cero de mi transportador?
- DC: al momento de alinear los alfileres el importante ubicarse desde O'.
- DL: es importante que desde su visión alineen paralelamente los alfileres como lo muestra la imagen en la actividad.

Cuando los docentes guían este tiempo de actividades se logró evidenciar que se hace más amenas las actividades y se logra resolver las preguntas, que surgen en el momento y a veces se omiten porque se creen obvias o no se tienen en cuenta.

Tabla 4. *Transcripción de las video llamadas de los momentos 2, 3 y 4.* Fuente: elaboración propia.

Anexo E. Discusiones de las video llamadas de los momentos 5 y 6

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 5 y 6.
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Primeras ideas sobre la refracción

Narración de la actividad
<p>Las estudiantes descargaron las actividades de la página web, y la intención de esta sesión es resolver las preguntas mientras van realizando las experiencias y los experimentos.</p> <p>Primera pregunta: Describa los cambios observados ¿Cambio la ficha?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 1: La ficha cuando estaba atrás del vaso se veía más pequeña. ● Estudiante 16: mi vaso tenía una base gruesa, en esa parte del vaso la ficha se deformaba más. ● Estudiante 24: la silueta de la ficha se observaba igual, pero los puntos cambiaban de forma, se veían más alargados. ● Estudiante 22: los puntos se veían distorsionados. ● Estudiante 3: se veía curva la ficha. ● Estudiante 27: yo creo que influye el grosor del vaso. ● DL: es importante los aspectos que retoman hasta el momento: tamaño y forma. ● Estudiante 27: yo no tenía una ficha y tome un dado, este no se veía cuadrado sino rectangular. <p>Pregunta dos: ¿Qué pasa cuando coloco la ficha atrás del vaso, no adentro sino atrás? La mayoría afirmó que se veía igual, cuando la ficha estaba adentro y afuera del vaso.</p>

- DL: Es importante como denotan algunos aspectos de estas dos experiencias, como la superficie como el tamaño del vaso, estas explicaciones nos permiten explicar el hecho de ver los objetos a través de otros objetos, para este caso el vaso. Como pueden comparar esta experiencia con la experiencia donde usaban el objeto que tapaba totalmente el otro objeto.
- Estudiante 12: Con el objeto opaco no se puede ver porque no deja pasar la luz, en cambio el vaso si permite pasar la luz.
- Estudiante 33: el paso de la luz, en el vaso la luz atraviesa la luz.
- Estudiante 35: la luz en el objeto opaco rebota, y en uno no opaco los atraviesa.
- Estudiante 27: podemos ver la ficha porque el vaso es transparente, por ejemplo, cuando usamos el espejo rebota, por eso se crea un reflejo.
- DC: ¿por qué en el espejo se ve la ficha normal, pero, en el vaso cambia?
- Estudiante 18: El espejo es uniforme, pero en el vaso no pasa eso.
- Estudiante 3: tengo una duda si los objetos opacos son una fuente de luz secundaria, porque la luz rebota y la refleja, los objetos transparentes ¿son fuentes de luz secundarias?
- DC: ¿Para ustedes que es un objeto opaco y no opaco?
- Estudiante 30: Opaco que no deja pasar la luz y no opaco que deja ver lo que hay al otro lado de este.
- Estudiante 27: yo lo hice con jugo de naranja y no se puede ver lo que hay al otro lado del vidrio.
- Estudiante 20: hay objetos translucidos, por ejemplo, los vidrios de colores.

Cuando colocaron agua en el vaso, las estudiantes encontraron los siguientes cambios.

- Estudiante 12: Cambia de tamaño.
- Estudiante 18: Depende desde donde vea la ficha, al lado se ve distinto que mirándola al frente.
- Estudiante 1: Cuando la ficha estaba dentro de la ficha se ve más grande, que cuando estaba atrás.
- Estudiante 30: Adentro se ve con más claridad, atrás se ve distinta.
- Estudiante 33: Parece que es un cambio de medio, por eso se puede denotar otro aspecto al momento de ver.
- Estudiante 27: Cuando metí la ficha dentro del vaso con agua la vi más nítida que sin agua.

- DC: ¿Cuál es el origen de esos cambios? ¿La ficha se deforma?
- Estudiante 24: no la ficha no cambia, lo que cambia es nuestro sentido por el cambio de medios, cuando iba a tomar la foto se mostraba distinto a como yo lo denotaba.
- DC: ¿Cuál es el origen de que la ficha ustedes lo pueden ver deformada?
- Estudiante 24: un ligero movimiento del agua parece que esa es la causa.

Se inició con la experiencia 6, las estudiantes se guiaron de la actividad y se respondió en esta sesión las preguntas que se encontraban en estas.

- DL: ¿Qué observaron la ficha cuando se ubicaban en diferentes ángulos?
- Estudiante 2: no me puedo ubicar para verla bien, desde diferentes ángulos es confuso como se ve.
- DC: ¿Por qué si es un mismo vaso al cambiar de posición no se observa la misma ficha?
- Estudiante 17: Vi en todos los ángulos la misma ficha.
- Estudiante 22: Desde mi caso en las esquinas se veía como si hubiera dos fichas.
- Estudiante 14: Cuando lo veo de lado se ve más delgada, de frente se ve igual.
- DC: me parece importante lo que afirma Milena. ¿Qué pasa con los cambios? ¿Qué pasa con la luz?
- Estudiante 33: tengo muchas dudas, me parece que es por la forma del vaso, si este tiene una figura extraña cambia.
- Estudiante 24: Yo veía todo igual.
- DC: esto no resulta tan sencillo, ya que se han tomado nuevos aspectos. Por ejemplo, en los libros cuando se muestra la imagen del vaso con lápiz, donde complementan sus ideas y todos los aspectos que toman.

Tabla 5. *Transcripción de las video llamadas de los momentos 5 y 6.* Fuente: elaboración propia.

Anexo F. Discusiones de la video llamada del momento 7

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 7
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Construir explicaciones en torno al fenómeno de la refracción de la luz

Narración de la actividad
<p>Para este momento, el cual consistía en realizar un experimento donde se puntualizará el concepto de refracción de la luz, las estudiantes lograron estructurar rápidamente el montaje, ya que el experimento anterior (algunas explicaciones sobre la reflexión) les había dado bases para ello. Después de seguir la guía numero 7 paso a paso, las estudiantes comenzaron a describir algunos de sus resultados y a expresarlos por medio de la videollamada:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 2: Profesores, yo utilice un prisma diferente al de la gelatina, el mío es de vidrio macizo ¿si podía hacerlo? ● DC: Por supuesto, de hecho, ese prisma nos puede ayudar para observar si los resultados obtenidos son iguales o diferentes a los que obtuvimos con la gelatina. ● Estudiante 2: Gracias profe, al parecer si encontré cosas diferentes, pero no estoy segura, voy a volver a medir. ● Varias estudiantes: Profe, la trayectoria de la línea trazada se desvió. ● Estudiante 20: Profe, el alinear los alfileres es un reto, ya que, al colocarlos, de uno a otro varían hasta en cinco grados ¿Qué hago? ● DC: Podría usar una cantidad mayor de alfileres, ya que así el resultado podría ser más exacto. Si los usan de esta manera tendrán más puntos que unir y podrían darse una idea de la línea central. <p>Después de unos minutos</p>

- Varias estudiantes: Si profe, el consejo funciono, ya pudimos hacer la línea mejor.
- Estudiante 34: Correcto, ya no se desvía tanto la línea, y podemos trazar una línea más exacta.
- Estudiante 27: A mí se me desvió esa trayectoria de 45 a 49 grados.
- Estudiante 2: A mí se me desvió a 46 grados.
- Estudiante 31: A mí me llevo a 47,5 grados.
- Estudiante 24: Profe a mí me dio muy poquito, 40 grados.

Varias estudiantes expresaron sus resultados, siendo una constante que el ángulo que formo la línea que trazaron al unir los puntos que dejaron los alfileres puestos al observar su imagen detrás de la gelatina, esta entre 40 a 49 grados. Sin embargo, se exalta que nunca fueron los mismos 45 grados del ángulo inicial.

- Varias estudiantes: Profe, efectivamente se evidencia un cambio de dirección.

Después de esto, se decidió comenzar con las preguntas que se encuentran en la guía 7, comenzando con la que estaba relacionada con el paso cinco, donde debían quitar el prisma de gelatina y unir las trayectorias **¿Qué observaron?:**

- DC: Muy bien niñas, hasta ahora, ustedes expresar varias cosas interesantes, pero puntualmente ¿Qué observaron?
- Estudiante 17: Para mí, la trayectoria de la luz, representada por la unión de los puntos dejados por los alfileres se desviaron con respecto a los iniciales. Pienso que la gelatina “distorsiono” lo que yo estaba viendo.
- Estudiante 2: Yo me sorprendí con el resultado, pensé que iba a pasar algo parecido a lo que vi con el espejo, pero esta vez la luz no se refleja, sino que de alguna forma la luz logra cruzar por la gelatina y se desvía.
- DC: Muy bien, quiero preguntarles algo, ¿eso que ustedes observan es análogo a lo que pasaba antes cuando sumergíamos la ficha de dominó dentro del vaso con agua?
- Estudiante 2: Si profe, es análogo, ya que, si veíamos la deformación, pero en ese caso no solo fue por el agua, sino también por el vaso de vidrio, ya que también lograba deformar la imagen de la ficha sin agua.
- Varias estudiantes: Si profe, estamos de acuerdo con Wendy.
- DC: Que bien, buen aporte, eso me hace pensar en otra pregunta, entonces ¿Cuál es la diferencia entre la incidencia de la luz en el espejo y en la gelatina?

- Estudiante 3: Profe, cuando la luz golpea el espejo, esta se refleja tal y como llega, es decir, que al mirarse al espejo podemos observar que las cosas no se deforman, sin embargo, con la gelatina si lo hace, pero la verdad, no sé exactamente el porqué.
- DC: Muy bien Daniela, me parece interesante recordar algunos resultados del experimento del espejo. Recuerden que la luz al incidir con objetos opacos, se refleja con el mismo ángulo de incidencia, por eso vemos las cosas así en el espejo ¿correcto?
- Varias estudiantes: Si señor.
- DC: Pero, quisiera preguntarles otra cosa ¿Qué es para ustedes un objeto opaco o no opaco?
- Estudiante 33: El objeto opaco no deja pasar la luz, pero el no opaco, si lo deja hacer.
- Varias estudiantes: Si profe, es como lo dice Sara.
- Estudiante 34: Es decir que el espejo es un objeto opaco, pero la gelatina no lo es.
- DC y DL; Muy bien.
- DL: Tengo una pregunta ¿Por qué la gelatina es no opaca?
- Estudiante 34: Profe, porque deja pasar la luz, porque literalmente podemos ver los alfileres que están detrás de esta. Efectivamente la luz pasa.
- DC y DL: Muy bien niñas, sus análisis son muy buenos.

Después de estas aclaraciones, se retoman los resultados de los experimentos, preguntando por el cambio de ángulos, es decir cuando se variaba el ángulo de 45 grados y se repetía el experimento.

- Estudiante 2: Bueno, cuando yo aumenté el ángulo, por ejemplo, a 60 grados, la diferencia entre este y el que medí después de la gelatina disminuyo en comparación al de 45 grados.
- Estudiante 6: Profe, a mí me pasa lo mismo, disminuyo su diferencia.
- Estudiante 24: Exactamente y lo repetí muchas veces profe.
- Varias estudiantes: Si disminuye.
- Estudiante 2: Yo obtuve los mismo, pero también quiero decir otra cosa que me pareció interesante. Cuando quería alinear los alfileres que estaban detrás de la gelatina, por más que me esforzara y que pareciera que estaban ya en línea recta, al levantar la mirada, ya no lo estaban, siempre había una desviación.

- DC: Muy bien, varias de ustedes me han mencionado esa desviación ¿Pero que hace esa línea que representa la luz, se desvió?
- Varias estudiantes: La gelatina.
- Estudiante 3: Mas que la gelatina, es el material de esta. Ya que cuando yo usé el prisma de vidrio, tuve resultados diferentes, es decir, si se desvió en ambos casos, pero no me daba el mismo resultado.
- DC: Muy bien, quiero repetirles las preguntas ¿Qué hace que esa luz se desvió?
- Estudiante 33: Profe, es por el cambio de medio, ya que en un comienzo la luz viaja por el aire y luego por la gelatina.
- DL: ¿Que piensan de lo que dice Sara niñas?
- Varias estudiantes: Si profe, es un cambio de medio.
- DC: Ok, y que otros ejemplos pueden darme de esto.
- Estudiante 18: Profe, eso pasa como cuando estamos en la piscina y se cae algo, aunque lo intentemos agarrar, no lo podemos hacer ya que no está en el lugar que creemos.
- Estudiante 3: Con algunos vidrios pasa lo mismo profe, por ejemplo, cuando viajamos en Transmilenio y vemos a la calle, a veces las imágenes se distorsionan.
- Estudiante 17: Así como cuando esta un objeto en un vaso de vidrio, allí se ve el cambio de dirección, pero es más evidente cuando se le agrega agua. Profe, parece ser que cada medio no opaco desvía la luz diferente.
- Estudiante 2: Profe y también depende de la cantidad del medio que se tenga, por ejemplo, no es lo mismo ver un objeto dentro de una piscina que en un vaso con agua. Además, lo probé cuando usé más gelatina que la señalada, la desviación fue diferente, y se hizo más difícil ver los alfileres.
- DC: Correcto, muy bien niñas, quiero hacerles una última pregunta, teniendo en cuenta que estábamos estudiando la refracción de la luz, tal y como ustedes lo sabían por sus guías, ¿Qué es la refracción de la luz?

Esto las hizo pensar por unos minutos, y decidieron responder grupalmente, siendo Sara su vocera.

- Estudiante 33: Profe, la reflexión de la luz hace referencia a cuando la luz llega al objeto opaco, choca con este y se desvía con el mismo ángulo incidente. Por otro lado, en la refracción la luz

choca con el objeto no opaco, logra atravesarlo hasta llegar al objeto que queremos ver, lo cual hace que podamos verlo, no sin antes desviarse un poco pues cambio de medio.

- Estudiante 17: Correcto profe, eso analizamos.
- Estudiante 24. Tal cual.
- DC: ¿Todas de acuerdo?
- Varias estudiantes: Si profe, totalmente, esas son nuestras conclusiones.
- DC: Muy bien niñas, son unas excelentes ideas, nuevamente quiero felicitarlas, lastimosamente el tiempo se nos acabó, por lo que las invito a realizar todas esas descripciones y puntualizar sus ideas en la guía de laboratorio.
- DL: Correcto, es importante que sean muy explicitas y escriban lo que cada uno piensa. Muchas gracias.

Tabla 6. *Transcripción de la video llamada del momento 7.* Fuente: elaboración propia.

Anexo G. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 1

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 1 ¿Qué nos permite ver un objeto?
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	¿Qué nos permite ver un objeto?

Narración de la actividad (Momento 1)
<p>¿Qué nos permite ver un objeto?</p> <p>Imagínese que está en una habitación oscura sin ventanas, ¿Es posible ver algún objeto cuando está dentro de la habitación? ¿Qué haría usted para ver el objeto?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudiante 32: En mi caso ya que es celular es importante y se lleva a todo lado mi opción sería iluminar con la linterna que este tiene y darle claridad a la habitación. • Estudiante 8: No, ya que como la habitación esta oscura no hay luz por ende no se puede observar con claridad. Buscar una fuente de luz que me permitiera observar el objeto dentro de la habitación. • Estudiante 4: Si la habitación está completamente oscura, es más que lógico que no voy a poder ver el objeto, ya que necesito un medio de luz para poder visualizar el objeto, lo que yo haría para visualizar el objeto sería buscar una fuente de luz o algo que me diera esa posibilidad; un ejemplo de esto sería un celular o simplemente el interruptor de la luz • Estudiante 25: Esto depende del objeto si el objeto irradia luz este se vería, pero si no, no existe una entrada de luz que permita ver el objeto y para lograr verlo utilizaría algún objeto que de luz como por ejemplo un celular. • Estudiante 14: No se puede ver ningún objeto ya que no habría luz que se refleje en los objetos y por eso nuestros ojos no podrían verlos. • Estudiante 22: En algunos casos se podría ver el objeto si el objeto irradiara luz, permitiendo que se vea el objeto así esté en la habitación oscura, en otros casos no se podría ver si el objeto o si la habitación no tuviera luz, lo que haría es usar como el método más fácil y rápido

que es el celular con la linterna o con el brillo de este. Otra forma de ver el objeto es que la habitación tenga colores muy claros y que talvez se viera un poco, pero no es lo mismo a iluminarlo con algo que realmente me permita ver el objeto.

- Estudiante 30: Para este caso se debe tener en cuenta varios aspectos para llegar a una conclusión ya que para lograr ver un objeto no solo se necesita la luz para poder observarlo, sino que necesitamos varios factores como el hecho de que nada se interponga en medio del observador y el objeto.
Para lograr ver el objeto podría buscar alternativas para lograr observarlo como buscar un interruptor de luz o simplemente prender la linterna de mi celular.
- Estudiante 12: Depende del objeto, porque puede ser un objeto que irradia luz por sí mismo. Para ver el objeto encendería un bombillo, usaría una linterna o una vela.
- Estudiante 20: No es posible ver ningún objeto en medio de una habitación oscura sin ventanas ya que se necesita un mínimo de luz para un reflejo en el ojo. Buscaría los medios para generar luz, por medio de una linterna, fósforo, celular u otro.
- Estudiante 29: Principalmente no se podría ver porque nuestros ojos no están acostumbrados a este tipo de espacio, lo que haría sería buscar el switch de la luz o también como hoy en día se tiene el celular en todo momento sería prender la linterna o incluso el color de las paredes, de los objetos de la ropa influye mucho para poder encontrar el objeto ya que esto nos puede ayudar a dar un poco de luz y así poder encontrar un poco más fácil el objeto.
- Estudiante 24: Al estar en una habitación a oscuras puede presentar diversas teorías: quizás los mismos objetos obtengan una mínima cantidad de energía lumínica que me facilite en mi visión; las paredes tengan tonos claros como el caso del color blanco; puede existir una suposición de que anteriormente estaba en una zona con mayor luz y al momento donde ingrese a la habitación a oscuras, al principio no veré nada, pero poco a poco el ojo se adapta al cambio brusco que ocurrió. Caso donde no se evidencia ninguno de las hipótesis anteriores, lo más factible es usar una herramienta como el celular, que usualmente se porta y fácilmente se activaría la linterna la zona; o una linterna manual si estamos en un lugar de exploración. Todo esto también dependería del espacio que ocupa la habitación
- Estudiante 18: Yo usaría alguna fuente de luz como por ejemplo una linterna que me permita poder ver cuando esta oscuro porque se me imposibilita poder identificar un objeto cuando todo está totalmente oscuro, ya que las personas no poseemos visión nocturna a diferencia de algunos animales.

Si usted enciende el bombillo de la habitación, sale de esta y cierra la puerta ¿Puede ver algún objeto dentro de la habitación? ¿Sí o no? ¿Por qué? ¿Qué podría hacer para ver alguno de estos objetos?

- Estudiante 4: No lo podría ver ya que me salí de la habitación donde está el objeto, ya estamos en lugares distintos, lo que yo podría hacer es buscar un lugar para lograr visualizar el objeto.

- Estudiante 25: La opción más rápida sería buscar una apertura que permita visualizar los objetos.
- Estudiante 34: No se podría ver nada puesto que la vista es obstaculizada por la puerta; por lo que al cerrarla no se ve nada. Se podría intentar ver a través del ojo de la cerradura, aunque no se podría ver nada de igual manera. Para poder ver los objetos se tendría que volver a entrar a la habitación.
- Estudiante 14: teniendo en cuenta lo planteado anteriormente no se pueden ver los objetos ya que no hay ninguna luz que pueda ayudar nuevamente a la distinción de los objetos al estar fuera de ella y con la puerta cerrada, pero el cerebro logra hacerse una imagen mental y eso podría ayudar.
Para ver los objetos se debería abrir la puerta para que con el campo de visión despejado y la luz de la habitación encendida se podría ver los objetos. Otra solución sería buscar un espacio que ajuste el campo de visión con el objeto de que se desea ver y con ayuda de la luz de la reflexión de los rayos hará que los ojos puedan ver el objeto.
- Estudiante 10: Bajo las condiciones planteadas no se pueden ver los objetos ya que no hay un campo visual que permita hacer nuevamente la distinción de los objetos al estar fuera de la habitación.
Para ver alguno de estos objetos se debería abrir la puerta ya que con el campo de visión despejado y la luz de la habitación encendida se podrían ver claramente los objetos, si no se puede abrir la puerta tocaría buscar un espacio que ajuste el campo de visión con el objeto de que se desea ver y con ayuda de la Luz la reflexión de los rayos hará que los ojos puedan divisar el objeto
- Estudiante 13: No puedo ver nada a menos de que bajo la puerta o en algún lado de ella haya un hueco y me permita verlo, para poder ver el objeto necesito volver a abrir la puerta.
- Estudiante 30: No podría ver ningún objeto ya que como lo dije anteriormente para observar el objeto necesitamos que nada se interponga en medio del observador y del objeto, que en este caso es la puerta.
- Estudiante 17: No podría, ya que si hay un objeto en frente de nosotros en cuanto a material y tamaño que no nos permita a nosotros quien somos los observadores poder ver el objeto que deseamos, así que en este caso la luz está, pero ahora el factor que más se implica él es espacio (ubicación), lo correcto sería estar por delante de la puerta y que el objeto logre estar en nuestro campo visual.

¿Qué fuentes de luz conoce?

- Estudiante 32: El sol, fuego, estrellas.
- Estudiante 8: El sol, los bombillos, las lámparas, las linternas, los celulares, el fuego, la luna.
- Estudiante 4: El sol, luz artificial, lámparas, linternas, una vela entre otros

- Estudiante 25: Estarían las fuentes de luz primarias y secundarias, como primaria sería el sol, las bombillas, etc., y como secundaria podría ser las que reflejan luz como la luna y los espejos.
- Estudiante 22: la fuente de luz primaria y secundaria en el caso de las primarias está el sol, lámparas, bombillos, etc., en el caso de las secundarias podría estar la luna, el reflejo de un espejo. La luz en este caso, es algo muy importante y es algo que realmente necesitamos para hacer las actividades que hacemos cotidianamente
- Estudiante 29: Las fuentes de luz pueden ser primarias o secundarias. Las primarias producen la luz que emiten. Las secundarias reflejan la luz de otra fuente; por ejemplo, la luna no produce luz, sino refleja la luz producida por el Sol. A su vez, entre las fuentes primarias se puede distinguir entre fuentes naturales (el Sol) o artificiales (una lámpara) otras fuentes de luz son: las estrellas, los bombillos, las luciérnagas, el espejo, los fósforos, las lámparas, el sol.

¿Cuál es la fuente de luz principal que ilumina el planeta?

Todas: El sol.

Tabla 7. *Transcripción de las respuestas de las estudiantes de la actividad del momento 1.*

Fuente: elaboración propia.

Anexo H. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 2

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 2 ¿En qué dirección se propaga la luz?
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Descripción y representación de la dirección de la luz.

Narración de la actividad (Momento 2)
<p>Descripción: Prenda el bombillo, luego ubíquese debajo de esta fuente de luz y observe en todas las direcciones los objetos que están en la habitación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudiante 34: Si, puesto que la luz de este al igual que la del sol ilumina toda la habitación mostrando cada uno de los objetos dentro de esta. Aunque hay objetos que reciban la luz por las paredes, aun así, toda la habitación y sus objetos reciben la luz en su totalidad • Estudiante 14: Yo creo que no teniendo en cuenta las cosas “grandes” que se tengan en la habitación, por ejemplo, si se tiene un armario grande o algún mueble bastante grande su sombra hace que los objetos que se encuentren cerca no se puedan percibir al momento de prender el bombillo o si algún objeto se encuentra en el suelo o debajo de algo pues de igual forma no se percibirá al prender el bombillo. • Estudiante 27: No, ya que lugares como debajo de la cama o dentro de un armario con la puerta cerrada, la luz del bombillo no alcanza a llegar para poder ver que hay allí. • Estudiante 10: La luz del bombillo al estar en un punto central logra alumbrar toda la habitación incluyendo los objetos que están en ella. Hay objetos que no se logran ver más por la dimensión y el rango visual del ojo, pero dependiendo de la posición donde uno se encuentre, pero al ajustar el rango visual se logran divisar los objetos de la habitación exceptuando los que se encuentran cubiertos por otros por ejemplo los que se encuentran debajo de la cama y no alcanzan a recibir ni luz natural ni la luz artificial del bombillo. • Estudiante 31: Sí, ya que la luz que está en el centro de la habitación hace que llegue a todos los rincones y pueda alumbrar cada cosa dentro de esta.

- Estudiante 32: La luz del bombillo ilumina las cosas que están visibles, y algunas de las cosas que no están visibles o las tapan objetos que están iluminados por esta luz no se van a ver por la sombra que se ocasiona.
- Estudiante 3: No debido a que hay objetos que obstaculizan la entrada de la luz, además de que el ángulo de esta afecta como la entrada de esta a otros lugares.

Tabla 8. *Transcripción de las respuestas de las estudiantes de la actividad del momento 2.*

Fuente: elaboración propia.

Anexo I. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 3

Nombre de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 3 Primeras ideas sobre la reflexión.
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Primeras ideas sobre la reflexión.

Narración de la actividad (Momento 3)
<p>¿Qué tienen que hacer para ver la ficha, sin mover ninguno de los objetos?</p> <ul style="list-style-type: none">• Estudiante 4: Para lograr ver la ficha de dominó sin necesidad de mover el objeto que se encuentra posicionado en frente de este es con el espejo, ya que este lo podemos acomodar de tal manera que podamos ver la ficha de dominó sin nosotros movernos y sin mover el objeto que en mi caso era un peluche el cual cubría por completo la ficha de dominó.• Estudiante 34: La persona tendría que ponerse en diagonal para que al levantar el espejo tengamos más posibilidades de ver la ficha con más facilidad y colocar un objeto no tan grande a la ficha.• Estudiante 27: Para poder ver la ficha de dominó podemos utilizar un espejo y acomodarlo de manera que la ficha pueda ser visible (teniendo en cuenta que estamos de espaldas al objeto grande y la ficha de dominó).• Estudiante 33: Teniendo en cuenta que desde la posición en la que estoy ubicada no puedo ver la ficha, lo que puedo hacer es cambiar mi posición, desplazarme hacia un lado, o levantarme y observarla desde un punto más alto o incluso más bajo, en el caso que contemos con una superficie transparente; otra opción viable, es contar con la ayuda de un espejo, el cual, al ubicarlo desde el ángulo correcto, nos permitirá verlo sin necesidad de desplazarnos a otro lugar.• Estudiante 8: pues al seguir los pasos como la ficha la está cubriendo un objeto más grande y estoy de espaldas lo que hago es recurrir al espejo pues este me ayuda a ver el objeto sin moverme y sin voltearme solo pongo el espejo de tal manera que pueda visualizar la ficha.

- Estudiante 30: Mover de alguna manera mi cabeza o el espejo tratando de observar la ficha que está detrás del objeto, el espejo en este caso cumple una función muy importante ya que este refleja desde otro ángulo la facilidad de ver la ficha sin necesidad de mover ningún objeto.
- Estudiante 25: Mover de alguna manera mi cabeza o el espejo tratando de observar la ficha que está detrás del objeto, el espejo en este caso cumple una función muy importante ya que este refleja desde otro ángulo la facilidad de ver la ficha sin necesidad de mover ningún objeto.
- Estudiante 13: Debo mover el espejo hacia un lado, pero aun permitiendo que yo pueda ver lo que refleja el espejo, así llegara un punto en el que pueda ser visible el dominó sin tener que moverlo a él ni al objeto que está al frente de la ficha.
- Estudiante 20: Para visualizar la ficha, teniendo en cuenta que frente de ella existe un objeto con mayor altura y volumen que la ficha, podríamos encontrar un ángulo el cual este con la misma distancia de 1m que hay entre la ficha, el objeto y mi posición y así ubicarnos de forma transversal en cuanto la dirección de estos objetos para poder observar con mayor claridad, por otro lado, también podemos tomar ayuda de un elemento como el espejo, el cual serviría como retrovisor.

¿Por qué la ficha no se puede observar cuando se interponen uno o varios objetos entre usted y esta?

- Estudiante 17: Dado a que los objetos que se interponen no son transparentes y la ubicación si es justamente en línea recta a como lo miremos, eso sí siempre del mismo punto porque quizá si nos movamos un poco logremos identificar el objeto que queremos.
- Estudiante 24: Porque al ser un objeto pequeño, me impide que el que está ubicado al frente de él, está muy relacionado cuando uno se ubica en la fila esperando a comparar una cosa, por ejemplo, si la persona es bajita, incluso en la posición de ella, le impedirá tener mejor visión para lo que está adelante, lo único que verá es un cuerpo alto de la otra persona, una forma que usualmente se hace, es inclinar la cabeza o el mismo cuerpo moviéndose a los lados.
- Estudiante 29: Porque al ser un objeto pequeño, el objeto que está ubicado al frente de él me impide ver la ficha y ya que los objetos no son transparentes y como se puede observar a lo que se hace el experimento y como se muestra en la foto, podemos ver que los objetos están en línea recta, aunque si nos movemos un poco se puede lograr identificar el objeto que queremos ver.
- Estudiante 5: Porque si un objeto es más grande que la ficha y no estamos en la capacidad de estar lejos de algo y ver lo que hay o lo que pasa detrás de él.
- Estudiante 11: Porque la interferencia que genera el objeto inerte al ser sólida dificulta un 100% la vista de este, esto por su masa.

- Estudiante 9: El objeto es muy grande y obstaculiza la visión de la ficha, también tiene que ver el ángulo con que veamos el objeto y creo que también la forma en la que llega la luz afecta ya que se refleja la sombra del objeto más grande y esta afecta la sombra de la ficha.
- Estudiante 20: La ficha no se puede ver con claridad cuando hay varios objetos entre mi posición y la de la ficha debido a mi posición: la primera vista que obtendré es la del objeto que es mayor en tamaño al de la ficha, por lo cual ver la ficha será con dificultad, en cambio, si buscamos un objeto que nos ayude a verla o nos cambiamos de posición será mejor la vista que obtendríamos, tanto de la ficha como los objetos puestos en la distancia de 1m.

Tabla 9. *Transcripción de las respuestas de las estudiantes de la actividad del momento 3.*

Fuente: elaboración propia.

Anexo J. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 4

Nombres de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 4 Algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz.
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Construcción de explicaciones sobre la reflexión de la luz, a partir de experiencias y experimentos.
Narración de la actividad (Momento 4)	
<p>¿Cuál es la trayectoria que sigue la luz desde cada uno de los alfileres hasta llegar a sus ojos?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudiante 34: Esta trayectoria hace que la luz al observar los alfileres está alineada y bajo la misma medida, este permite que se vea como si hubiera solo 1 alfiler que sería P1. • Estudiante 27: La luz tiene una trayectoria lineal, la sombra proyectada tiene una trayectoria dependiendo a su inclinación o a la posición que este el observador. • Estudiante 10: P1: es el alfiler que se ve más claro los rayos son reflejados y reflejados en los ojos directamente por lo cual se puede ver claramente sin complicaciones P2-P3-P4: se alcanza a divisar un segundo cuerpo (alfiler p2) ya que los rayos que reflejan de forma normal pero el ojo dependiendo de la posición donde se encuentre es capaz de recibir esos rayos y poder visualizar el objeto P5: Siendo el último de los componentes del experimento es muy difícil divisarlo ya que los rayos que eventualmente llegan al alfiler y son reflejados por el mismo se ven interrumpidos en su trayectoria por los alfileres puestos con anterioridad. • Estudiante 32: Se representa de una forma lineal cuyo objetivo es llegar a mi ojo con ayuda de la luz. • Estudiante 1: La trayectoria de la luz es lineal desde cada uno de los alfileres hasta llegar a mis ojos, ya que cuando la luz refleja en ellos estos hacen una sombra proyectada la cual hace que cada uno tenga una inclinación. • Estudiante 18: Opino yo que es recta porque al tapan el primer alfiler con los demás esta luz solo me hace dejar ver a mi vista el primer alfiler, pero muestra una mínima sombra en los demás. 	

- Estudiante 1: si lo vemos desde el primer alfiler, no es posible ver P5 ya que el alfiler P1 está alineado con los demás, esto es de acuerdo con la posición que se encuentre, porque si se mira desde la parte de arriba, se va a poder ver todos los alfileres sin ningún problema.
- Estudiante 34: Porque al cerrar uno de los ojos y confirmar que todos los alfileres están alineados y bajo la misma medida, este permite que se vea como si hubiera solo 1.

Explique qué relación encontró entre el ángulo formado por la trayectoria trazada desde P1 hasta C y el ángulo desde P4 hasta C.

- Estudiante 13: En el momento en que se observan los alfileres en cada uno de los ángulos con el espejo estos se ven alineados como si hubiera solo un alfiler; desde P1 y P4 se ve como si hubiera un alfiler aún con el espejo.
- Estudiante 34: Los ángulos formados entre los puntos P1 y P4 con respecto al punto C, son iguales cumpliendo una de las leyes de reflexión que indica que los ángulos incidentes y el ángulo del rayo reflectante son iguales.
- Estudiante 1: Gracias al reflejo que da el espejo la trayectoria del P1 al C y del P4 al C es el mismo ángulo de 45° aunque estén en diferentes posiciones.
- Estudiante 9: La relación que encontré entre ambos puntos es que se forma un Angulo igual en ambos lados un Angulo de 45 grados.
- Estudiante 25: La relación que existe es que, aunque ambos están a distintas distancias del punto c estos forman un ángulo de 45° gracias al reflejo del espejo este logra hacerlos ver alineados evidenciándose solo uno para la vista.
- Estudiante 15: Que estoy dos ángulos son muy cercanos a 45° .

Desde lo observado explique con sus palabras que ocurre allí con la luz.

Elabore algunas explicaciones sobre la reflexión de la luz con base en las experiencias y experimentos anteriores.

- Estudiante 33: El rayo de luz “ilumina” los primeros 3 alfileres (P1, P2, P3) y se puede hablar del ángulo e incidencia, como el que ubicamos o sobre el cual se encuentra la línea que formamos estos 3 alfileres, la luz incide en el espejo y se refleja en creando una “segunda línea” ubicada en el ángulo de reflexión que evidenciamos con la línea de los alfileres restantes, (P4, P5, P6).
- Estudiante 22: El rayo de luz ilumina los 3 primeros alfileres y se puede hablar del ángulo que ubicamos o sobre el que se encuentra la línea que forman estos 3 alfileres, la luz incide en el espejo y se refleja creando una segunda línea ubicada en el ángulo que se refleja en el espejo, así alineamos con la línea de los otros alfileres P4, P5 y P6.
- Estudiante 9: La luz es uno de los factores más importantes ya que esta me ayuda a identificar y acomodar más claramente los ángulos.

- Estudiante 11: La razón de dirección de la luz en cuanto a su reflexión y trayectoria se ven afectados por los obstáculos que se muestran en el mismo dificultando el proceso de seguimiento.
- Estudiante 5: pienso que es de la manera que la luz ayuda al reflejo del espejo y como en este logramos ver algunos alfileres y otros no.
- Estudiante 26: La luz que se refleja por el espejo me produce el ángulo de reflexión cambiando de dirección, pero aun así se sigue viendo la misma trayectoria de la figura, se ve del lado opuesto, pero sigue teniendo a misma distancia, lo cual hizo que el ángulo se acercara lo más posible a 45° .

Tabla 10. *Transcripción de las respuestas de las estudiantes de la actividad del momento 4.*

Fuente: elaboración propia.

Anexo K. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 5

Nombres de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 5 Primeras ideas de la refracción
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Reconocer algunas diferencias en la visualización de un objeto cuando se interpone un medio no opaco, entre este y el observador.

Narración de la actividad (Momento 5)
<p>En experiencias y experimentos anteriores se identificó la trayectoria que sigue la luz desde un objeto hasta el observador en diferentes situaciones donde se refleja en objetos opacos. Sin embargo, qué ocurrirá si los objetos no son opacos, para tener las primeras ideas, coloque un vaso de vidrio que se interponga entre usted y una ficha de dominó.</p> <p>Describa los cambios observados, ¿cambió la ficha?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estudiante 34: Depende de la forma del vaso, en algunos casos la ficha puede alargarse o ensancharse. En el caso con el vaso utilizado en este experimento, la ficha tomó una forma ondulada tanto cuando el vaso está sin agua como con el agua. ● Estudiante 31: Los cambios que podemos observar es que la ficha viéndola través del vaso se ve un como más aumentada en ciertas partes y también se ve un poco curva. ● Estudiante 8: La ficha no se logra ver del todo bien ya que el vaso la hace ver opaca también no logro ver todos los puntos de la ficha. ● Estudiante 30: La ficha cambia de tamaño, aunque también depende del lado en que te ubiques para observarla, se torna más borrosa. ● Estudiante 16: La ficha queda visible, aunque el vaso este en frente de ella ya que este es transparente, pero se puede evidenciar que la ficha intenta coger una forma fuera de lo normal de ella gracias al grosor del cristal, además el vaso que use, tenía una base muy gruesa lo que hacía que la parte baja de la ficha no se notara tanto, en cambio la de arriba se veía más grande.

- Estudiante 33: Es importante tener en cuenta que la forma del vaso y los grabados que puedan estar en las paredes del vaso influyen en lo que se ve para el observador, generando imagen alargada, o incluso distorsionada de lo que es realmente.
- Estudiante 10: Cuando se coloca un vaso entre la ficha y los ojos aparentemente la ficha cambia de tamaño ya que aparentemente el tamaño de la ficha aumenta y en ocasiones dependiendo del tipo de vaso que se utiliza ya que dependiendo del estado del vaso o su composición aparentemente la ficha se deforma también, esto depende del ángulo de visión que se tenga en el momento.
- Estudiante 24: Mi vaso tiene forma rectangular y, por ende, la superficie me modifica cuando pongo a cierta distancia la ficha, al tener una superficie gruesa, se vio un poco distorsionado la imagen y su tamaño un poco más pequeño.

¿Cuáles diferencias perciben si ahora se coloca la ficha dentro del vaso?

- Estudiante 34: La ficha ya no posee una forma tan ondulada, además de que ahora la ficha puede verse mejor al ojo humano.
- Estudiante 27: ahora con la ficha dentro del vaso, su tamaño disminuye, pero se ve mucho mejor que cuando estaba detrás del vaso
- Estudiante 30: Cuando se coloca la ficha dentro del vaso se agranda su tamaño, su claridad es un factor muy notorio y los puntos se ven más formados que estando detrás del vaso.
- Estudiante 13 y 15: En este caso nuestra ficha no se ve tan ancha como anteriormente, pero si se ve más grande y sus colores se ven un poco más definidos, como si estuviéramos viéndola con una lupa. Aunque también depende de que ángulo la estemos observando.
- Estudiante 16: Gracias a que el vaso es transparente, da la visibilidad de la ficha, aunque esta se vea un poco distorsionada. En cambio, en el objeto opaco, no da la posibilidad de ver la ficha porque la luz es reflejada en este.
- Estudiante 33: La diferencia consiste en el material de los objetos, al ubicar la ficha detrás de un objeto opaco es imposible observarla ya que este material no permite el paso de la luz a través de este, mientras que, en esta experiencia, el vaso es de material transparente el cual permite el paso de la luz y es por ello por lo que es posible observar sin ningún problema la ficha y todo lo que esté ubicado tras él.
- Estudiante 7: Con el objeto opaco, se dificultaba mucho observar la ficha, se tenía que buscar un ángulo para verlo bien, en cambio con el vaso, así se distorsione un poco la imagen se puede ver fácilmente, al ser transparente todo se ve perfectamente.
- Estudiante 24: Vuelve a la normalidad como siempre se ha observado una ficha de dominó, pero si le introduzco agua, su forma ahora es más grande, como si colocáramos en nuestro ojo una lupa, es sorprendente porque al momento donde saco la ficha, en mis dedos reflejan también un aumento dentro del vaso.

- Estudiante 17: La forma y el material del vaso influyen mucho en este momento ya que en un primer momento ubique mi ficha en un vaso que tenía sus lados con pequeñas formas de rombo, y la ficha tomaba una forma de triángulos, pero después utilice una copa lisa y en esta se veía clara y tal cual su forma.

¿Qué diferencias identifica con la experiencia donde se colocó un objeto opaco entre el observador y la ficha?

- Estudiante 33: Se diferencia en que al ser un objeto en el cual no permite que la luz pase haciendo visible el objeto mientras que con el vaso transparente la ficha si podía observarse. Se asegura que un objeto es opaco cuando no permite que la luz pase a una proporción que pueda apreciarse. Antónimos: Transparente.
- Estudiante 30: Al poner un objeto oscuro no podremos ver con claridad la ficha ya que este elemento está obstaculizando mi visión hacia la ficha, aunque depende el tamaño del objeto que se ponga en frente, depende el color del objeto que se interpone, hay muchos aspectos que influyen en esto.
- Estudiante 4: Con el objeto opaco se me dificultaba ver la ficha y tenía que estar completamente concentrada para ver de manera perfecta la ficha que estaba entre mí, cosa que no pasa con el vaso transparente porque, aunque se distorsione esta se puede ver perfectamente.
- Estudiante 10: Mientras se coloca un objeto opaco no es posible ver la ficha hasta hacer un ajuste en la visión o mejor dicho en la posición de los ojos para lograr ver la ficha mientras que con el vaso de vidrio no hay necesidad de ello ya que los rayos emitidos por la luz reflejan de una forma diferente en los dos objetos y por las características del vaso de vidrio es posible ver a través de él y lograr divisar la ficha, aunque con aparentes cambios en ella, esto debido al paso de los rayos de luz combinados con la estructura del vaso.
- Estudiante 17: Un objeto opaco no nos permitiría ver el paso de la luz debido al material en este caso un libro, no hay manera de que yo pueda observar la ficha si este elemento se interpone en mi campo visual.

Si agrega agua hasta el borde del vaso, ¿Percibe algún cambio en la ficha? ¿Cuáles cambios observó que tuvo la ficha?

- Estudiante 30: Los cambios que obtuvo la ficha cuando se llenó el vaso con agua fue que ya no se veía curvas y no que la ficha se veía muchísimo más grande de lo que era, aunque observamos la ficha desde un ángulo más hacia arriba podríamos verla con más claridad sin aumento ni nada.
- Estudiante 32: Se pudo observar que la ficha cambia un poquito de forma ya que se ve como con más zoom al momento de echar el agua.
- Estudiante 8: Al tener agua dentro del vaso pude observar que se distorsiona la imagen es decir no se ve de la misma manera cuando no tenía el agua se ve un poco más ancha y un poco más grande.

- Estudiante 9: Esto se debe a la luz que le llega directamente al vaso y a nuestros ojos (refracción); esta pasa por el vaso de vidrio y por el agua, esto también depende de la posición donde nos encontremos ubicados nosotros y que tan buena vista tengamos.
- Estudiante 19: cuando la ficha está detrás del vaso se ve un poco curva, pero si se pone dentro del vaso esta cambia su forma de ver si se coloca otro líquido en vez del agua sería no opaco ya que este no se vería el reflejo de la luz de la ficha e impediría ver que hay detrás del vaso.
- Estudiante 7: Esto se debe a la refracción ya que la luz normalmente llega directamente a nuestros ojos, mientras que en este caso debe pasar por el vidrio y el agua, esto hace que su dirección cambie y se distorsione la imagen. Todo depende de que tan lejos pongamos la ficha, y de que tan lejos nos posicionemos nosotros, La podemos ver más ancha, grande, o más pequeña, o más lejos o más cerca.
- Estudiante 10: Otro cambio que se generó es que con ayuda del agua, visualmente la ficha cambia su tamaño es decir se ve más grande, esto se debe a que el agua al ser un medio que igualmente refleja los rayos de luz funciona como una lupa combinando así las características del vaso con las del agua, en cierto momento del experimento la ficha se visualiza con “movimientos” lo que hace ver como si perdiera su forma original pero no es así es un simple efecto visual.

Tabla 11. *Transcripción de las respuestas de las estudiantes de la actividad del momento 5.*

Fuente: elaboración propia.

Anexo L. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 6

Nombres de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 6 El rol de la posición del observador en la refracción de la luz.
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Identificar la variación del objeto al cambiar la posición del observador.

Narración de la actividad (Momento 6)
<p>En un primer momento, ubíquese de frente al vaso con agua con una ficha de dominó adentro, después coloque un transportador cuyo centro coincida con el de la circunferencia del vaso, luego marque los ángulos y a cada uno de estos pegue lana hasta el borde de la superficie con un trozo de cinta, con el fin de tener marcos de referencia. Los ángulos son: 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° y 360°.</p> <p>Actividad I: Se realizará un foro de discusión, donde se comentarán y describirán qué cambios se perciben en la ficha para cada caso.</p> <p>Pregunta:</p> <p>Parece ser que cuando entre la ficha y el observador se interpone un objeto no opaco o transparente, esta cambia su tamaño o forma, por lo que es diferente al fenómeno de la reflexión ¿Qué trayectoria seguirá la luz en estos casos?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudiante 27: La luz viaja en múltiples direcciones, cuando se encuentra o se refleja con un objeto transparente o no opaco pasa a través de él, lo que hace que se encuentre en un punto del agua que está en movimiento y veamos que la ficha se deforme al verla a través del agua. • Estudiante 32: La luz juega un papel fundamental en este experimento ya que hace que el cambio de la dirección de diferente manera con la que propaga la luz en diferentes ángulos. • Estudiante 1: La trayectoria de la luz en este caso es cuando refleja esta hacia el vaso y hace que la luz cambie de dirección según el ángulo en que lo estemos viendo, por otra parte, el agua también nos ayuda a que la luz llegue a la ficha y la lana nos demuestra que desde cualquier lado que vea la ficha, la luz siempre iluminara.

- Estudiante 17: Opino que recta porque la luz en mi caso entraba desde la derecha donde yo estaba ubicada y la luz no tiende a apuntar a solo una dirección sino a todas las direcciones, la lana pegada al vaso demuestra que por cualquier punto que yo vea la luz me dejara ver el dado de cualquiera de los puntos porque el vaso es de cristal es transparente dejando que la luz atravese el vaso iluminando el dado.
- Estudiante 30: Cuando hacemos este experimento estamos hablando de la refracción de la luz con esto hacemos referencia a que la luz cambia de dirección a medida que vamos visualizando por los diferentes ángulos que estaban establecidos anteriormente, el agua también es un factor muy importante ya que gracias a esta podemos tener diferentes perspectivas de la ficha como es que se aumente su tamaño o que tenga un leve movimiento aunque esto solo hace referencia a un efecto visual gracias a los diferentes componentes del agua.
- Estudiante 18: Cuando se utiliza el agua y el vaso, los rayos de luz tienen movimientos diferentes. Los rayos se reflejan de una forma dispersa, ya que los rayos son reflejados en varias direcciones. En el final del experimento se ve la refracción, la cual es el cambio de dirección que presenta un rayo o una onda al pasar de un objeto a otro. Un objeto transparente permite pasar casi toda la luz, por eso la cantidad de luz que pasa por este objeto es similar a la que viene originalmente (la que se atraviesa).
- Estudiante 24: La luz viaja en distintas direcciones hasta llegar al vaso donde se refracta, es decir, cambia de dirección al pasar de un medio a otro, en este caso, al aire, el vaso y finalmente al agua, para luego salir del vaso, este fenómeno se debe a la velocidad con la que viaja la luz por los distintos medios.
- Estudiante 7: La luz cambia de múltiples direcciones, se refracta, debido a que pasa de un material a otro, en este caso, entra por la ventana, pasa por el vidrio del vaso, luego por el agua, que está en constante movimiento, y vuelve a salir del vaso. Los haces de luz se propagan en múltiples direcciones, pero al final se reúnen en un punto central, esto hace que el objeto, en este caso la ficha de dominó se deforme.
- Estudiante 5: Depende de la forma en que se mire y como la luz le refleje al vaso también dependiendo de los ángulos que observamos y que logramos ubicar.

Tabla 12. *Transcripción de las respuestas de las estudiantes de la actividad del momento 6.*

Fuente: elaboración propia.

Anexo M. Transcripción de las respuestas de la actividad del momento 7

Nombres de quienes elaboran esta tabla	Marlon Camilo Aldana Boada Lina Del Pilar Hernández Sepúlveda
Asigne un nombre a la actividad que realizó con sus estudiantes	Momento 7 Algunas explicaciones de la refracción de la luz.
Con qué curso desarrolló la actividad	Undécimo
Número de estudiantes que desarrollaron la actividad	35
Número de sesiones realizadas	1
Pregunta problema o interés de análisis	Construir explicaciones en torno al fenómeno de la refracción de la luz

Narración de la actividad (Momento 7)	
<p>Descripción: En este momento, se retomará el experimento 2, donde se utilizan alfileres, pero, para este caso se debe cambiar el espejo por un objeto no opaco, como lo es un trozo de vidrio plano, y se extenderá el semicírculo hasta llegar a los 360°, es decir, una circunferencia completa. Además, se seguirán los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Trace la trayectoria que sigue la luz desde el observador O ubicado a la altura de P, hasta el final del círculo al pasar por la gelatina (línea OD). 2) Clave los alfileres P1 y P2 como los colocó en el experimento 2, donde el observador estará ubicado a la altura de los alfileres en O', teniendo en cuenta que desde el P1 no se podrá ver P2 y que están a 45° con respecto al punto C. 3) Marque una línea AB en la posición de la gelatina. 4) Coloque los alfileres P3, P4 y P5 de tal manera que sus imágenes a través de la gelatina queden cubiertas por los alfileres P1 y P2. Luego trace la trayectoria al unir los puntos que dejaron los alfileres 5) Quite la gelatina y los alfileres, luego mida el ángulo que se formó con respecto a la línea CE trazada con los puntos donde se encuentran P3, P4 y P5 y la línea CD. ¿Qué observa? Descríbalo con sus palabras. 6) Repita el experimento varias veces, variando el ángulo inicial de P1 y P2. ¿Qué diferencias encuentra con respecto a la variación del ángulo inicial y el ángulo formado por la trayectoria de los alfileres P3, P4 y P5? 7) Quite la gelatina y los alfileres, luego mida el ángulo que se formó con respecto a la línea CE trazada con los puntos donde se encuentran P3, P4 y P5 y la línea CD. ¿Qué observa? Descríbalo con sus palabras. 	

8) Repita el experimento varias veces, variando el ángulo inicial de P1 y P2. ¿Qué diferencias encuentra con respecto a la variación del ángulo inicial y el ángulo formado por la trayectoria de los alfileres P3, P4 y P5?

Preguntas:

Con respecto al paso 5, ¿existe una diferencia entre ambos ángulos?

- Estudiante 13: Si, porque los puntos P1 y P2 tenían un ángulo de 45° y cuando este se esparce con la gelatina y da una refracción nos dio un ángulo de $46,5^\circ$ por lo que se evidencia una variación.
- Estudiante 24: Si, ya que anteriormente en los alfileres P1, P2 y P3 tenían un grado de 45 grados y al momento de hallar el ángulo desde la otra perspectiva, tenía 4 unidades demás, generando en mi ojo una desviación para poner los alfileres.
- Estudiante 10: Si se evidencia una diferencia clara entre ambos ángulos ya que uno es mayor al otro, esto debido a la refracción presentada por la gelatina.
- Estudiante 30: si, ya que la gelatina no permite que se vea de forma clara los alfileres que estamos poniendo y eso hace que el ángulo tenga cierto cambio, aunque este no es muy notorio esto se debe a que la gelatina tiene un color que no es 100% transparente.
- Estudiante 4: Al momento de cambiar los alfileres de lugar (p1 y p2) se evidencia los rayos de refracción que emite la gelatina. Cuando P1 Y p2 se mueven hacia el punto 0 de la gelatina la refracción de esta emite los puntos en P3, P4 Yp5 se dirigen a un nuevo punto llamado "A", por otro lado, si P1, P2 se dirigen a otra dirección, se evidencia un cambio hacia un nuevo punto el cual llamaremos "B".
- Estudiante 16: Si, esta diferencia es muy mínima, pero se puede evidenciar, su ángulo base o sea en donde están ubicados el P1 Y P2 tiene una diferencia de 7° grados con los alfileres que fueron ubicados a pulso, teniendo en cuenta que había un objeto no opaco en el medio.
- Estudiante 22: Si, en el caso de P1 y P2 el ángulo que se formo fue de 45° , al poner la gelatina los alfileres P3 P4 y P5 se notan distorsionados por su forma y el ancho que tiene, haciendo que se vea corrido o diferente por su contextura o material , por lo tanto hace que el ángulo que se forme al otro lado de la gelatina se corra y se forme un ángulo distinto que fue de 44° , tomamos otro ángulo, en este caso 48° al poner la gelatina y tratar de alinearlos este cambia totalmente, por lo que al trazar la línea de estos puntos cambia a un ángulo de 42° por el material de la gelatina.
- Estudiante 33: Sí, existe una diferencia entre estos ángulos, puesto que el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción son distintos; los alfileres del P1, P2, y P3, se encuentran a 45° y los alfileres P4, P5 y P6 están ubicados a 35° , lo que nos demuestra que tiene una desviación de 10° .

Con respecto al paso 6, ¿existe alguna relación entre los ángulos incidentes y los refractados?

- Estudiante 24: Use 60 grados y si existe como una relación ya que al comienzo los alfileres no tuvieron una línea correcta, pero al insertar P3 que está situado como indica la foto me dio exactamente el grado, pero si lo comparo con P4 y P5 son mayores, pero no hay una gran diferencia.
- Estudiante 10: Según el experimento al cambiar los alfileres ubicados en p1-p2 se puede evidenciar una tendencia entre los rayos incidentes y los rayos refractados por ejemplo, (según la ilustración dada en el taller) mientras p1-p2 se mueven acercándose hacia el punto “O” la refracción de los rayos o los puntos resultantes que se manejaron como p3-p4-p5 tienden a dirigirse hacia el punto “A”, por otro lado si p1-p2 se dirigen hacia el punto “B”, se verá un cambio en p3-p4-p5 con dirección hacia el punto “D”, variando así sus ángulos en cada intento. Basados en esta premisa se puede decir que los ángulos de los rayos incidentes serán mayores a los ángulos de los rayos refractados.
- Estudiante 1: si existe alguna relación, ya que al momento de mover P1 y P2 de ángulo, los ángulos refractados cambian de acuerdo al reflejo de la luz que da en la gelatina cambiando su dirección.
- Estudiante 30: A medida que yo cambio de alguna manera los ángulos incidentes el ángulo que esta refractado cambia ya que lo que buscamos en este experimento es que los alfileres estén alineados.
- Estudiante 33: Si, existe una relación, por lo que es posible confirmar lo dicho en el punto anterior, la luz viaja, choca con la gelatina y rebota hacia otro lugar, cambiando su dirección, y una vez más, se refleja esto en una variación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción.
- Estudiante 7: La luz se refracta al cambiar de medio, es decir cuando pasa por la gelatina por lo cual, a nuestra percepción vemos que están en la misma hilera, y que el ángulo será igual, pero en realidad, al cambiar de dirección la luz esta hace que se distorsione la verdadera posición de los alfileres.

Con respecto al paso 6, ¿qué explicaciones podría dar a lo observado?

- Estudiante 24: La gelatina sin sabor al ser casi transparente nos juega un poco con uno de los sentidos y hace que al momento de sacar los alfileres y poder calcularlo, se note la diferencia.
- Estudiante 10: Se evidencia que los ángulos de los rayos incidentes son mayores a los ángulos de los rayos refractados esto debido a que La gelatina es una superficie donde por sus características se considera como un medio con una velocidad de propagación más lento de la luz, por esto se evidencia que al pasar por la gelatina los rayos modifican su dirección o se doblan a esto se debe la variación en los ángulos.
- Estudiante 22: Se podría decir que hubo muchos cambios en cuanto a los ángulos y a diferencia de los demás experimentos se puede evidenciar la diferencia de objetos que usamos que sirvieron para observar desde diferentes ángulos y de diferentes visiones a través de los objetos dependiendo si es opaco o no, en este caso la gelatina fue un material muy fácil de usar porque nos permitía ver a través de ella los alfileres para poder cuadrarlos y tratar de que nos diera un

ángulo perfecto, aunque no fue como lo pensamos ya que la gelatina posee una contextura muy distinta a la de un espejo, por lo que hace que al alinear los alfileres no cuadren exactamente, ya que al mirarlo y tratarlo de alinear se distorsiona y hace que no ubiquemos exactamente los alfileres P3,P4 y P5 con el P1 y P2.

- Estudiante 33: El fenómeno que evidenciamos en este momento es la refracción, la luz viaja, y pasa de un medio a otro, (del aire a la gelatina) y por ello se refracta, cambiando de dirección por la velocidad con la que se propaga en los distintos medios.

Desde lo observado explique con sus palabras que ocurre allí con la luz.

- Estudiante 24: Es interesante saber que cada día uno aprende grandes cosas, hasta las más mínimas, durante estos momentos que nos han enseñado hemos aprendido mejor la diferencia entre refracción y reflexión, son conceptos que quizás se haya oído, pero nunca se investigó a profundidad de donde surge. Es por esto por lo que, a pesar de la pandemia, a través de Meet, junto con la nueva profesora nos realiza o nos ha realizado diferentes preguntas que uno con obviedad dirá, pero habrá algo más allá. En el paso 5 y 6 de este último momento se compartió el termino refracción en el cual la luz necesitará algún medio para que el receptor (como su nombre lo indica) lo pueda recibir o no, dependiendo si es opaco como un objeto sólido, por ejemplo, un termo, un computador abierto...o los no opacos. En el caso de la gelatina es un objeto no opaco, pero depende ya que, al no ser tan translucido, impide ver desde el otro lado.
- Estudiante 10: Se evidencia que los rayos emitidos por la luz son los que nos permiten ver o distinguir diversos objetos, mientras más se interactúa con otros objetos es más claro que se pueden presentar variaciones de como vemos las cosas en el día a día. Los rayos depende el objeto en el cual se reflejen para tener diversos comportamientos es en este momento donde se ven claramente los efectos que se producen por ejemplo no es lo mismo ver un objeto de frente a verlo a través de un espejo o incluso ver objetos a través de un vaso donde se evidencian características diferentes de los objetos en cuestión ya que uno (el espejo) mantiene una forma “regular” mientras que el vaso es considerado como un objeto con forma “irregular” en estos casos los rayos se reflejan de distinto modo ya que en el primer caso se reflejan de una forma paralela mientras en el segundo lo hace de una forma casi aleatoria. De igual forma en el último experimento hecho se evidencia una clara diferencia entre los ángulos incidentes y los refractados ya que pasan a través de un medio el cual reduce la velocidad de los rayos (la gelatina) mostrando de esta forma tendencias entre los rayos incidentes y refractados, como una ligera variación en los ángulos de estos.
- Estudiante 30: La refracción de la luz hace referencia a que esta puede pasar por medio de un objeto y seguir transmitiendo luz de alguna manera también se puede decir que la luz cambia de dirección y esto nos permite ver el objeto que queremos observar por medio del objeto sin que este rebote.
- Estudiante 33: La refracción de la luz ocurre cuando la luz pasa de un medio transparente a otro, la luz viaja en el aire a una velocidad de 299.910 km/s y al sufrir un cambio de medio se ve afectada en su velocidad, ya que la velocidad por la que viaja la luz por la gelatina es inferior a la que tiene para desplazarse en el aire, produciendo este fenómeno, donde la misma obtiene como resultado un cambio en su dirección. También podemos verlo desde otro punto, aunque

el material de la gelatina era transparente, en distintos experimentos, pudimos concluir que influye el modo en que se realice esta, ya que algunas lograron tener una consistencia más densa, otras no tanto, y también se veía dificultado porque en ocasiones la consistencia de la gelatina hacía más sencilla o no la visualización de los alfileres.

Tabla 13. *Transcripción de las respuestas de las estudiantes de la actividad del momento 7.*

Fuente: elaboración propia.

Anexo N. Pantallazo de la Página Web



De Nazareth

Algunas explicaciones sobre la reflexión y refracción de la luz

Aldana, Marion, & Hernández, Lina



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

Inicio
Momento 1
Momento 2
Momento 3
Momento 4
Momento 5
Momento 6
Momento 7






Bienvenidas a su espacio de trabajo grado once

Esta pagina web fue creada para las estudiantes de grado once del colegio Nuestra Señora de Nazareth, con el fin de dinamizar y organizar las actividades que se desarrollaran en diferentes sesiones de la asignatura de física, donde se trabajan con ciertos fenómenos de la luz. Por tanto, este es su espacio de trabajo, disfrútenlo y bienvenidas.





Para las clases...

Uno de los aspectos mas importantes para las clases es la disposición y preparación de las mismas, por esto se requiere siempre dar un 100% de nosotros, ya que esta simple acción nos brinda la posibilidad de adquirir un mejor conocimiento y promover un mejor aprendizaje.



"Cada uno de nosotros es una preciosidad, en una perspectiva cósmica. Si alguien desprecia de tus opiniones, déjalo vivir. En un trillón de galaxias, no hallarías otro igual"
Carl Sagan

Para tener en cuenta

Momentos

En las diferentes sesiones de clase, se abordarán siete momentos distribuidos uno a uno como se evidencia en la parte superior de la presente pagina web. En estos, se abordan diferentes actividades que estarán previamente publicadas con el fin de que estén a su alcance en el momento de ser solicitadas. Cabe aclarar que las sesiones siempre se realizarán de manera virtual, utilizando la herramienta de google meet. Sin embargo, las diferentes güas representan un apoyo adicional para la explicación de experiencias y experimentos que se desarrollaran.

Trabajo en clase

Cuando nos ubicamos en cada una de las pestañas de los momentos, se habilitará un espacio de trabajo en clase donde se deben subir las evidencias de las actividades desarrolladas en cada sesión, según corresponda. Por tanto, en las güas se describen las forma de entrega, la cual se debe seguir para su correcta socialización y entrega.

© 2023 by Art School. Proudly created with [Wix.com](https://www.wix.com)

Anexo Ñ. Pantallazos de algunas vídeo llamadas con las estudiantes de grado undécimo

