UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA GEOMÉTRICA, CON SITUACIONES COTIDIANAS DEL ESTUDIANTE DE UNDÉCIMO GRADO

Richard Fabián Reyes Ramos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Bogotá D.C.

2015

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA GEOMÉTRICA, CON SITUACIONES COTIDIANAS DEL ESTUDIANTE DE UNDÉCIMO GRADO

Richard Fabián Reyes Ramos

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:
Ph.D. Freddy Alberto Monroy Ramírez
Profesor del Departamento de Física

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.
Bogotá D.C.
2015

A mi Mamucha.

A mi Andrus.

A Mi Carola.

A mis Abuelos.

Agradecimientos

Esta parte de mi apartado lo elevo a una importancia semejante al de mis resultados y conclusiones, lo aprovecho para agradecer, a mi *mamucha* por su confianza infinita, por qué me alentó y me hizo saber que salir de mi casa a una ciudad como Bogotá era posible, su confianza me dio fuerzas en todo momento y lugar, sus oraciones y demás la amo mucho, a mi hermanita por ser fuente de mi inspiración, a mi compañera de lucha Carolina, nuestra sociedad hizo menos pesada toda la gama de retos que tuvimos.

A mis abuelitos que durante el proceso les toco ir con una maleta ligera por el gran viaje que decidieron hacer, siempre los amare por que sin ellos nada de esto hubiese sido posible, y a mis otros abuelitos que están conmigo cada día compartiendo todo lo necesario.

Finalmente y no por ser menos importante a Dios y mi Maestro Freddy, porque me dio toda la manera posible sin medida y con mucha razón para que las cosas siempre fueran de calidad, lo admiro mucho.

Richard

Contenido

1. RESUMEN 7
ABSTRACT 8
LISTA DE FIGURAS 9
LISTA DE TABLAS 11
2. INTRODUCCIÓN 12
3. OBJETIVOS 14
3.1. OBJETIVO GENERAL 14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
4. MARCO TEÓRICO 15
4.1. Fundamentos desde lo histórico y epistemológico 15
4.2. Fundamentos desde lo disciplinar 17
4.2.1. Óptica física 17
4.2.2. Óptica cuántica 17
4.2.3. Óptica geométrica. 18
4.2.3.1. Reflexión de la luz 19
4.2.4. ¿Por qué el modelo geométrico sirve para explicar las reflexiones en los espejos? 21
4.2.5. Reflexión de la luz en espejos 22
4.2.5.1. Reflexión de la luz en superficies planas: 23
4.2.5.2. Reflexión de la luz en superficies curvas 24
4.2.6. Refracción de la luz 26
4.2.6.1. Las leyes fundamentales de la refracción 26
4.2.7. Reflexión total 27
4.3. Fundamentos desde lo pedagógico 28
5. PROPUESTA DIDÁCTICA 30
5.1. Descripción de la población 30
5.2. Descripción de la propuesta 30
5.3. Desarrollo y resultados de la propuesta 31
5.3.1. Actividad diagnóstico 31
5.3.2. Práctica experimental 1: propagación de la luz en el espacio. 37
5.3.3. Práctica experimental 2: reflexión de la luz en espejos planos 40
5.3.4. Practica sobre reflexión de la luz en espejos curvos 46
5.3.5. Práctica sobre refracción de la luz 51
5.3.6. Análisis de la Prueba final de selección múltiple contrastada con la prueba de inicio 54

- Ganancia Hake: 56
6. CONCLUSIONES 59
7. BIBLIOGRAFÍA 61
8. ANEXOS 63
ANEXO A: PRUEBA DIAGNOSTICA 63
ANEXO B: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, GUÍA DEL DOCENTE. 66
ANEXO C: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES. 70
ANEXO D: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES. 72
ANEXO E: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, FORMATO DE RESULTADOS... 74
ANEXO F: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, GUÍA DEL DOCENTE ..... .75
ANEXO G: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES. 82
ANEXO H: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES. 85
ANEXO I: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, FORMATO DE RESULTADOS. 88
ANEXO J: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, GUÍA DEL DOCENTE 89
ANEXO K: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES. 94
ANEXO L: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES. 96
ANEXO M: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, FORMATO DE RESULTADOS 98
ANEXO N: REFRACCIÓN DE LA LUZ, GUÍA DEL DOCENTE. 99
ANEXO O: REFRACCIÓN DE LA LUZ, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES... 103
ANEXO P: REFRACCIÓN DE LA LUZ, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES. 105
ANEXO Q: REFRACCIÓN DE LA LUZ, FORMATO DE RESULTADOS. 107

1. RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de la óptica geométrica basada en la Metodología de Aprendizaje Activo (*MAA*) que, con material de fácil consecución y bajo costo, permitió a los estudiantes de grado undécimo del Liceo cultural las Américas, la asociación de algunos fenómenos observados en la vida cotidiana, con lo aprendido en el salón de clase sobre conceptos fundamentales de la óptica geométrica.

La propuesta se realizó con treinta estudiantes de grado undécimo del Liceo cultural las Américas, ubicado en la localidad de suba, en Bogotá con los cuales se aplicaron cuatro talleres experimentales encaminados a la enseñanza de los conceptos fundamentales de la óptica geométrica, a partir la construcción y utilización de materiales con elementos de fácil consecución y bajo costo.

Para evaluar la eficiencia y pertinencia de la propuesta que se aplicó con los estudiantes, se realizó un análisis de los resultados obtenidos en cada una de las prácticas experimentales y finalmente una comparación entre las pruebas de entrada (diagnóstico) y prueba de salida utilizando la ganancia de Hake

Palabras claves:

Ciencias físicas: 1) Óptica geométrica. 2) Fenómenos de reflexión y refracción de la luz. 3) Espejos planos y curvos.

ABSTRACT

This report is a didactic proposal for teaching of the geometric optical based in the Active Learning Methodology (MAA), with easy material procurement and inexpensive, allowed to eleventh graders students, the association of some phenomena observed in everyday life, with they learned in the classroom, they could know fundamental concepts of geometrical optics.

The proposal was conducted with 30 students in grade eleven of basic secondary of cultural Liceo the Americas, located in the town of rise in Bogotá city, there they applied four experimental workshops aimed at teaching the fundamental concepts of geometrical optics, from of construction and use of materials with elements of easy acquisition and low cost.

To evaluate the efficiency and relevance of the proposal that was applied to students, was performed an analysis of the results obtained in each of the experimental practices and finally a comparison between the entrance tests (diagnosis) and post-test was performed using the gain Hake.

Keywords:
Physical sciences: 1) Geometrical optics. 2) Phenomena of reflection and refraction of light. 3) Flat and curved mirrors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación principio de Fermat..... 19
Figura 2 Reflexión especular 19
Figura 3 Reflexión difusa 19
Figura 4. Esquema del vector de onda ($\boldsymbol{K}$) y el rayo utilizado en las construcciones geométricas. 22
Figura 5: Reflexión en un espejo plano. 22
Figura 6. Reflexión en un espejo plano, se muestra [$\boldsymbol{\theta i}$= $\boldsymbol{\theta r}$] 23
Figura 7: Características generales de las imágenes de una superficie plana 23
Figura 8: Elementos de un espejo curvo 24
Figura 9 Trayectoria de la luz en dos medios. 26
Figura 10. Trayectoria de la luz en dos medios. Esquema geométrico de la reflexión total de la luz 27
Figura 11 Ángulo límite. 28
Figura 12 Ángulo límite 28
Figura 13 Ángulo límite. 28
Figura 14. Fotografía reflexión total. 28
Figura 15. Estudiantes de grado 11°. Desarrollo de actividad diagnóstico 30
Figura 16. Resultados pregunta 1 actividad diagnóstico 32
Figura 17. Justificación de un estudiante a la pregunta 1 de la actividad diagnóstico 32
Figura 18. Resultados pregunta 2 actividad diagnóstico 33
Figura 19.Justificación de un estudiante a la pregunta 2 de la actividad diagnóstico 33
Figura 20. Resultados pregunta 3 actividad diagnóstico 34
Figura 21..Justificación de un estudiante a la pregunta 3 de la actividad diagnóstico 34
Figura 22. Resultados pregunta 4 actividad diagnóstico 35
Figura 23. Justificación de un estudiante a la pregunta 4 de la actividad diagnóstico 35
Figura 24. Resultados pregunta 4 actividad diagnóstico 36
Figura 25. Organización del montaje y presentación de la situación en el tablero..... 37
Figura 26. Registro de predicciones individuales 38
Figura 27. Trayectoria de los rayos de luz por un apuntador láser y por un bombillo 38

Figura 28.Representación de la trayectoria de la luz en un láser y en un bombillo ... 39

Figura29.Semejanzas y diferencias de la propagación de la luz de un bombillo y de un apuntador láser ... 39

Figura 30.Representación reflexión de una persona en un espejo plano ... 42

Figura 31.Representación reflexión de una mano en un espejo plano ... 43

Figura 32. Representación de la reflexión de la mano de una persona sobre un espejo plano ... 44

Figura 33. Situaciones de la práctica experimental ... 44

Figura 34. Modelos planteados por los estudiantes para medir los rayos incidente y de reflexión ... 46

Figura 35. Modelos planteados por los estudiantes para medir los rayos incidente y de reflexión ... 46

Figura 36. Cuchara metálica ... 47

Figura 37.Representación trayectoria de los rayos reflejados en los espejos ... 48

Figura 38. Representación del montaje de la práctica de reflexión en espejos curvos. ... 48

Figura 39.Representación de la trayectoria de los rayos ... 49

Figura 40.Representación de la segunda situación de la práctica. ... 50

Figura 41. Desarrollo de la práctica variando la posición de la vela ... 50

Figura 42. Construcción geométrica ... 51

Figura 43. Construcción geométrica. ... 51

Figura 44. Construcción geométrica. ... 51

Figura 45. Representación trayectoria de un rayo pero tiene poca potencia ... 52

Figura 46. Representación trayectoria de un rayo que se refleja por el agua ... 52

Figura 47. Representación trayectoria del rayo en línea recta en diferentes ... 53

Figura 48. Recipiente con agua. ... 53

Figura 49- Primeras representaciones de la trayectoria del rayo en diferentes medios ... 54

Figura 50- Resultados de los estudiantes en el pre y post-test. ... 55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características de las imágenes formadas por los espejos curvos..... 26
Tabla 2- Síntesis práctica 1..... 37
Tabla 3- Síntesis práctica 2..... 41
Tabla 4- Síntesis práctica 3..... 47
Tabla 5- Síntesis práctica 4..... 52
Tabla 6: Resultados del pre-test, post test y ganancia de Hake para cada estudiante 57
Tabla 7- Zonas de ganancia normalizada 57

2. INTRODUCCIÓN

Los estándares de ciencias naturales presentan un referente y una secuencia de conceptos para la enseñanza de la luz, los cuales se dividen en dos momentos de acuerdo a los grados en los cuales se realiza el proceso de enseñanza y aprendizaje, el primer momento, se caracteriza por la clasificación y comparación de los efectos de las fuentes de luz en los seres vivos, temas que se deben trabajar en los grados de primero a tercero.
El segundo momento, está ubicado en los grados octavo-noveno, en los cuales el estudiante debe reconocer y argumentar diferencias existentes entre los modelos que explican la naturaleza y el comportamiento de la luz.

Teniendo en cuenta lo anterior, cuando un estudiante llega a undécimo grado tiene las bases necesarias para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz, sin embargo, se ha observado en el proceso de enseñanza de conceptos asociados a la luz, que los estudiantes de undécimo grado del Liceo cultural las Américas tienen dificultades al momento de contextualizar los conceptos que se trabajan en clase de física y los fenómenos que se trabajan en ella.

Específicamente con la luz y sus fenómenos los estudiantes tienen nociones de dichos conceptos, porque tuvieron experiencias cotidianas o simplemente porque en años anteriores se han mencionado, sin embargo han sido conceptos abstractos que no fueron visualizados de manera experimental o simplemente no tienen sentido ya que no están asociados a un contexto de su entorno cotidiano.

Por lo tanto, se propuso la siguiente pregunta ¿Cuál puede ser una unidad didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la óptica geométrica a estudiantes de undécimo grado, con base en fenómenos cotidianos de los rayos luminosos y utilizando la

metodología del aprendizaje activo? la cual orientó el desarrollo de la propuesta didáctica de este trabajo.

El diseño y aplicación de la secuencia didáctica utilizó materiales de fácil consecución y bajo costo, los cuales fueron utilizados en el desarrollo de las prácticas experimentales con el fin de relacionar los conceptos que se trabajan en el salón de clase con situaciones de la vida cotidiana o entorno del estudiante.

El trabajo consta de 6 capítulos, distribuidos de la siguiente manera: capítulo 1 y 2 con introducción y objetivo, en el capítulo 3 se presenta el marco teórico con los respectivos fundamentos epistemológicos, disciplinares y pedagógicos que sustentan este trabajo, En el capítulo 4 se puntualizan aspectos generales de la metodología del aprendizaje activo, la cual fundamenta cada una de las prácticas experimentales. En el capítulo 5 se hace una descripción de la propuesta y se presenta los resultados obtenidos en cada una de las actividades y un contraste de resultados de la prueba diagnóstico con la prueba de salida, determinando la ganancia normalizada de Hake. Finalmente en el capítulo 6 se plantean las conclusiones del trabajo.

Por último, es importante considerar que las referencias utilizadas en este trabajo se encuentran en formato APA, además que las imágenes anexadas en el desarrollo del mismo fueron tomadas por el autor durante prácticas de laboratorio.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una unidad didáctica basada en la Metodología de Aprendizaje Activo (*MAA*) que, con material de fácil consecución y bajo costo, permita a los estudiantes de grado undécimo, la asociación de algunos fenómenos observados en la vida cotidiana, con lo aprendido en el salón de clase sobre conceptos fundamentales de la óptica geométrica.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los aportes de los antecedentes e investigaciones existentes asociados a los conceptos básicos de óptica geométrica y su enseñanza desde el punto de vista instrumental (talleres experimentales).
- Diseñar cuatro guías de trabajo dirigidas a estudiantes de grado undécimo, enmarcadas dentro de la *MAA* encaminadas a la enseñanza de los conceptos fundamentales de la óptica geométrica, desde una visión mayormente experimental.
- Diseñar y construir, con elementos de fácil consecución y bajo costo, el material y equipo necesario para la implementación de las guías de óptica geométrica.
- Implementar los cuatro talleres con el material construido y las guías diseñadas para tal fin.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Fundamentos desde lo histórico y epistemológico

En este apartado se presentarán los aspectos históricos y epistemológicos relacionados con la luz y en especial con la óptica geométrica.

En general en la básica media cuando se enseña la óptica se inicia según Iparraguirre y Lorenzo. M (2007), por orientar al estudiante al reconocimiento de las nociones básicas de la luz y la visión, con relación a dichas nociones aún sirve mencionar que los primeros referentes teóricos fueron expuestos por las escuelas griegas en el año 400ac, las cuales relacionaban el proceso de ver, como aquel que nace desde el ojo y llega hasta el objeto en el caso de la escuela de Pitágoras y como el proceso inverso en el caso de Leucipo de la escuela de los atomistas.

Euclides el famoso geómetra griego perteneciente a la escuela de los pitagóricos agregó también que la luz era un rayo que se movía en línea recta hasta el objeto. Trece siglos después los árabes a la cabeza del Ajasen Basora con respecto a la noción de ver, mencionaron que la luz provenía del sol en línea recta, esta rebotaba en el ojo y finalmente iba hasta el objeto.

Con relación a la necesidad de estudiar las nociones básicas de la luz y la visión, nace también la necesidad de comprender la naturaleza ondulatoria de la luz. En esta comprensión la historia hace hincapié que fue hasta el siglo XVII, donde el matemático Fermat descubrió que la luz se mueve de un punto a otro por el camino que le tome menos tiempo llegar. Por su parte Newton planteó que la luz está compuesta por pequeños corpúsculos que se desplazan en línea recta y con velocidad constante, y luego Huygens propuso que la luz era una onda.

La secuencialidad en el surgimiento de las explicaciones de las nociones de la luz conlleva según Iparraguirre y Lorenzo. M (2007) a sugerir, que al trabajar con el

estudiante la óptica ondulatoria, se debe primero trabajar con la óptica geométrica como puente del entendimiento y cercanía de la óptica con las situaciones típicas del entorno del estudiante.

Con relación a la sugerencia anterior, al revisar la historia se encuentran conceptos importantes como el de la reflexión y la refracción de la luz. El primero que se interesó en estos fue Arquímedes, quien realizó un estudio cualitativo de dichos fenómenos, luego Ptolomeo elaboró tablas donde relacionaba con mucha exactitud los ángulos de incidencia y refracción de la luz cuando pasa a través de la superficie que separa dos medios.

Con base en estos datos encontró que la relación entre ellos era lineal, es decir (θ_1/θ_2) siempre será contante y depende del par de medios involucrados. Esta relación le sirvió a Ptolomeo en la corrección sobre los movimientos de algunos astros que observaba.

La óptica no progresó desde los avances de Ptolomeo; tuvieron que pasar alrededor de mil años, para que el islámico Iban al Haytham adelantara estudios propios en la óptica y refutara definitivamente las ideas pitagóricas, además de comprobar lo expuesto por Ptolomeo. No obstante, propuso que la relación era exacta en ángulos pequeños, pero variaba sistemáticamente cuando los ángulos crecían, aunque no aportó ninguna ley que recopilara sus análisis.

La idea de Ptolomeo se mantuvo hasta 1621 cuando el profesor Snell, a partir de una construcción geométrica dedujo que la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción era la relación constante entre las cosecantes de los ángulos $(csc\theta_1/\ csc\theta_2)$.

René Descartes reescribió la expresión actual $(sen\theta_1/\ sen\theta_2)$, en la cual a la constante se le denominó índice de refracción del segundo medio con respecto al primero, es decir índice de refracción relativo.

Finalmente y aunque fueron más los involucrados en la evolución de los conceptos de la óptica geométrica, con el descubrimiento de Newton y Huygens de la luz, se consolidó la idea de que la luz cambia de velocidad cuando pasaba de un medio a otro.

Maxwell postuló que la luz es una onda de carácter electromagnético, la cual se describe por la propagación de dos ondas perpendiculares entre sí, acopladas en el mismo espacio, la primera es una onda que representa el campo magnético y la segunda representa el campo eléctrico.

4.2. Fundamentos desde lo disciplinar

La óptica es la rama de la Física constituida por leyes, teorías y modelos para describir, explicar y predecir el comportamiento de la luz, y su interacción con la materia a través de la óptica física, la óptica cuántica y la óptica geométrica.

4.2.1. Óptica física[1].

Es la parte de la óptica que describe los fenómenos microscópicos de la luz considerándola como una onda electromagnética, describe fenómenos tales como interferencia, difracción y polarización.

4.2.2. Óptica cuántica[2].

Es la parte de la óptica que estudia la interacción de la luz con la materia a nivel atómico, desde fenómenos como el efecto fotoeléctrico donde se aprovecha la energía de la luz para hacerla incidir sobre superficies metálicas para producir corrientes eléctricas, o fenómenos con el efecto Compton que se encarga de estudiar como ondas electromagnéticas de baja longitud de onda pueden dispersarse en superficies ligeras como el grafito

[1] [Tomado de Attie C (sf)].
[2] [Tomado de Attie C (sf)].

4.2.3. Óptica geométrica.

Cuando la luz interactúa con la materia a una escala macroscópica se puede representar su comportamiento a través de un modelo geométrico de rayos, conocido como óptica geométrica. Ésta toma como referencia el concepto de rayo luminoso para caracterizar la trayectoria rectilínea de la luz; y el índice de refracción que permite describir el medio por el cual se propaga la luz.

La óptica geométrica utiliza los siguientes postulados:

a) La luz se propaga en forma de rayos, que son emitidos por una fuente luminosa, que pueden ser detectados por un sensor óptico.
b) Un medio óptico se caracteriza por una cantidad denominada índice de refracción, este mide la densidad óptica del material, entendiéndose que la densidad óptica es el conjunto de características que tiene como consecuencia la desviación y la variación de la velocidad de la luz que viaje en, o a través de ellos. Operacionalmente el índice de refracción de un material se puede definir como la relación existente entre la velocidad de la luz en el material (v) y la velocidad de la luz en el vacío[3] ($c = 300000\, {}^{km}/_{s}$) $n = \frac{c}{v}$.
c) Se denomina Longitud de Camino Óptico ***L***, a la trayectoria que sigue la luz atravesando diferentes materiales, para ir de un punto a otro, éste depende del índice de refracción del material y de la distancia recorrida por la luz en dicho material y matemáticamente se expresa como[4]. $L = ns$.

El principio de Fermat, es uno de los principios fundamentales de la óptica geométrica, este menciona que la luz seguirá siempre el camino óptico que le implique el menor tiempo posible, para ir de un punto a otro al atravesar diferentes medios.

---

[3] Ecuación del índice de refracción.
[4] Ecuación del camino óptico.

Figura 1-Representación principio de Fermat.

En la figura 1, A es el punto de inicial de la trayectoria y B es su punto final, *S* es la trayectoria que sigue la luz para ir del punto A al punto B, en un medio de índice de refracción n.

Por el principio de Fermat el mínimo tiempo estará dado por[5]:

$$L = \int_A^B n ds = \int_A^B \frac{c}{v} ds = c \int_A^B \frac{1}{v} ds = c \int_A^B \frac{dS}{dv} = (ct) \quad (3)$$

Lo cual coincide con la distancia recorrida por la luz en el vacío (asumiendo $n = 1$ para el vacío).

Con relación a la integral de la ecuación (3), es importante mencionar que es una integral del índice de refracción en la dirección de la trayectoria que sigue la luz, dado que el medio puede ser anisotrópico (índice de refracción variable con la posición), este podrá variar en las direcciones *x*, *y*, y/o z, es decir $n = n(x, y, z)$.

4.2.3.1. Reflexión de la luz[6]

Se puede describir en términos el fenómeno de la reflexión de la luz como el cambio de dirección que ésta sufre al chocar con algún obstáculo, sin cambiar de medio.

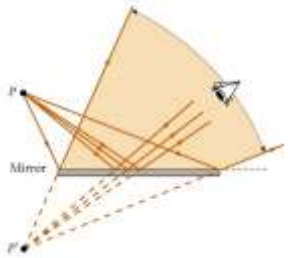


Figura 2 Reflexión especular

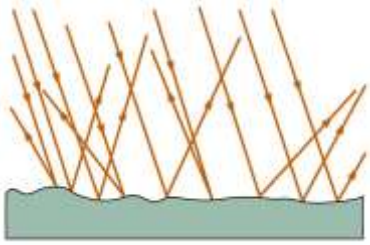


Figura 3 Reflexión difusa

[5] Ecuación de Fermat del mínimo camino recorrido.
[6] Tomado de Gómez. E (2005).

- Reflexión especular: Es aquella en la que la luz es reflejada por una superficie perfectamente plana (ver figura 2). En ella las prolongaciones de los rayos reflejados se cortan en un único punto tal que para un observador pareciera como si la luz proviniese de ese punto, por lo tanto allí queda ubicada la imagen virtual.

- Reflexión difusa: Es aquella en la que la luz es reflejada por una superficie que posee rugosidades o irregularidades macro o microscópicas (ver figura 3), y las prolongaciones de los rayos reflejados no se cortan en un único punto, por lo tanto no se forma ninguna imagen.

En la mayoría de los textos las reflexiones especular y difusa, permiten explicar a un estudiante por ejemplo, porque en un espejo se observa una imagen y en una pared no, pero se queda corta la explicación geométrica cuando se intenta explicar *¿por qué es difícil leer un libro con poca luz?*

El problema de la imagen generada por el espejo o por la pared, así como la lectura a poca luz, puede permitir al docente de física ilustrar dos situaciones que permitirán al estudiante ir pensando en la óptica física y geométrica como un todo y no como explicaciones desligadas entre sí, por lo anterior al momento de buscar explicaciones con relaciones a la imagen que se observa se puede pensar en dos elementos importantes:

1. Para que se forme una imagen se debe tener como referencia que sus rayos reflejados o sus prolongaciones, se corten en un mismo punto, lo que no sucede con una reflexión difusa provocada por la pared.
2. Para que se forme una imagen se debe tener como referencia que la luz se puede interpretar como ondas y no como rayos, dichas ondas transportan energía y en términos de esto, la reflexión especular generada por el espejo

permitirá que la onda transporte la energía suficiente desde un mismo punto para ver la imagen, cosa contraria sucede en una reflexión difusa.

Los anteriores ejemplos, permiten mencionar que la óptica geométrica es un modelo geométrico que ayuda a explicar ciertos fenómenos, pero es nada más que eso, un modelo geométrico.

4.2.4. ¿Por qué el modelo geométrico sirve para explicar las reflexiones en los espejos?

Cuando una onda electromagnética se propaga por el espacio $r = r(x, y, z)$, el campo eléctrico se puede modelar matemáticamente como[7] $E(\vec{r}, t) = Acos\ (k\vec{r} + wt + \varphi)$ excluyendo el término (wt) para considerar un instante de tiempo dado, se tiene que[8] $\vec{E}(\vec{r}, t) = Acos\left(\vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi\right)$, donde el vector de onda $\vec{k}$, apunta en la misma dirección de la propagación de la onda y cuya magnitud es[9] $\vec{k} = (\frac{2\pi}{\lambda})$, la primera aproximación del porque el modelo sirve, **se centra principalmente en que los rayos utilizados en las construcciones son representaciones que van paralelos al vector de onda.**

Si la explicación del vector de onda se enlaza con el vector Poynting cuya magnitud es proporcional a la cantidad de energía que por unidad de tiempo atraviesa una determinada área, y además **tiene una dirección coincidente con la del vector de onda** y a su vez paralelo a la dirección del rayo utilizado en el modelo geométrico, entonces se puede afirmar que cuando el docente plantee el modelo de rayos en la óptica geométrica puede inducir al estudiante a comprender que estos rayos, son una aproximación muy cercana a la naturaleza de la energía que transporta la luz vista desde el punto de la óptica ondulatoria, permitiendo con esto al estudiante acceder un concepto más integral de la luz.

---

[7]Modelación del campo eléctrico de una onda electromagnética propagándose

[8] Modelación del campo eléctrico de una onda electromagnética propagándose, en un instante de tiempo dado.

[9] Ecuación del vector de onda.

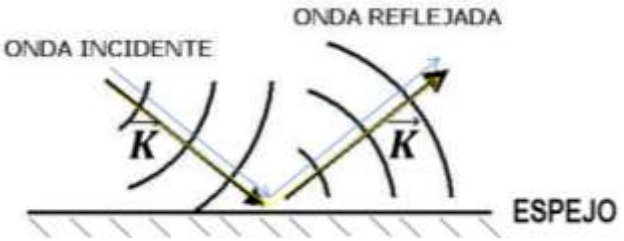


Figura 4. Esquema del vector de onda ($\vec{K}$) y el rayo utilizado en las construcciones geométricas.

4.2.5. Reflexión de la luz en espejos

Teniendo como referencia la definición sobre reflexión especular, se cumple según GOMEZ. E (2005) las siguientes leyes:

- **Ley uno:** El rayo incidente (**I**), la recta normal perpendicular a la superficie reflectante (**N**) y el rayo reflejado (**R**), pertenecen a un mismo plano (son coplanares), llamado plano de reflexión.

Figura 5: Reflexión en un espejo plano.[10]

- **Ley dos**: El ángulo de incidencia (θ_i) (medido entre el rayo incidente y la normal) es igual al ángulo de reflexión (θ_r) (medido entre la normal y el rayo reflejado) [θ_i**=** θ_r].

[10] , Imagen tomada por el autor en el laboratorio de holografía digital del Departamento de Física de la Universidad Nacional.

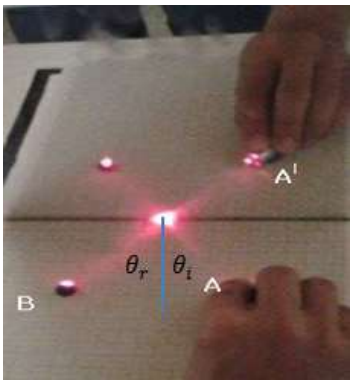


Figura 6. Reflexión en un espejo plano, se muestra [θ_i= θ_r][11]

4.2.5.1. Reflexión de la luz en superficies planas:

Una superficie plana se caracteriza por tener un radio de curvatura infinito, cuando los rayos de luz provenientes de un objeto inciden al espejo, las reflexiones de estos rayos no se cortan, por tal motivo se deben prolongar geométricamente, formándose imágenes virtuales, debido a que se están en el campo de la imagen (región del espacio detrás del espejo donde se percibe la imagen del objeto); dichas imágenes presentan una inversión izquierda derecha.

Características generales de las imágenes de una superficie plana

a) La distancia objeto-espejo y espejo- imagen son iguales.

b) Imágenes virtuales

c) La altura de la imagen es igual a la altura del objeto

(a) *(b)* *(c)*

Figura 7: Características generales de las imágenes de una superficie plana[12]

[11, 12] Imágenes tomadas por el autor en el laboratorio de holografía digital del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia.

4.2.5.2. Reflexión de la luz en superficies curvas

Una superficie curva se caracteriza por tener un radio de curvatura definido en los números reales mayor que cero. Cuando la luz proveniente de un objeto incide sobre un espejo esférico, la imagen formada, y sus características dependerán de la posición del objeto con relación al vértice del espejo.

Teniendo como referencia la figura (8), se presentan los elementos de los espejos esféricos, para luego establecer las pautas que permitan caracterizar las imágenes formadas por estos.

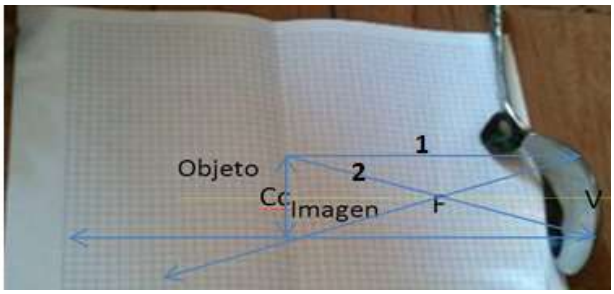


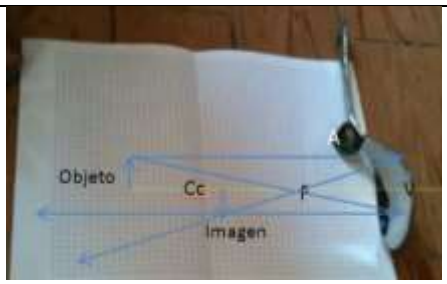
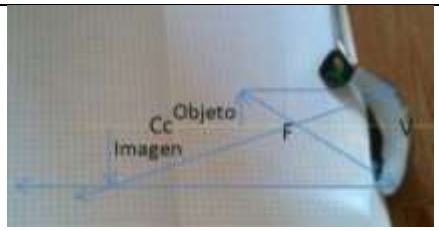
Figura 8: Elementos de un espejo curvo

Elementos:

- Centro de curvatura (Cc): Centro de la esfera que permite construir el espejo.
- Vértice (V): Punto medio del espejo.
- Foco (F): Punto construido a la mitad del centro de curvatura y el vértice del espejo.
- Eje principal: Línea de referencia que se construye imaginariamente, pasando por el centro de curvatura y el vértice del espejo.
- Rayos notables: Rayos de referencia que permiten formar una imagen estos son:
    1. Todo rayo proveniente del objeto paralelo al eje principal, se reflejara en el espejo de tal manera que pase por su foco.
    2. Todo rayo proveniente del objeto que incida en el espejo pasando por su foco, se refleja paralelo al eje de simetría.
    3. Todo rayo proveniente del objeto que incida en el espejo pasando por el centro de curvatura se reflejara por el centro de curvatura.

En general, cuando se utiliza la parte que esta deformada hacia adentro se está hablando de un espejo cóncavo $(-\infty, V)$ y cuando se utiliza la parte deformada hacia afuera se habla de un espejo convexo (V, ∞).

Las imágenes formadas por un espejo esférico y sus características se relacionan a continuación:

POSICIÓN DEL OBJETO, CON RELACIÓN AL ESPEJO	**IMAGEN**	**DESCRIPCIÓN DE LA IMAGEN**
$(-\infty, Cc)$		- Invertida. - Menor tamaño - Real
(Cc)		- Invertida. - Igual tamaño - Real
(Cc,F)		- Invertida. - Mayor tamaño - Real
(F,V)		- Derecha. - Mayor tamaño - Virtual

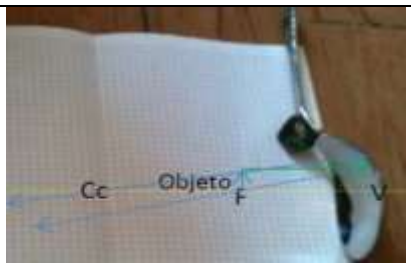
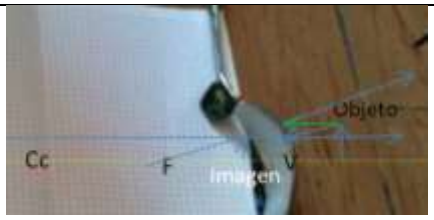
(F)		No hay imagen.
(V, ∞)		- Derecha. - Menor tamaño - Virtual

Tabla 1: Características de las imágenes formadas por los espejos curvos.

4.2.6. Refracción de la luz

Este fenómeno se presenta cuando la luz se desvía con respectó a su camino original, al pasar de un medio traslucido[13] a otro.

4.2.6.1. Las leyes fundamentales de la refracción

Primera ley[14]: El rayo incidente (I), la recta normal a la superficie límite (N) y el rayo refractado (R), pertenecen a un mismo plano (son coplanares).

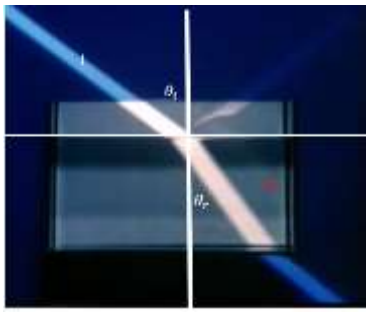


Figura 9 Trayectoria de la luz en dos medios.

[13] Medio que altera la luz, permitiendo el paso de la misma con menor intensidad.
[14] [Tomado de Attie C (sf)].

Segunda ley: Conocida como ley de Snell, esta menciona que la razón del seno del ángulo de incidencia con respecto al seno del ángulo de refracción es igual a la razón de la velocidad de la luz en el medio incidente con respecto a la velocidad de la luz en el medio de refracción, expresada matemáticamente como[15]

$$\frac{Sen\theta_i}{Sen\theta_r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}. \qquad (4).$$

4.2.7. Reflexión total

Si un rayo luminoso se propaga por el espacio desde un lugar con mayor índice de refracción a uno de menor índice, este rayo se alejara de la normal cada vez más, hasta llegar a un ángulo límite donde no habrá más refracción de la luz debido a que todo el rayo se refleja.

Si se tiene como referencia la ley del Snell, entonces se puede definir que el ángulo limite (θ_{lim}) para que el rayo de luz no se refracte más, es de 90°, cuando se tiene que el $\theta_i > \theta_{lim}$, los rayos de luz no se refractaran en la superficie de separación.

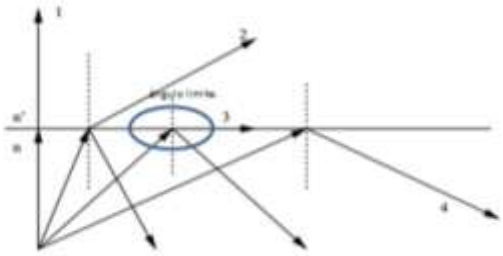


Figura 10. Trayectoria de la luz en dos medios. Esquema geométrico de la reflexión total de la luz

- *Formación del ángulo límite:*

[15] Ecuación de la ley de Snell

Las fotografías[16] muestran cómo cambia el ángulo de incidencia de tal manera que se forma el ángulo límite, obteniendo así una reflexión total.

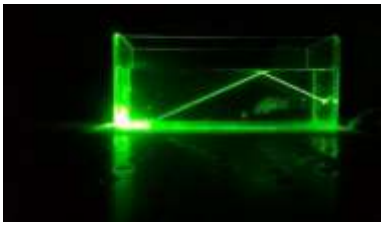


Figura 11- Ángulo límite.

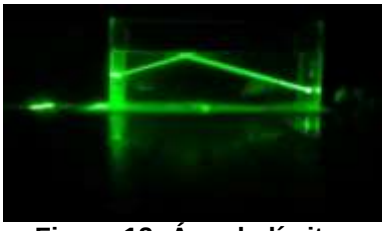


Figura 12- Ángulo límite.

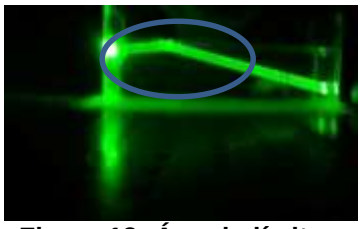


Figura 13- Ángulo límite.

- *Reflexión total interna.*

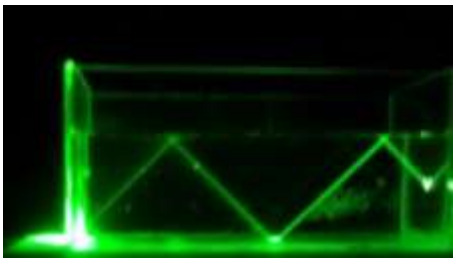


Figura 14. Fotografía reflexión total.

4.3. Fundamentos desde lo pedagógico[17]

La ejecución de la unidad didáctica de la propuesta estará basada en la metodología del aprendizaje activo *(MAA).* La *MAA* ha sido liderada por la UNESCO en los países en vía de desarrollo, con la finalidad de capacitar y dar herramientas a los docentes de secundaria motivándolo a dejar de un lado su rol tradicional de explicar con autoridad, para pasar a un rol donde facilite el proceso de aprendizaje con la utilización de material didáctico.

La metodología se ha implementado por medio de talleres de aprendizaje activo en óptica y fotónica (Active Learning in Optics and Photonics *ALOP)*. Estos talleres

[16] Imágenes tomadas por el autor en el laboratorio de holografía digital del Departamento de Física de la Universidad Nacional de Colombia.
[17] Construido a partir del MANUAL DE ENTRENAMIENTO ALOP DE SOKOLOFF D. (2006)

tienen la intencionalidad de brindar a los estudiantes herramientas para que puedan construir su propio aprendizaje, desde el planteamiento de predicciones y su comparación con los fenómenos observados de su entorno.

La *MAA* permite que el estudiante construya su conocimiento a través de la observación directa del mundo real a partir de dos tipos de actividades:

1. Las clases teóricas demostrativas (laboratorios de aprendizaje); el docente lidera en todo momento el experimento.
2. Las clases interactivas demostrativas *(CID)*; el docente da las pautas para el laboratorio pero los estudiantes realizan la práctica.

Las dos actividades mencionadas anteriormente se desarrollan con los siguientes pasos:

1. Se describe y plantea el problema sin mostrar sus resultados.
2. Registrar las predicciones individuales.
3. Discusión de predicciones en pequeños grupos.
4. Registro de predicciones grupales
5. Socialización de predicciones de cada uno de los grupos.
6. Realización del experimento por parte del docente mostrando claramente los resultados. (En el caso de las *CID* el experimento lo realizan los estudiantes)
7. Descripción, discusión y registro de los resultados en el contexto de la demostración.
8. Síntesis de los conceptos involucrados en la práctica extrapolación de los conceptos.

Finalmente es oportuno mencionar que el docente puede utilizar los formatos para el registro de los resultados de cada *predicción individual y grupal*, así como puede diseñar un manual de la práctica como guía.

5. PROPUESTA DIDÁCTICA

5.1. Descripción de la población

La propuesta didáctica se realizó en la ciudad de Bogotá, en la institución educativa "Liceo cultural las Américas" de carácter privado y que se encuentra ubicada en la localidad de Suba; la población objeto de estudio son treinta estudiantes de undécimo grado, con edades que oscilan entre los dieciséis y los diecisiete años.
El colegio ofrece un énfasis comercial y tiene convenio con el Sena; además ha dispuesto que la enseñanza de las ciencias físicas, se realice en los grados décimo y undécimo con una intensidad horaria de tres horas semanales, cada hora tiene una duración de cincuenta minutos. La institución dispone de un laboratorio compartido con biología y química, limitado en instrumentos pero con los elementos mínimos para una práctica de laboratorio de física.

Figura 15. Estudiantes de grado 11°. Desarrollo de actividad diagnóstico

5.2. Descripción de la propuesta

El tema central de la propuesta, estuvo direccionada hacia la física y en particular hacia la óptica geométrica. Este tema se ubica dentro de la estructura curricular de la educación media vocacional en el tercer periodo académico, el cual se desarrolla

entre la primera semana de julio y la tercera semana de septiembre en una institución educativa de calendario A.

Teniendo en cuenta lo anterior se realizó el diseño y la aplicación de la siguiente propuesta didáctica conformada por:

1. Prueba inicial de selección múltiple usada para diagnosticar las ideas que tienen los estudiantes acerca de cómo se propaga la luz en el espacio, la reflexión de la luz en espejos planos y curvos así como la refracción de la luz.
2. Cuatro guías experimentales enmarcadas en la *MAA* las cuales tenían el objetivo de que el estudiante construya los conceptos de propagación de la luz en el espacio, la reflexión de la luz en espejos planos y curvos así como la refracción de la luz, utilizando situaciones y objetos de la vida cotidiana.
3. Prueba final de selección múltiple con el fin de contrastar los resultados obtenidos en la actividad diagnóstico con las ideas finales de los estudiantes sobre la propagación de la luz en el espacio, la reflexión de la luz en espejos planos y curvos así como la refracción de la luz, calculando la ganancia normalizada de Hake (1998).

5.3. Desarrollo y resultados de la propuesta

5.3.1. Actividad diagnóstico

Las preguntas que se le hicieron al estudiante como prueba diagnóstico se muestran en el anexo A y fueron construidas a partir de los resultados de evaluaciones anteriores. Con relación a estas preguntas, se pudo identificar lo siguiente:

Pregunta uno: Farol

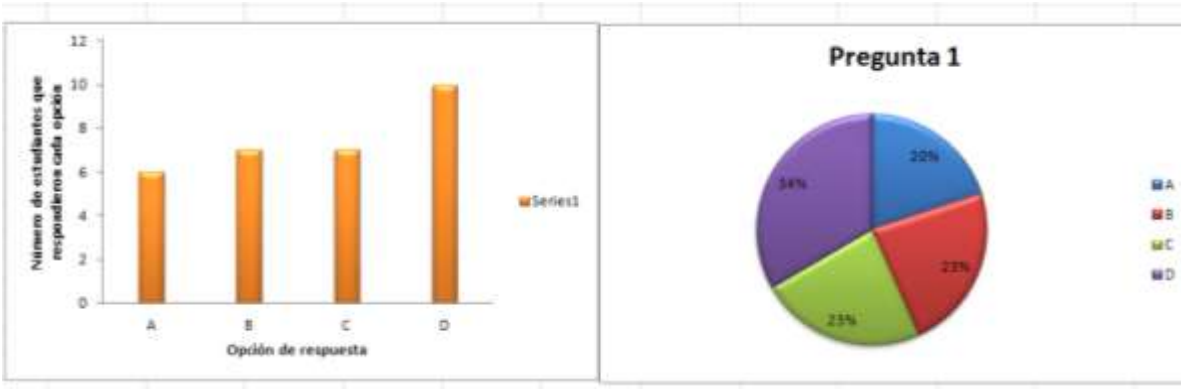


Figura 16- Resultados pregunta 1 actividad diagnóstico

De acuerdo con el gráfico circular, el 34% de los estudiantes respondieron que el farol se verá más bajo y más cerca (opción D, figura 17) argumentando que al estar el nadador en el agua, esta debería tener alguna influencia al momento de observar el farol. Por otra parte, el 66% de los estudiantes cree que se verá o más arriba, o en el mismo sitio o más cercano, debido a la interacción de la luz con el agua (opciones A, B y C, figura 17).

A continuación se muestra un ejemplo de respuesta típica dada por los estudiantes:

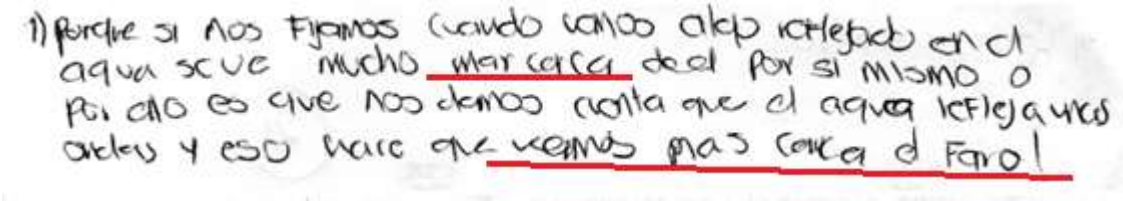

1) porque si nos fijamos cuando vamos algo reflejado en el agua se ve mucho mas cerca de el por si mismo o por ello es que nos damos cuenta que el agua refleja unos ondas y eso hace que veamos mas cerca el Faro!

Figura 17- Justificación de un estudiante a la pregunta 1 de la actividad diagnóstico

Lo anterior permite mencionar que aunque los estudiantes identifican, que el cambio de medio puede llegar a afectar la percepción del objeto, no presentan argumentos formales para explicar el por qué ocurre dicho fenómeno (refracción).

Pregunta dos: *bloque de hielo*

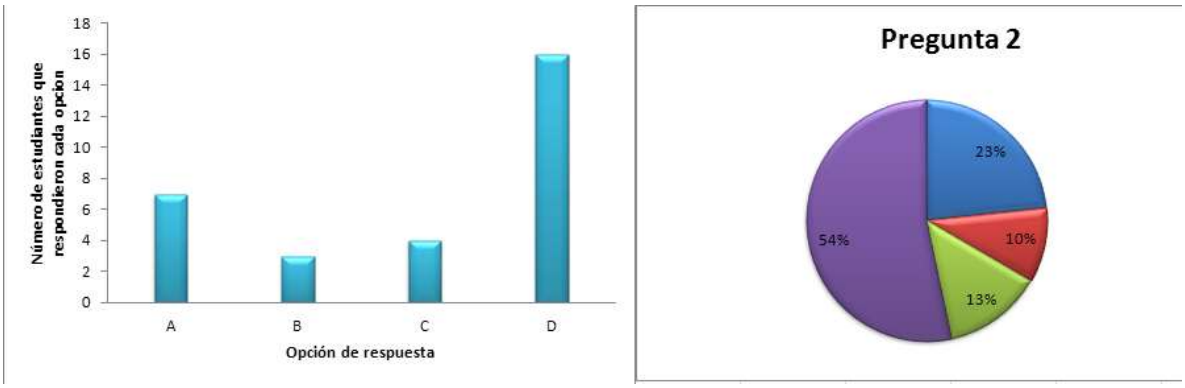


Figura 18- Resultados pregunta 2 actividad diagnóstico

De acuerdo con los resultados obtenidos, el 54% de los estudiantes marcaron la opción correcta D, la cual presenta el esquema que representa la reflexión de la luz en el sistema presentado. Los estudiantes mencionaron que se debe tener como referencia el ángulo con el que la luz entra al hielo, así como el ángulo con que el rayo de luz choca contra el espejo. Sin embargo de ese 54% tan solo un 10% argumentó lo anterior, los demás se limitaron a decir que - *simplemente se reflejaba así*- o que -*el rayo cambia y es desviado*- (ver figura 19). Finalmente el 46% de los estudiantes restantes, no tienen como referencia ni el cambio de medio, ni el ángulo con que el rayo de luz entra al bloque o se refleja en el espejo.

A continuación se muestra un ejemplo de respuesta típica dada por los estudiantes a esta pregunta:

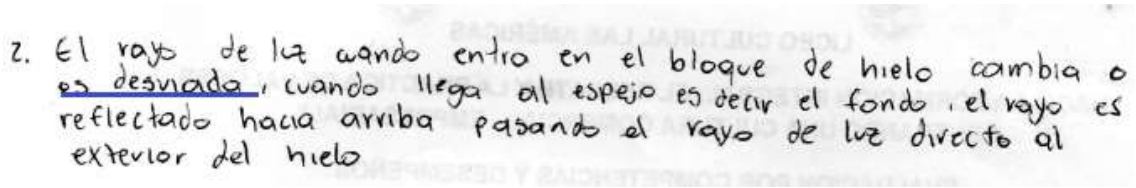

2. El rayo de luz cuando entro en el bloque de hielo cambia o es desviada, cuando llega al espejo es decir el fondo, el rayo es reflectado hacia arriba pasando el rayo de luz directo al exterior del hielo

Figura 19- Justificación de un estudiante a la pregunta 2 de la actividad diagnóstico

<u>Pregunta tres:</u> *propagación de la luz desde un láser y desde un bombillo.*

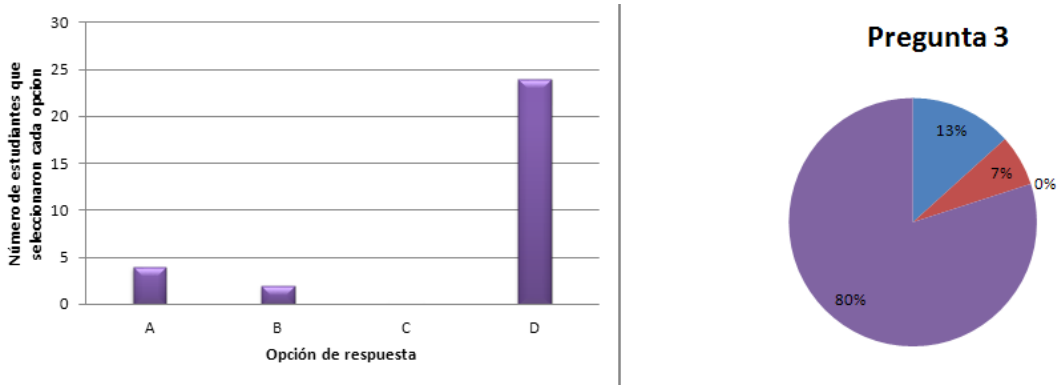


Figura 20- Resultados pregunta 3 actividad diagnóstico

De acuerdo con los datos, el 80% de los estudiantes identifican correctamente el diagrama que representa la propagación de la luz en el láser y en la bombilla (ver figura 21), presentando como argumento lo observado en experiencias propias con estos objetos (láser o el bombillo). Es importante mencionar que un 90% los estudiantes utilizan la palabra dispersión en sus argumentos para asociar la forma como la bombilla emite la luz.

A continuación se muestra un ejemplo de respuesta típica dada por los estudiantes a esta pregunta:

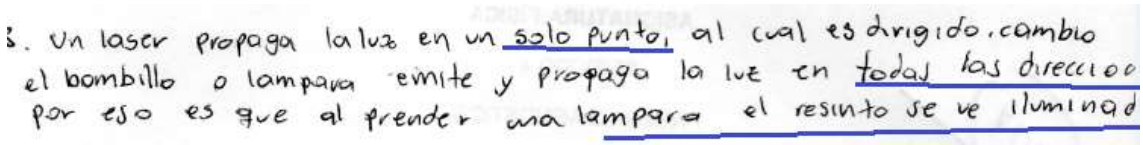


Figura 21- Justificación de un estudiante a la pregunta 3 de la actividad diagnóstico

<u>Pregunta cuatro</u>: *letras reflejadas en un espejo plano*

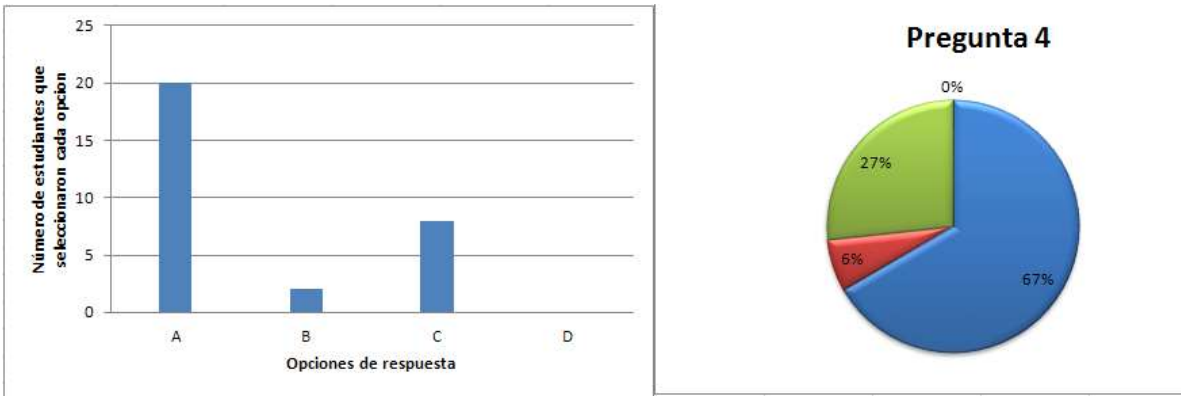


Figura 22- Resultados pregunta 4 actividad diagnóstico

Los estudiantes reconocen que cambia el sentido de las letras cuando estas se reflejan en el espejo, un 67% mencionaron que la inversión ocurre de derecha a izquierda (ver figura 23) y un 33% de los estudiantes afirmaron que la inversión es de izquierda a derecha, haciendo alusión de que su tamaño no variaba a menos que las letras se observen con algún tipo de lente como una lupa.

Un 100% de los estudiantes identificaron que el ejercicio sirve para analizar la reflexión de la luz, pero cuando se les indaga por el trazado de los rayos notables, no los realizaron.

A continuación se muestra un ejemplo de respuesta típica dada por los estudiantes a esta pregunta:

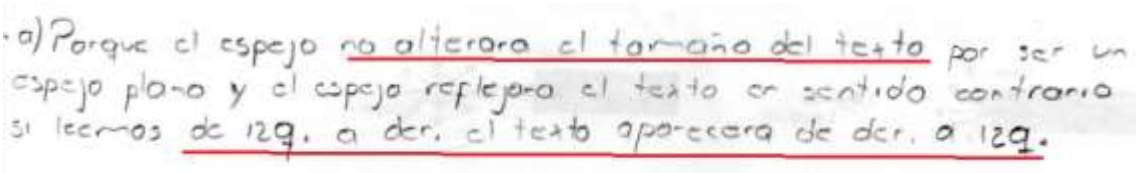

a) Porque el espejo no alterara el tamaño del texto por ser un espejo plano y el espejo reflejara el texto en sentido contrario si leemos de izq. a der. el texto aparecera de der. a izq.

Figura 23- Justificación de un estudiante a la pregunta 4 de la actividad diagnóstico

<u>Pregunta cinco:</u> *espejos esféricos*

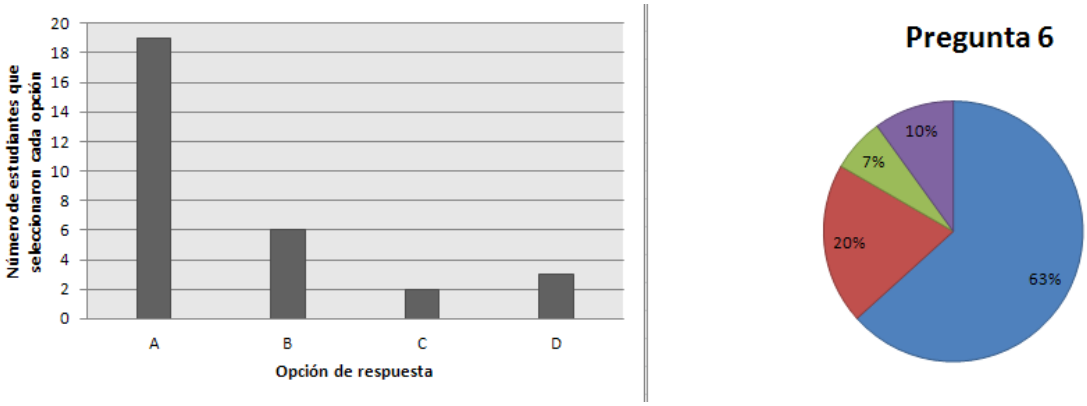


Figura 24- Resultados pregunta 4 actividad diagnóstico

De acuerdo a los gráficos un 93% de los estudiantes que aplicaron la prueba no reconocen la diferencia entre un espejo cóncavo y otro convexo, así como la forma de construir una imagen en dichos espejos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencia que los estudiantes tienen nociones de ciertas características de la luz en torno a su trayectoria y cómo ésta puede ser afectada por algunos fenómenos, sin embargo los argumentos presentados son de experiencias previas (como ver la luz emanada por un bombillo) o conceptos que se trabajaron en grados anteriores, pero no se evidencia comprensión en torno a la trayectoria de la luz, ángulos de incidencia y reflexión, refracción de la luz, reflexión de objetos y características de la imagen, por lo que, surge el interés de profundizar en los conceptos de reflexión de la luz en espejos planos y curvos y refracción de la luz, a partir de situaciones y practicas experimentales que le den sentido y le permita al estudiante caracterizar el fenómeno observado. Por lo anterior, las siguientes actividades estarán enmarcadas a partir de los 8 momentos establecidos por la *MAA.*

A continuación se presenta la estructura de los talleres experimentales desarrollados para la propuesta didáctica, luego se mostrara sus resultados a partir del análisis de sus predicciones y actividades.

5.3.2. Práctica experimental 1: propagación de la luz en el espacio.

El objetivo, problema y predicciones utilizadas se presentan en la tabla 2, acorde a estos se realizará una contextualización del desarrollo de la práctica y un análisis en torno a las predicciones previas a la realización de la misma y los resultados obtenidos luego de ésta.

Objetivo de la práctica	Identificar la propagación de la luz en el aire desde fuentes puntuales y no puntuales.
Problema planteado	"Se ubican un bombillo y un apuntador láser sobre un papel, sobre éste se dibujan cinco puntos con ubicaciones al azar, finalmente se encienden tanto el bombillo como el láser, se observa lo que sucede",
Predicciones	"¿Cómo crees que se propaga la luz en las dos fuentes?, realiza un esquema. En los dos diagramas anteriores traza los rayos partiendo desde las fuentes de luz" Ver anexo B

Tabla 2- Síntesis práctica 1.

Para el desarrollo de la práctica se dividió el tablero en dos partes, en la primera parte se pegó una batería conectada a un bombillo luego se colocó con plastilina cinco puntos al azar, en la segunda parte se colocó el apuntador y los cinco puntos al azar.

Figura 25- Organización del montaje y presentación de la situación en el tablero

Una vez montado el esquema, se pidió a los estudiantes contestar las predicciones primero de forma individual y posteriormente de forma grupal, haciendo énfasis en

que las predicciones no son parte de una nota para que el estudiante contestara libremente sin presiones.

Figura 26- Registro de predicciones individuales

En este primer momento de los treinta estudiantes un 60% de ellos, propusieron modelos correctos sobre la trayectoria de la luz desde las dos fuentes, sin embargo un 40% no mostraron claridad sobre la trayectoria descrita por el apuntador láser, debido a que presentaron esquemas como los presentados en la figura 27, dentro de los argumentos presentados a dicho esquema se encontraron algunos como: "a*sí como la luz del bombillo tiene la posibilidad de llegar a todos los puntos del tablero, la del apuntador láser también*". El siguiente dibujo corresponde al argumento mencionado.

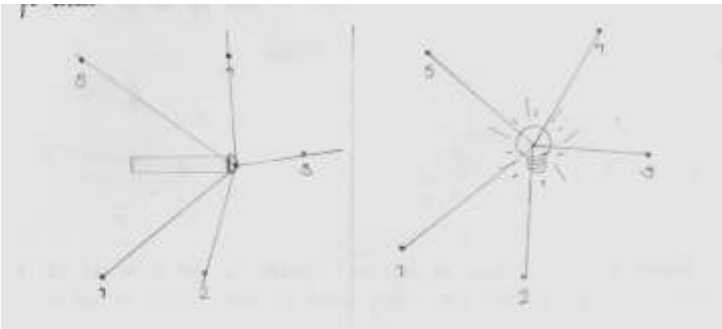


Figura 27- Trayectoria de los rayos de luz por un apuntador láser y por un bombillo

Luego de realizar la práctica el 100% de los estudiantes representó la trayectoria correcta de la luz, presentando una discusión en la clase, relacionada a pensar que

en una fuente puntual los rayos de luz se propagan de manera radial (*de la fuente hacia afuera en todas las direcciones*), mientras que en el apuntador láser, la trayectoria del rayo de luz es en una línea recta como se observa en la siguiente figura.

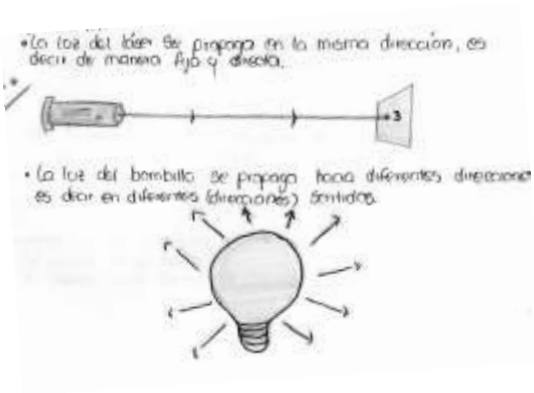


Figura 28- Representación de la trayectoria de la luz en un láser y en un bombillo.

Finalmente se presentaron algunas diferencias o semejanzas que se podían establecer entre la propagación de la luz que emerge del bombillo comparada con la del apuntador láser. Los estudiantes presentaron argumentos como los siguientes:

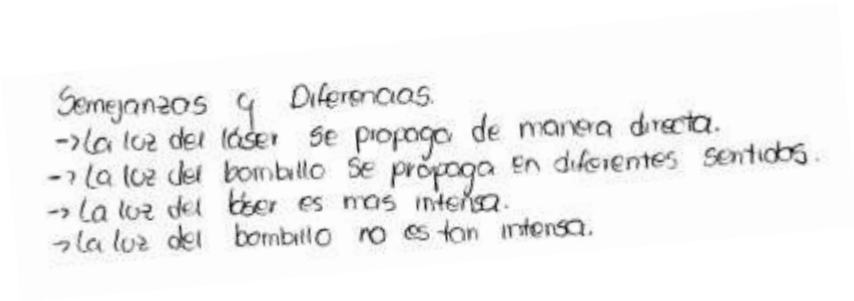


Figura29- Semejanzas y diferencias de la propagación de la luz de un bombillo y de un apuntador láser

Otra semejanza que presentaron los estudiantes estuvo relacionada con la velocidad con la que viajan las ondas de luz y aunque se está trabajando con la óptica geométrica, se pudo observar que los estudiantes establecieron puentes de conexión por sus preconceptos, así mismo, las diferencias significativas que

expusieron estuvieron asociadas a la trayectoria de la luz, el color de las fuentes, y su intensidad.

Finalmente, se plantearon algunas extrapolaciones del fenómeno observado en la práctica como “los láseres eran utilizados en “*operaciones para corregir defectos visuales”* así como “*el sol es otra fuente de luz radial”.*

5.3.3. Práctica experimental 2: reflexión de la luz en espejos planos

Es importante mencionar que previo al diseño y aplicación esta práctica se realizó una indagación con los estudiantes sobre aquellos objetos de su entorno de fácil adquisición que estuvieran relacionados y permitieran visualizar el fenómeno de reflexión de la luz, en este caso, los estudiantes propusieron los espejos con los que diariamente se observan en la casa o que típicamente se tiene en el bolso de una mujer.

Para el desarrollo de esta práctica se utilizaron espejos planos del tamaño (del promedio del cuerpo de un estudiante) y otros de menor tamaño como los que se tienen en el bolso de las estudiantes.

A continuación se presenta el objetivo, las situaciones y predicciones y actividades utilizadas en la práctica. (Ver practica completa anexo F)

Objetivo de la práctica	- **Identificar las leyes fundamentales de la reflexión en espejos planos.** - **Comprender la necesidad de construir la recta normal para realizar relaciones entre los ángulos de incidencia y de reflexión.**		
Situación	**Predicciones**	**Preguntas**	**Actividad**
1. Te paras frente a un espejo plano normal, de tamaño igual a la mitad de tu altura y ves en él tu imagen.	¿Crees que la altura de la imagen es distinta a tu altura?, justifica tu respuesta.	¿Existe alguna manera de medir la distancia de la imagen al espejo? descríbela.	Realiza un esquema que te permita representar la imagen de un punto de tu cuerpo mediante el espejo plano.
2. Estas parado frente a un espejo plano normal de la mitad	¿Crees que en la imagen del espejo, se observara la		Realiza un esquema que apoye tu idea, además menciona las

del tamaño de tu cuerpo y ves en él la imagen de tu mano derecha	mano derecha o la izquierda?,		características de la imagen.
	¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explica en que basas tus análisis.	Si el espejo cambia a una superficie Ver anexo H. ¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?,	Representa la imagen de un dedo de tu mano en un espejo plano normal, ¿qué elementos geométricos debes tener en cuenta?

Tabla 3- Síntesis práctica 2.

A continuación se presenta una contextualización del desarrollo de cada una de las situaciones de la práctica, un análisis en torno a las predicciones previas a la realización de la misma y los resultados obtenidos luego de ésta.

- *Situación 1:*

Teniendo en cuenta la predicción *¿Crees que la altura de la imagen es distinta a tu altura?,* el 75% de los estudiantes manifestaron que se mantendrá igual, debido a que este tipo de espejos al formar las imágenes no cambian la altura, sin embargo un 25% de los estudiantes mencionaron que sería distinta y depende en gran parte de la distancia en que se esté del espejo, también, este 25% manifestó que el no ver toda la imagen en el espejo, es suficiente para demostrar que la altura no es igual, lo que llevo a concluir que solo el objeto y la imagen es de igual altura si el espejo refleja todo el objeto.

Para el desarrollo de la práctica se colocó un espejo plano de una altura aproximadamente igual al promedio de la estatura de los estudiantes, posteriormente cada estudiante se acercó a este a la misma distancia, previamente se hizo una línea en el piso indicando hasta donde se debe acercar. Con este montaje cada estudiante tuvo elementos para evidenciar o refutar sus predicciones.

Después de realizar la práctica los estudiantes dedujeron que la altura no cambiaba (como se observa en la figura 30), pero que se debía ser claro en establecer las condiciones de la altura, debido que muchos confundieron profundidad con altura, por otra parte, fue necesario medir con un metro las alturas de algunos estudiantes

y pedirles a otros que observaran el número reflejado, lo anterior llevo a que los estudiantes establecieran conclusiones en torno a que la altura del objeto es igual a la altura de la imagen, como se presentó en la siguiente figura:

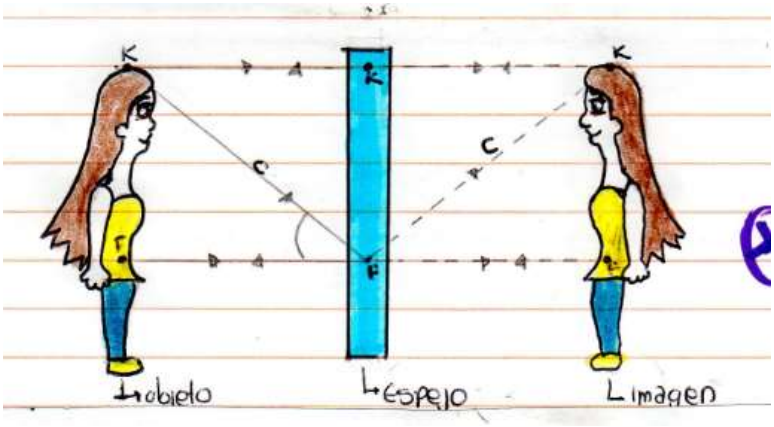


Figura 30-Representación reflexión de una persona en un espejo plano

Respecto a la pregunta: *¿Existe alguna manera de medir la distancia de la imagen al espejo?* Un 80% de los estudiantes manifestaron no conocer la manera de medir la distancia de la imagen al espejo, argumentando que no tenían la forma de interactuar con el campo del espejo. Sin embargo un 20% de los estudiantes manifestaron que se podía medir con un metro la distancia del espejo a la línea que se trazó en el piso y que se debía suponer entonces que, como es plano esta medida es la misma del espejo a la imagen,

Otra posibilidad planteada para medir la distancia de la imagen al espejo fue con el conteo de baldosas del piso luego de realizar una marca en el piso, posteriormente, se contaron las baldosas reflejadas. Lo anterior llevo a que los estudiantes concluyeran que en un espejo plano, la distancia objeto-espejo y espejo-imagen, son iguales.

- *Situación 2:*

Antes de realizar la práctica, un 100% de los estudiantes mencionaron que la imagen formada por el espejo es la de la mano derecha y que no hay forma de que la imagen sea la de la mano izquierda. De los argumentos presentados se afirmaron

que era posible que su mano derecha se convierta en la mano izquierda al ser reflejada.

En el desarrollo de la práctica los estudiantes se ubicaron en la misma línea trazada en el piso en frente al espejo plano, después levantaron su mano y analizaron qué mano estaban observando, es importante mencionar que contrastaban la observación con la mano izquierda en la misma posición de la imagen de la derecha.

Al momento de realizar la práctica los estudiantes agregaron una condición más, que fue la de comparar la imagen de la mano derecha con la mano izquierda, para que se pudiera establecer que el reflejo formado por el espejo es la mano izquierda.

La representación realizada por la situación se presenta a continuación:

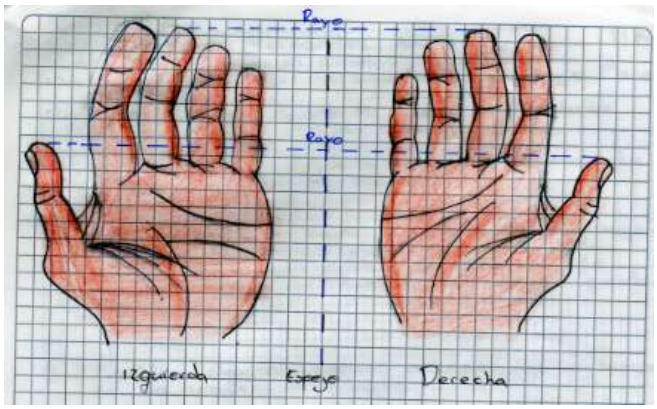


Figura 31-Representación reflexión de una mano en un espejo plano

Al momento de realizar un esquema de rayos para representar la imagen de un dedo de tu mano en un espejo plano normal, se tuvo en cuenta los aportes y conclusiones de la práctica anterior 5.3.2. *Trayectoria de la luz,* y las relaciones establecidas entre los ángulos de incidencia de reflexión al momento de reflejar un objeto sobre un espejo plano (anexo H), para realizar una representación de la reflexión de los dedos de la mano de una persona utilizando como instrumento la regla y el transportador.

A continuación se presenta la reflexión de los dedos de la mano de una persona trazando por lo menos dos rayos desde un punto para reflejarlos. Con este tipo de

representaciones, los estudiantes evidenciaron las características de la imagen obtenida, asociadas al tamaño objeto-imagen y distancia objeto-espejo y espejo-imagen.

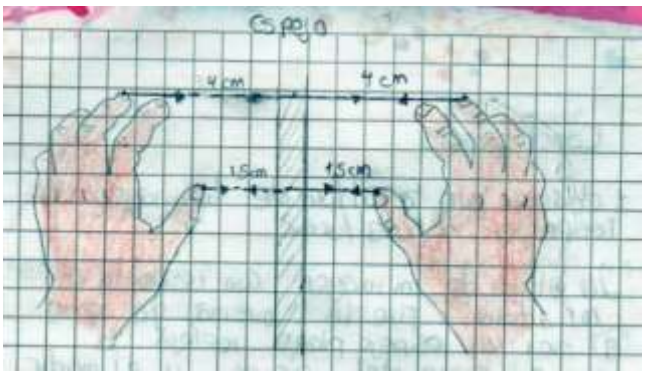


Figura 32- Representación de la reflexión de la mano de una persona sobre un espejo plano

- *Situación 3:*

Teniendo en cuenta la predicción presentada, el 100% de los estudiantes mencionaron los ángulos deben ser iguales, argumento deducido a partir de lo que se observaba en la imagen de la guía (anexo H). Después de realizar la práctica fue necesario utilizar trasportador y hojas milimetradas para comprobar que todos estaban en lo correcto.

Respecto a las predicciones *¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?* de las siguientes figuras:

.

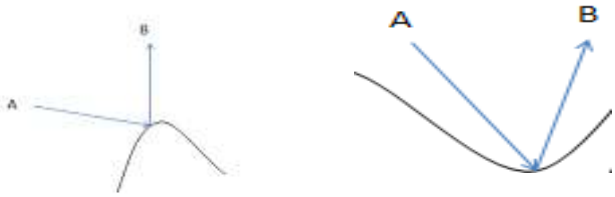


Figura 33- Situaciones de la práctica experimental

Los estudiantes utilizaron la definición expuesta en la predicción 1, para argumentar que los ángulos eran diferentes. Sin embargo mencionaron que la dificultad en saber si eran iguales o no, radicaba en que la forma que se presenta no es plana, por lo tanto, no se podría ubicar el transportador.

Luego de la socialización de predicciones individuales y grupales se procedió con el desarrollo de la práctica, para ello, se colocó un espejo plano normal cuadrado (como se muestra en la respectiva fotografía de la situación 3, Anexo H), luego se hizo incidir un haz de luz de un apuntador sobre el espejo, se tuvo en cuenta además, el uso de un transportador para medir los ángulos y establecer alguna relación entre los ángulos de incidencia y reflexión fue necesario

En un segundo momento, se entregó a cada estudiante las figuras uno y dos (ver anexo H) para realizar la práctica.

Luego de la observación y desarrollo de las situaciones, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los estudiantes concluyeron que los ángulos de incidencia y de reflexión al momento de incidir un haz de luz sobre las superficies de la figura 33, no eran los mismos, además que importaban las superficies sobre las cuales la luz se reflejaba debido a que esto determinará la trayectoria de los rayos de incidencia y reflejado y la formación de la imagen sobre dicha superficie.
- Cuando se habló con los estudiantes de los elementos geométricos, un 90% de los estudiantes propusieron construir rectángulos o círculos en las superficies, aproximadamente un 10% de los estudiantes plantearon una combinación de rectas tangentes a las superficies y luego perpendiculares a esas tangentes (ver figura 34)
- Luego de medir los ángulos generados por los rayos y el objeto propuesto (figuras 34,35), los estudiantes concluyeron que era necesario tener una superficie plana y como referencia la recta normal, sin embargo dado que la superficie era curva, se debía construir una recta tangente a ésta y tomando como referencia dicha tangente, trazar la recta normal, ya que así se tendría

una referencia para establecer una igualdad entre los ángulos de incidencia y de reflexión de la luz en cualquier superficie plana o curva. Lo anterior se evidencia en las figuras 34 y 35, con las representaciones realizadas por los estudiantes de los ángulos de incidencia y de reflexión en una superficie curva.

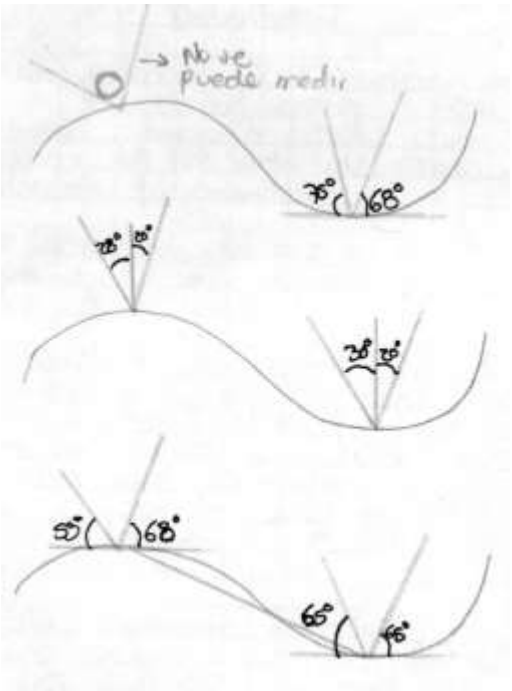


Figura 34- Modelos planteados por los estudiantes para medir los rayos incidente y de reflexión

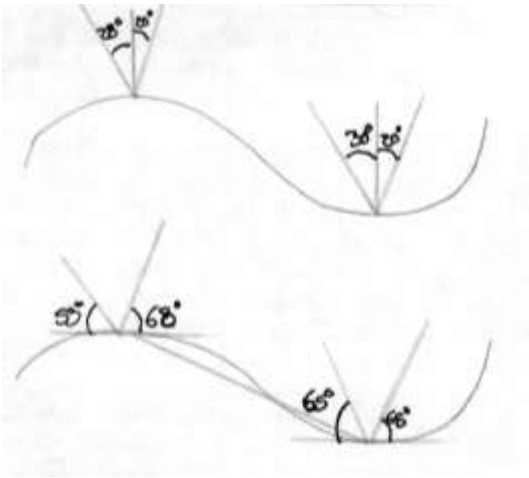


Figura 35- Modelos planteados por los estudiantes para medir los rayos incidente y de reflexión

5.3.4. Practica sobre reflexión de la luz en espejos curvos

Antes de proponer las situaciones y las predicciones se indagó en los estudiantes por espejos curvos en su cotidianeidad, dentro de las respuestas dadas se presentaron como ejemplos: los espejos colocados en los supermercados, en las busetas en su parte de atrás, en las farolas de los carros y en las cucharas de metal de sus casas; de igual manera, se preguntó por la preferencia y facilidad para llevar al aula uno de los espejos curvos mencionados anteriormente, concluyendo que el más fácil de cargar y llevar era la cuchara metálica (ver figura 36)

Figura 36- Cuchara metálica

A continuación se presentan el objetivo, las situaciones y las predicciones presentadas en el anexo J.

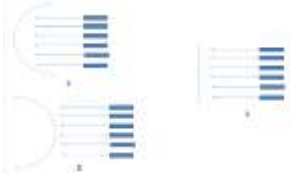
Objetivo:	Comprender las leyes fundamentales de la reflexión en espejos curvos así como las características de las imágenes formadas por ellos.
Situación	**Predicción**
	¿Cómo crees que serán la trayectoria de los rayos reflejados en los espejos a, b, c? realiza un dibujo que represente tu idea.
2. Se tiene una cuchara, se toma la parte interna de la cuchara y se ubica al frente una vela encendida.	1-¿Cómo esperas ver la imagen de la vela?, haga un dibujo. 2-¿Qué esperas que pases con la imagen de la vela si se acerca o se aleja la vela del espejo? 3-¿Existe algún lugar al frente del espejo donde se coloque la vela, y no halla imagen? 4-¿Cómo crees que será el tamaño de la imagen de la vela en función de la distancia con el espejo?, variaría el tamaño o se mantendría igual, realiza un dibujo de tu respuesta.
Se toma la parte externa del espejo y se pone al frente, la vela encendida	Si esta vez, se toma la parte externa del espejo y se pone al frente, la vela encendida, las respuestas de las predicciones anteriores son iguales, o diferentes, de ser diferentes explica con claridad cada diferencia.

Tabla 4- Síntesis práctica 3

A continuación se presenta una contextualización del desarrollo de cada una de las situaciones de la práctica, un análisis en torno a las predicciones previas a la realización de la misma y los resultados obtenidos luego de ésta

- *Situación 1:*

Respecto a la predicción presentada, las representaciones realizadas por el 100% de los estudiantes, muestran que, cuando los rayos de luz inciden al espejo, estos se reflejan aleatoriamente en los cóncavos y convexos (ver figura 37), mientras que en los espejos planos la reflexión de los rayos tiene la misma dirección que el incidente.

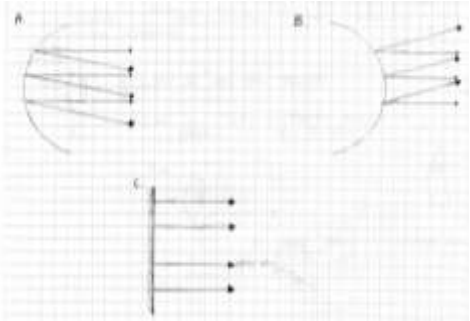


Figura 37- Representación trayectoria de los rayos reflejados en los espejos

Para el desarrollo de la práctica se colocaron tres espejos uno plano, uno cóncavo y el otro convexo (en este caso la cuchara), fijos en el piso o como opcional en una mesa (se recomienda utilizar plastilina para sujetarlos) (ver figura 38), luego se marcó la misma distancia donde se ubicaron los apuntadores con respecto a los espejos, seguidamente se encendieron los apuntadores y se observaron las trayectorias de los rayos incidentes y reflejados.

Figura 38- representación del montaje de la práctica de reflexión en espejos curvos.

Después de la practica con las cucharas por ambas caras y una práctica extra con una superficie traslucida de forma esférica, los estudiantes comprendieron que los rayos de luz que inciden en la superficies cóncavas pasaban por un punto en común del espacio que está al frente del espejo, punto que inicialmente no le dieron un

nombre en particular pero si reconocieron como una zona por donde los rayos reflejados pasaban, algunos estudiantes denominaron foco a dicho punto (ver figura 39),

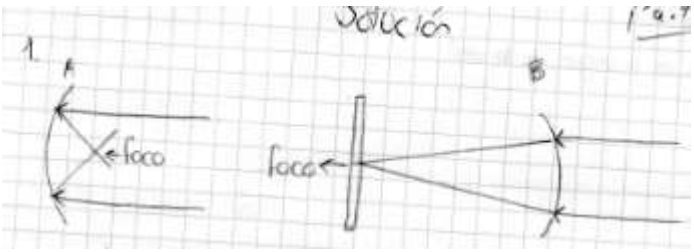


Figura 39- Representación de la trayectoria de los rayos

Con relación a la superficie convexa la reflexión de los rayos no generaban un punto en común de encuentro de rayos delante de la parte convexa, pero se hizo notar que el punto en común estaba atrás de la parte convexa.

- *Situación 2:*

Teniendo en cuenta las cuatro predicciones presentadas en la práctica, se encontraron los siguientes resultados

- En las predicciones uno y dos el 10% de los estudiantes mostraron en sus dibujos y explicaciones que las imágenes se formaban similares a la de los espejos planos, mientras que el 90% mencionaron que la imagen de la vela formada por el espejo se vería invertida.
- Con relación a la existencia de algún punto donde el espejo no forme la imagen de la vela, en un 100% concluyeron que no se formara cuando se pone el objeto muy lejos del espejo.
- En la predicción cuatro, las respuestas estuvieron muy divididas debido a que un 45% mencionaron que si se acerca la vela al espejo, la imagen formada por este se hace más pequeña, mientras que un 55% opinaron lo contrario.

Para el desarrollo de la práctica se utilizó la vela encendida y el espejo cóncavo (parte interna de la cuchara) como se observa en la figura 40; se recalcó que el

espejo estuviera en un punto estable y que la vela no fuera de mayor tamaño que el espejo, además que la ubicación de la vela con relación al espejo, fue lo más centrada posible.

Figura 40- Representación de la segunda situación de la práctica.

Se empezó por indicar que ubicaran la vela a una determinada distancia del espejo, luego se solicitó a los estudiantes que variaran la posición de la vela con relación al espejo (figura 41), con el fin de que identificaran que pasaba con la formación de la imagen.

Figura 41- Desarrollo de la práctica variando la posición de la vela

Luego de realizar la práctica con los espejos cóncavos se hizo lo mismo con los espejos convexos (parte externa de la cuchara).

Después de la práctica y las discusiones generadas por la misma, los estudiantes mencionaron que la imagen formada por el espejo cóncavo presenta características en relación con la distancia, dichas características se relacionan con el tamaño del

objeto y con la inversión, presentando entonces los siguientes modelos que representan sus argumentos: figuras 42-44.

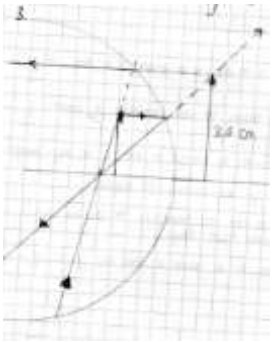


Figura 42- Construcción geométrica.

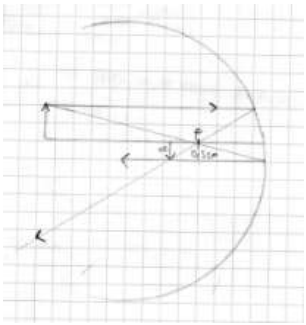


Figura 43- Construcción geométrica.

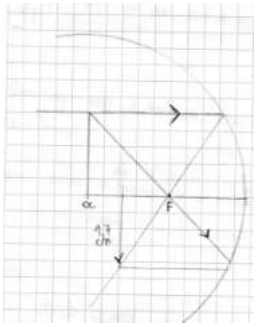


Figura 44- Construcción geométrica.

Finalmente, con relación a la situación *si se toma la parte externa del espejo y se pone frente a éste la vela encendida*, *las respuestas de las predicciones anteriores son iguales, o diferentes, de ser diferentes explica con claridad cada diferencia*. Un 100% de los estudiantes respondieron que no eran iguales, debido a que las superficies eran distintas, entonces este tipo de espejos formaban siempre imágenes más pequeñas y sin ningún tipo de inversión, cuando se les indaga el porqué de sus respuestas los argumentos estuvieron asociados con lo visto en experiencias de su vida cotidiana, como lo es en las imágenes formadas en los espejos de supermercados o en la parte de atrás de las busetas debido a que en la mayoría de casos, los estudiantes han tenido la posibilidad de ver una imagen en este tipo de espejos.

5.3.5. Práctica sobre refracción de la luz

A continuación se resumen el objetivo, las situaciones y las predicciones presentadas en el anexo N.

Objetivo de la práctica	Comprender las leyes fundamentales de la refracción de la luz a través de la variación de los ángulos de incidencia y de refracción	
Situación	**Predicciones**	**Pregunta**
Se tiene un láser encendido en el punto A y se desea apuntar hacia el punto B, que está ubicado detrás de recipientes con agua y aceite.	1-¿Crees que el haz del láser pueda ir del punto a al punto b?, realiza un dibujo del recorrido. 2-Si el haz de luz que parte del punto a, llegase al punto b. ¿crees que este haz siempre se desplazaría en línea recta, o presentaría otro tipo de trayectoria?, muestra con un gráfico tu respuesta.	Si se traza una recta perpendicular en cada punto donde el haz del láser empieza a interactuar con cada medio, al comparar los ángulos de incidencias ¿Son iguales?, ¿diferentes?

Tabla 5- Síntesis práctica 4.

Teniendo en cuenta las predicciones presentadas, se encontraron los siguientes resultados antes de realizar la práctica:

- Un 40 % de los estudiantes argumentaron que es posible que el haz del láser pueda ir del punto A al punto B siempre y cuando la potencia del láser sea la necesaria para no perderse en los medios colocados (ver figura 45), un 60% afirmaron que no llegará debido a que toda la luz será reflejada por el agua de la misma manera como un espejo plano refleja los rayos de luz (figura 46).

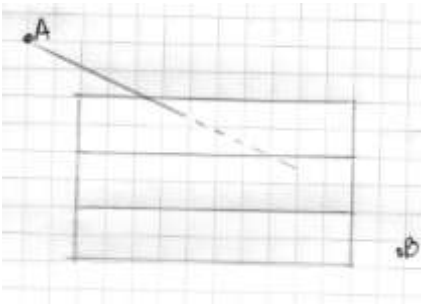


Figura 45- representación trayectoria de un rayo pero tiene poca potencia

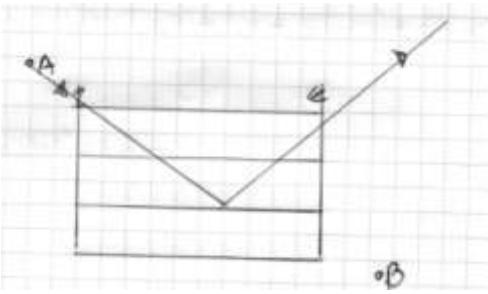


Figura 46- representación trayectoria de un rayo que se refleja por el agua

- El 100% de los estudiantes mencionaron que de pasar el rayo desde el Punto A hasta el punto B, este pasaría en línea recta, como se observa en la figura 47.

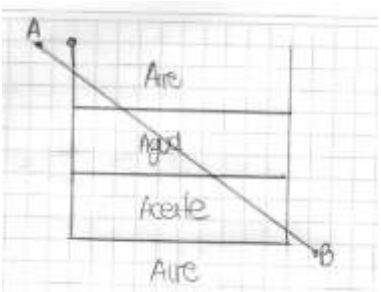


Figura 47- Representación trayectoria del rayo en línea recta en diferentes medios

Para el desarrollo de la práctica se realizó lo siguiente:

- Se tuvieron dos recipientes traslucidos uno con agua y el otro con aceite, además de tener hojas de papel milimetrado con los ejes x, y trazados sobre esta.

Figura 48- recipiente con agua.

- Inicialmente se ubicaron los puntos A y B (con plastilina), después se colocaron los recipientes en medio de estos puntos, luego se encendió el apuntador y se observó el fenómeno especialmente en la trayectoria de los rayos para que los estudiantes pudieran contrastar con sus predicciones. Finalmente se realizó el experimento de manera cuantitativa, utilizando un eje cartesiano pintado en cada material para medir los ángulos de incidencia y de refracción.

Después de la realización de la práctica, los estudiantes se asombraron del fenómeno observado debido a que observaron que el rayo de luz si llego desde el punto A hasta el punto B, además que la variación de los medios provocaba que la

luz se desviara (ver figura 49), lo anterior se comprobó con la medición de los ángulos de incidencia y de refracción.

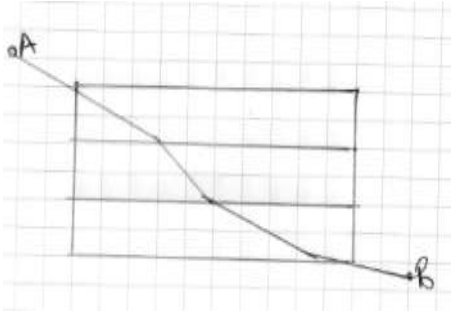


Figura 49- Primeras representaciones de la trayectoria del rayo en diferentes medios

Cuando se trazó la línea perpendicular a cada superficie, los estudiantes concluyeron que la desviación del rayo de luz de acercaba o se alejaba de esta perpendicular, y dependía en gran parte del material por el cual la luz viajara.

5.3.6. Análisis de la Prueba final de selección múltiple contrastada con la prueba de inicio.

Para este apartado es importante mencionar que a los estudiantes se les aplicaron las mismas preguntas de la prueba inicial, con el fin de contrastar los resultados obtenidos en cada una de ellas.

A continuación se presenta un diagrama de barras con los porcentajes que obtuvieron los estudiantes en el pre y post test en una escala de 0% a 100%

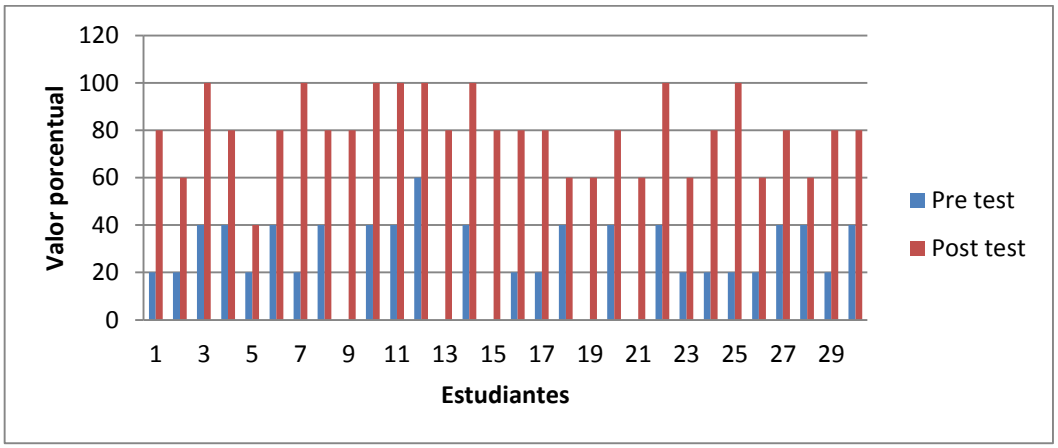


Figura 50- Resultados de los estudiantes en el pre y post-test.

La anterior grafica muestra un significativo avance en los temas abordados en la misma, esto gracias al planteamiento y desarrollo de los cuatro talleres experimentales desarrollados en la propuesta, los cuales recogieron las dificultades presentadas en la actividad diagnóstico sobre temas relacionados con la propagación de la luz, la reflexión en superficies planas, curvas y la refracción de la luz, en consecuencia se pudieron identificar los siguientes avances:

1. Establecer diferencias entre la trayectoria de una fuente radial y una fuente puntual, además de reconocer en la cotidianidad su presencia en ejemplos como la lectura de los códigos de barras con relación a las fuentes puntuales y fuentes radiales como el sol.
2. Redefinición del concepto de dispersión, debido a que pensaban que este se puede utilizar para los cuerpos que emiten luz hacia todos lados, esta idea se modificó por el fenómeno que alude a separar dos ondas o más pudiéndolas diferenciar.
3. Identificación de las leyes de la reflexión en los espejos planos.
4. Necesidad de construir la normal para la medición de los ángulos de incidencia y de reflexión.
5. Construcción de modelos geométricos para representar la forma como una superficie plana o esférica produce una imagen.
6. Caracterización con relación al tamaño del objeto, inversión-arriba abajo, de las imágenes generadas por los espejos curvos

7. Reconocimiento de la desviación de la luz cuando pasa por varios medios.
8. Deducción de la ley de Snell en función de los ángulos de incidencia y de refracción, así como de los índices de refracción.

- **Ganancia Hake:**

Para analizar cuantitativamente los anteriores resultados se puede medir la ganancia conceptual en la aplicación de la propuesta confrontando los resultados entre el pre y el post-test, valorando los datos con las zonas de ganancia normalizada propuesta por Hake (1998). La cual brinda posibilidad de medir y comparar resultados de la ganancia conceptual a partir de la ganancia normalizada $< g >$ ”

A continuación se presentan los resultados obtenidos por todos los estudiantes en el pre-test y en el post-test, así como su respectiva ganancia de Hake, calculada mediante la ecuación:

$$< g >= \frac{\%<Sf>-\%<Si>}{100-\%<Si>} , \quad (5)$$

Donde $\% < Sf >$ Es el porcentaje obtenido en la prueba de salida y $\% < Si >$ es el porcentaje obtenido en la prueba de entrada.

ESTUDIANTE	PRE TEST	POST TEST	$\langle g \rangle$
1	20	80	0.75
2	20	60	0.5
3	40	100	1
4	40	80	0.66
5	20	40	0.25
6	40	80	0.66
7	20	100	1
8	40	80	0.66
9	0	80	0.8
10	40	100	1
11	40	100	1
12	60	100	1
13	0	80	0.8

14	40	100	1
15	0	80	0.8
16	20	80	0.75
17	20	80	0.75
18	40	60	0.33
19	0	60	0.6
20	40	80	0.66
21	0	60	0.6
22	40	100	1
23	20	60	0.5
24	20	80	0.75
25	20	100	1
26	20	60	0.5
27	40	80	0.66
28	40	60	0.33
29	20	80	0.75
30	40	80	0.66

Tabla 6: Resultados del pre-test, post test y ganancia de Hake para cada estudiante

Para establecer la ganancia promedio del grupo respecto a los resultados obtenidos en la actividad diagnóstico y la prueba de salida se utilizó la ecuación $<\bar{g}>= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} gi$ donde n es el número de estudiantes con los cuales se aplicó el pre y post-test y gi la ganancia que se representó en la cuarta columna de la tabla 6.

La ganancia promedio normalizada obtenida por $<\bar{g}>$ permite categorizar los datos obtenidos en tres zonas de ganancia normalizada baja, media y alta como se presenta a continuación:

Zona	**Intervalo**
Baja	$g < 0.3$
Media	$0{,}3 < g < 0.7$
Alta	$g > 0.7$

Tabla 7- Zonas de ganancia normalizada

Reemplazando los datos de la columna 4 de la tabla 6 se obtiene el valor de la ganancia normalizada promedio del grupo $< \bar{g} >= 0{,}72$, la ganancia normalizada del grado undécimo se puede categorizar como alta; lo que verifica los resultados representados en las tablas y el análisis realizado previamente demuestra la efectividad de la aplicación de las actividades que conforman la propuesta didáctica trabajada con los estudiantes de grado undécimo.

6. CONCLUSIONES

- A partir de los análisis cuantitativos para el grupo de estudiantes con los que se trabajó, se obtuvo un $< \bar{g} >= 0{,}72$, que según Hake es una ganancia normalizada alta, indicando claramente que los resultados obtenidos en la propuesta fueron efectivos con relación al hecho de fundamentar conceptos tales como la propagación, la reflexión y la refracción de la luz, desde el análisis de situaciones cotidianas para el interés del estudiante, esto se evidencia en el capítulo 5 secciones 5.3.2, 5.33, 5.34, 5.35.
- Tomando como referencia los resultados cuantitativos calculados con la ganancia de Hake, para cada estudiante, se evidencia que cerca del 53% de ellos se ubican en una zona de ganancia normalizada alta, mientras que un 43% se ubican en una zona de ganancia media, lo cual permite afirmar que la propuesta utilizada es efectiva de manera individual.
- Con la aplicación de la propuesta se evidencia desde el análisis del pos-test ubicado en la sección 5.3.6, que los estudiantes realizaron explicaciones acertadas y más elaboradas respecto a los argumentos realizados en la actividad de diagnóstico sobre los fenómenos de propagación, reflexión y refracción de la luz.
- Proponer situaciones donde el estudiante identifique la necesidad de construir la recta normal a cualquier tipo de superficie, le permitirá medir con facilidad los ángulos de incidencia y de reflexión, evidenciando de esta forma su equivalencia, lo anterior se puede observar a partir de los resultados de la sección 5.3.3
- El uso de la *MAA* promueve el desarrollo de las ideas previas asociadas a los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, y junto con el trabajo colaborativo en el desarrollo de las prácticas permiten que el estudiante contraste sus preconceptos con el fenómeno observado siendo capaz de identificarlo en otro tipo de actividades de su vida cotidiana, esto se evidenció al analizar los resultados de las prácticas.

- Los resultados obtenidos en las secciones 5.33 y 5.34, indican que la selección y construcción de elementos y materiales de fácil consecución y bajo costo contribuyeron en el desarrollo de las prácticas experimentales ya que el estudiante podía realizar montajes con objetos de su entorno, y a su vez le permitieron establecer relaciones de fenómeno observado en otros contextos de su vida cotidiana.
- Se debe tener como referencia que en general la óptica estudia la luz y su interacción con la materia, por tanto buscar relaciones entre las ramas de las óptica permitirá que el estudiante no construya pensamientos aislados de la luz, por ejemplo se propone que cuando se esté explicado desde la óptica geométrica la reflexión especular o la reflexión difusa, se dirija la discusión a que cuando las ondas son reflejadas, como están en el mismo espacio en un tiempo determinado, entonces estas ondas se interferirán aleatoriamente. Con ejemplos sencillos como los anteriores, se pueden crear puentes de conexión que le permitan al estudiante crear un concepto integral de la luz y de la descripción de los fenómenos que se presentan cuando esta interactúa con distintos tipos de materia.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ATTIE. C (SF) (2012). Óptica, rescatado de http://www.fisicattie.com.ar/Tercero/OPTICA.pdf
- BELÉNDEZ A; PASCUAL, ROSADO L (1989). Enseñanza de modelos sobre la naturaleza de la luz.
- BRAVO B, PESA M, ROCHA A (2.011) implicancias de la enseñanza sobre el saber de los alumnos. El aprendizaje de fenómenos ópticos. Primera parte. (Implications of the education on the knowledge of students. The optical phenomena of learning. First part.) Investigações em Ensino de Ciências – V16 (3), pp. 489-507, 2011
- CARMONA A, (2009). La investigación-acción en la enseñanza de la física: un escenario idóneo para la formación y desarrollo profesional del profesorado.
- DITCHBURN R. (1892). Óptica. Editorial Reverte.
- EISBERG R, LERNER L (1.986) Física fundamentos y aplicación, volumen 2, editorial: Mc Graw-Hill de México.
- GOMEZ. E (2005). Guía básica de conceptos de óptica geométrica.
- GONZÁLEZ C (2.013) La enseñanza de la óptica desde una conceptualización integradora de sus teorías, dinamizada y orientada por una concepción del aprendizaje significativo crítico.
- HAKE (1998) Interactive-engagement methods in introductory mechanics courses. Physics Education Research.
- HERRERA .E (2012), Diseño, construcción e implementación de una herramienta didáctica para abordar algunos conceptos fundamentales de óptica geométrica.
- IPARRAGUIRRE Y LORENZO M (2007). Una propuesta de utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de un tema de física.

- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (1998) Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. Santafé de Bogotá: s.n., 2003.
- RAMÍREZ C (2.012) Una visión de la óptica geométrica 9 grado. Tesis de maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional. Medellín, Colombia.
- ROJAS G (2.011) La enseñanza de los fenómenos de óptica geométrica a estudiantes de undécimo grado desde la perspectiva del aprendizaje activo. Tesis de maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional. Bogotá, Colombia.
- VERGARA D (2.012) Aprendizaje activo en la enseñanza de la óptica. Tesis de maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional. Medellín, Colombia.

ANEXO A: PRUEBA DIAGNOSTICA

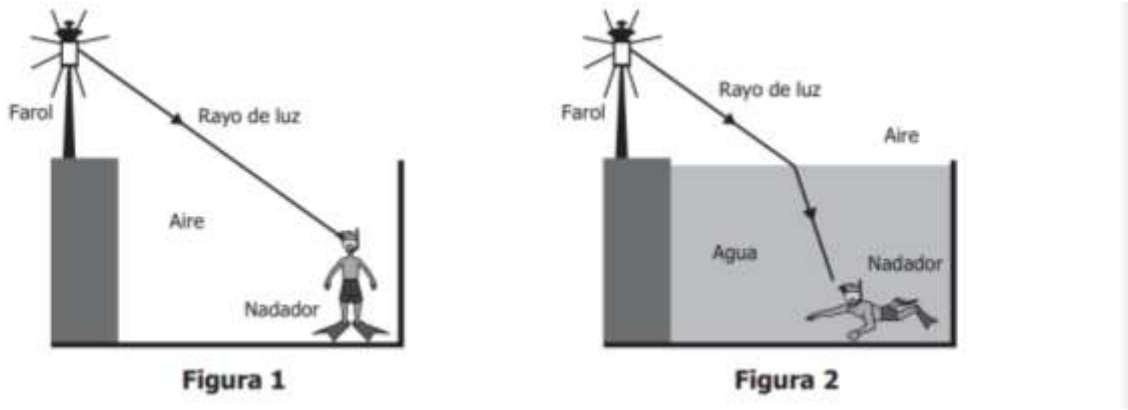
LICEO CULTURAL LAS AMÉRICAS

“HACIA LA FORMACIÓN INTEGRAL, EL RESCATE Y LA PRACTICA DE VALORES GENERANDO UNA CULTURA COMERCIAL - EMPRESARIAL”

EVALUACION POR COMPETENCIAS Y DESEMPEÑOS

ASIGNATURA:FÍSICA

1-La luz proveniente de un farol es observada por un nadador, esta al viajar en el aire siempre se moverá en línea recta como se muestra en la figura (1), pero cuando la luz es observada por el nadador de la figura (2), esta se desvía al pasar del aire al agua.

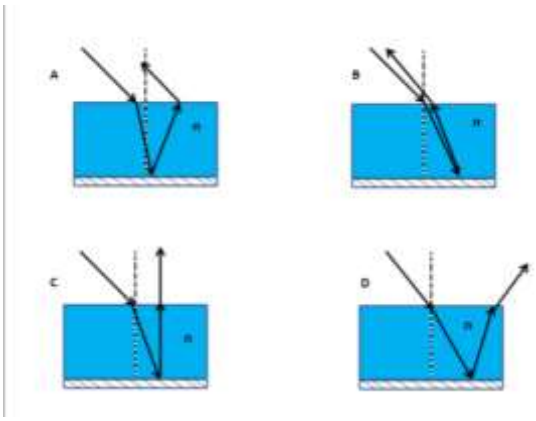


Pregunta tomada de la cartilla de las pruebas icfes 2014, componente de ciencias naturales.

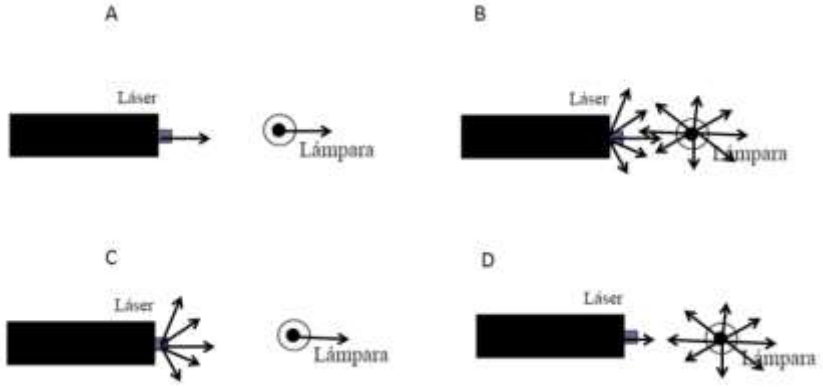
Cuando una piscina está vacía, el nadador observa el farol que está en el borde (ver figura 1); luego, cuando se llena la piscina (ver figura 2) el nadador con relación a la posición inicial verá el farol,

a) más abajo
b) más arriba
c) En el mismo sitio
d) más cerca al borde de la piscina.

2-Un rayo de luz incide sobre un bloque de hielo transparente que está colocado sobre un espejo plano. Analiza las siguientes imágenes y selecciona la que representa adecuadamente el recorrido de dicho rayo.



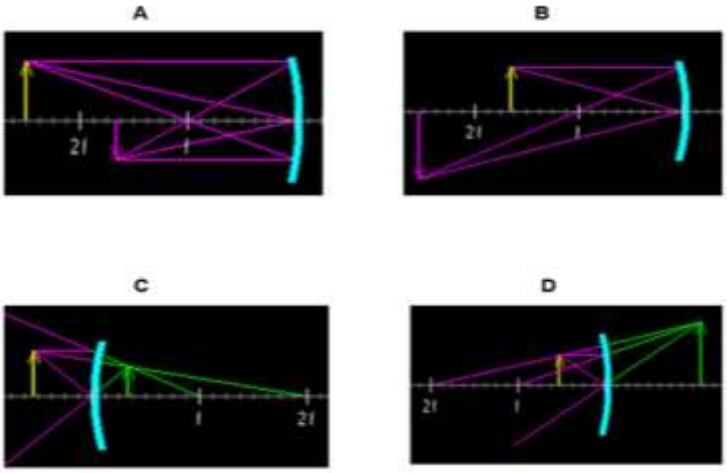
3-Se tiene un láser y un bombillo encendido, el diagrama que mejor representa la propagación de la luz, por el espacio es:



4-Si pones un párrafo de un texto frente a un espejo plano, se puede afirmar que,

a- el texto se puede leer de derecha a izquierda y se ve las letras del mismo tamaño.
b- el texto se puede leer normalmente y se ve las letras más grandes.
c- el texto se puede leer de izquierda a derecha y se ve las letras del mismo tamaño.
d- el texto se puede leer normalmente y se ve las letras más grandes.

5- En las esquinas de algunos supermercados se colocan espejos esféricos, con el fin de vigilar estos sitios, la gráfica que mejor representa la imagen de un objeto dada por uno de estos espejos es:


A
2f
f
B
2f
f
C
f
2f
D
2f
f

ANEXO B: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, GUÍA DEL DOCENTE.

PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO[18]

GUÍA DEL DOCENTE.

1-CONTEXTUALIZACIÓN:

La práctica está dirigida a estudiante de grado 11 de cualquier institución educativa, pretende responder al estándar del entorno físico en ciencias naturales "Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz.", en específico con la temática de la trayectoria de la luz. Las actividades planteadas permitirán que el estudiante a través de situaciones cotidianas para él, experimente y reflexione sobre cómo se propaga la luz en el aire desde fuentes puntuales y no puntuales, a partir de una práctica demostrativa enmarcada en la metodología del aprendizaje activo.

2-MATERIALES

- Bombillo.
- Apuntador láser.
- Polvo de tiza.
- Plastilina.

Observaciones de seguridad.

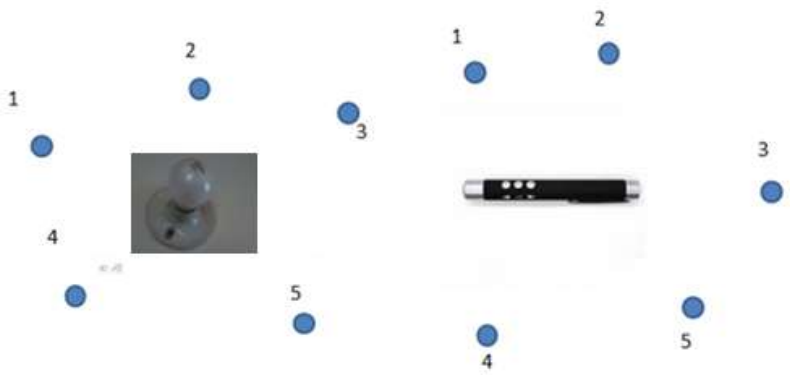
Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

[18] **PRACTICA TOMADA DEL MANUAL DE ENTRENAMIENTO ALOP DE SOKOLOFF D. (2006), MANUAL DE ENTRENAMIENTO "**ACTIVE LEARNING IN OPTICS AND PHOTONICS (ALOP) PP (22 al 26).

3-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Cuando se empieza la clase, se debe plantear la situación de estudio, que para este caso será la siguiente:

“Se ubican un bombillo y un apuntador láser sobre un papel, sobre éste se dibujan 5 puntos con ubicaciones al azar, finalmente se encienden tanto el bombillo como el láser, observa lo que sucede”



4-PREDICCIONES INDIVIDUALES Y PREGUNTAS

Predicciones:

1-¿Cómo crees que se propaga la luz en las dos fuentes?, realiza un esquema.

En los dos diagramas anteriores traza los rayos partiendo desde las fuentes de luz

Actividad:

1-Realiza una lista de todas las diferencias o semejanzas que existan entre la propagación de la luz que emerge del bombillo comparada con la del apuntador láser.

5-PREDICCIONES GRUPALES Y PREGUNTAS

Ahora el profesor indica a los estudiantes que discutan las predicciones con sus compañeros de grupo. Terminada la discusión deben resumir las predicciones del grupo y

preparar una forma de comunicarlas debidamente justificadas, a toda la clase. Aclarar que esto debe hacerse en la hoja de predicciones del grupo.

6-. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Se divide el tablero en dos partes, en la primera parte se pega una batería conectada a un bombillo luego se coloca con plastilina los cinco puntos al azar, en la segunda parte se coloca el apuntador y los cinco puntos al azar.

Una vez montado el esquema en el tablero, se pide a los estudiantes contestar las predicciones primero de forma individual y segundo de forma grupal, se debe hacer hincapié en que las predicciones no son parte de una nota, para que el estudiante pueda responder libremente sin mayores presiones. Cuando se tengan las predicciones grupales se recomienda anotarlas en un espacio visible para todos, por ejemplo en el tablero o en una cartelera auxiliar.

Se procede a encender el bombillo y luego el apuntador láser para discutir los resultados.

4. RESULTADOS DE LA PRÁCTICA Y DISCUSIONES

La discusión que debe dirigir el docente estará centrada en las siguientes preguntas:

1-Al encender el bombillo ¿Cómo fue la trayectoria seguida por la luz?, realiza un esquema.

2- Al encender el láser. ¿Cómo fue la trayectoria seguida por la luz?, realiza un esquema.

3-¿Qué diferencias o semejanzas se observaron en la propagación de la luz desde las dos fuentes?

La discusión debe llevar al estudiante a pensar que en una fuente puntual los rayos de luz se propagan de manera radial (de la fuente hacia afuera en todas las direcciones), mientras que en el apuntador láser la trayectoria del rayo de luz es en una línea recta.

Como adición puedes utilizar el polvo de tiza para que el estudiante pueda identificar las ondas esféricas generadas por la bombilla y las rectas emitidas por el apuntador láser.

Se propone que el docente realice una práctica adicional con materiales de fácil acceso tales como una peineta y una lámpara. Se debe poner la lámpara detrás de la peineta, para aprovechar las rendijas de la peineta y poner ver junto con los estudiantes la trayectoria de rayos después de las rendijas, como se muestra en la figura 31.

7-SÍNTESIS Y EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS

Después de discutir las diferencias entre las trayectorias de la luz en las dos fuentes, el docente debe realizar preguntas relacionadas con la aplicabilidad de este tipo de trayectorias en la vida cotidiana, como ejemplos de estos se puede discutir la forma funcionan los láseres en las soldaduras, cortes de materiales, en operaciones de personas, escaneo de código de barras.

ANEXO C: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES.

PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO

GUIA PARA EL ESTUDIANTE

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE PREDICCIONES - INDIVIDUAL

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

TIEMPO: 10 Minutos.

Nombre: _____ Curso: _____

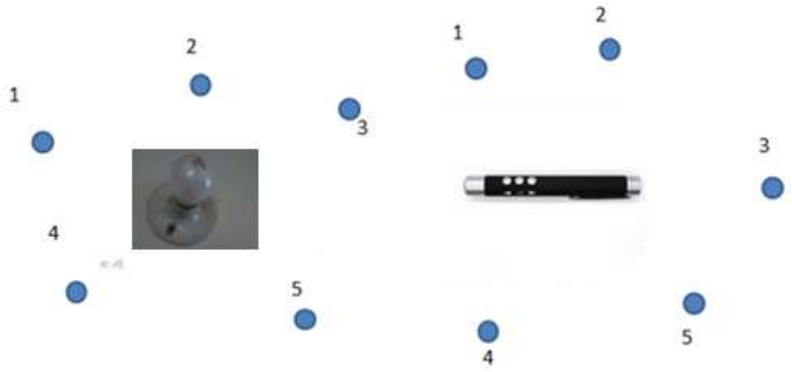
Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Cuando se empieza la clase, se debe plantear la situación de estudio, para este caso será la siguiente:



“Se ubican un bombillo y un apuntador láser sobre un papel, sobre éste se dibujan 5 puntos con ubicaciones al azar, finalmente se encienden tanto el bombillo y el láser, observa lo que sucede”

PREDICCIONES INDIVIDUALES Y PREGUNTAS

Predicciones:

1-¿Cómo cree que se propaga la luz en las dos fuentes?, realiza un esquema. En los dos diagramas anteriores trace los rayos partiendo desde las fuentes de luz

Actividad:

1-Realiza una lista de todas las diferencias o semejanzas que existan entre la propagación de la luz que emerge del bombillo comparada con la del apuntador láser.

ANEXO D: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES.

PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO

GUIA PARA EL GRUPO

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE PREDICCIONES – GRUPALES

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

TIEMPO: 10 Minutos.

Nombre de los integrantes: _____ Curso: _____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, pueden escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

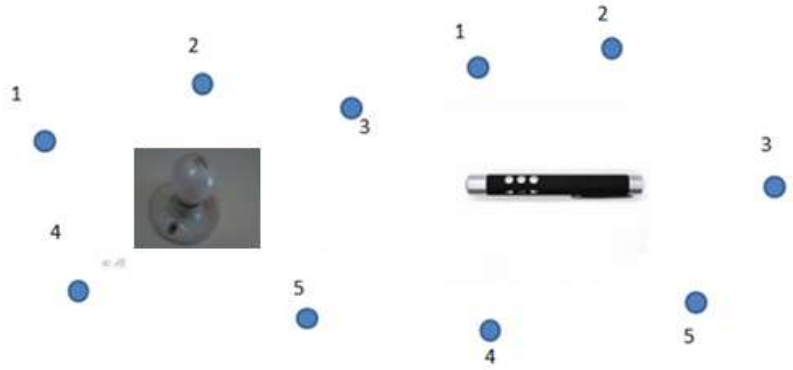
Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Cuando se empieza la clase, se debe plantear la situación de estudio, para este caso será la siguiente:

“Se ubican un bombillo y un apuntador láser sobre un papel, sobre éste se dibujan 5 puntos con ubicaciones al azar, finalmente se encienden tanto el bombillo y el láser, observa lo que sucede”



PREDICCIONES GRUPALES Y PREGUNTAS

Predicciones:

1-¿Cómo creen que se propaga la luz en las dos fuentes?, realicen un esquema.

En los dos diagramas anteriores trace los rayos partiendo desde las fuentes de luz

Actividad:

1-Realiza una lista de todas las diferencias o semejanzas que existan entre la propagación de la luz que emerge del bombillo comparada con la del apuntador láser.

ANEXO E: PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO, FORMATO DE RESULTADOS.

PROPAGACIÓN DE LA LUZ EN EL ESPACIO

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE RESULTADOS

Instrucciones: en esta hoja puede escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones y llevarla para su estudio personal después de clase.

1-Al encender el bombillo ¿Cómo fue la trayectoria seguida por la luz?, realiza un esquema.

2- Al encender el láser. ¿Cómo fue la trayectoria seguida por la luz?, realiza un esquema.

3-¿Qué diferencias o semejanzas se observaron en la propagación de la luz desde las dos fuentes?

ANEXO F: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, GUÍA DEL DOCENTE

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS

GUÍA DEL DOCENTE

1-CONTEXTUALIZACIÓN:

La práctica está dirigida a estudiantes de grado undécimo de cualquier institución educativa, pretende responder al estándar del entorno físico en ciencias naturales “Identifico aplicaciones de los diferentes modelos de la luz.”, en específico con la temática de la reflexión de la luz en espejos planos y esféricos. Se plantearan situaciones cotidianas para el estudiante, que le permitirán comprender las leyes fundamentales de la reflexión en los espejos planos y curvos. Esto se hará a partir de una práctica interactiva enmarcada en la metodología del aprendizaje activo.

2-MATERIALES

- Espejos planos
- Láser.
- Transportador.
- Regla.
- Papel milimetrado.
- Espejos curvos.
- Vela

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

3-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

a). Situación uno.

Te paras frente a un espejo plano normal, de tamaño igual a la mitad de tu altura y ves en él tu imagen.

Predicciones individuales:

1-¿Crees que la altura de la imagen es distinta a tu altura?, justifica tu respuesta.

Pregunta:

2-¿Existe alguna manera de medir la distancia de la imagen al espejo? descríbela.

Actividad:

1-Realiza un esquema que te permita representar la imagen de un punto de tu cuerpo mediante el espejo plano.

b) Situación dos.

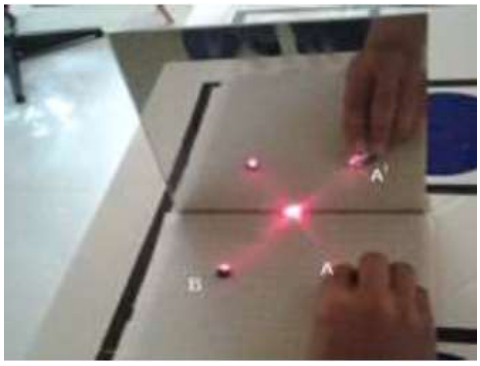
Estas parado frente a un espejo plano normal de la mitad del tamaño de tu cuerpo y ves en él la imagen de tu mano derecha.

Predicciones individuales:

1-¿Crees que en la imagen del espejo, se observara la mano derecha o la izquierda?, realiza un esquema que apoye tu idea, además menciona las características de la imagen.

c) Situación tres.

Con base a la siguiente fotografía contesta:



Se llama ángulo de incidencia al ángulo que forma el rayo A con la superficie del espejo y ángulo de reflexión al ángulo que forma la superficie del espejo con el rayo B.

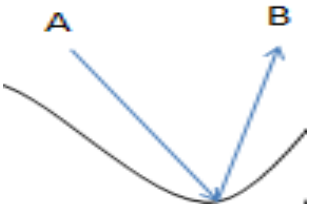
Según la información anterior:

Predicciones individuales:

-¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explica en que basas tus análisis.

Si el espejo cambia a una superficie como la de la figura, siguiente, ¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explica en que basa tus análisis.

Si el espejo cambia a una superficie como la de la figura, siguiente, como crees ¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explica en que basas tus análisis.



Pregunta: ¿Que elemento geométrico le agregarías a las construcciones dos y tres para que los ángulos de incidencia y de reflexión se comparen de la misma manera que en un espejo plano?

Si se quiere realizar un esquema de rayos para representar la imagen de un dedo de tu mano en un espejo plano normal, ¿qué elementos geométricos debes tener en cuenta? Dibuja un esquema.

PREDICCIONES GRUPALES Y PREGUNTAS

Acorde a las discusiones realizadas, se registran los acuerdos grupales de las predicciones dadas. Se les entregará a cada grupo una hoja blanca y marcador donde realizarán los respectivos dibujos y representaciones de las predicciones dadas.

3. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

La práctica debe orientarse hacia tres partes, además de recordar que es interactiva por lo tanto el estudiante debe realizar la práctica con su guía:

Parte uno: se coloca un espejo plano de una altura aproximadamente igual al promedio de la estatura de los estudiantes, después cada estudiante puede acercarse a este a la misma distancia, previamente se hace una línea en el piso indicando hasta donde se debe acercar. Con este montaje cada estudiante tendrá elementos para evidenciar o refutar sus predicciones y contestar las preguntas de la situación uno.

Parte dos: el estudiante se ubicará en la misma línea trazada en el piso en frente del espejo plano, para que pueda levantar su mano y analizar qué mano está observando, esto permitirá que conteste las predicciones de la situación dos.

Con relación a la parte tres, se debe colocar un espejo plano, normal, cuadrado (como se muestra en la respectiva fotografía de la situación 3), luego se hace incidir un haz de luz de un apuntador sobre el espejo, la única manera de comparar si hay alguna relación entre los ángulos de incidencia y reflexión es utilizando un transportador para medir dichos ángulos, luego se debe pasar a cada estudiante las figuras uno y dos para que puedan contestar las predicciones y preguntas.

4. RESULTADOS DE LA PRÁCTICA Y DISCUSIONES

Las discusiones que se generen, deben permitir que el estudiante concluya las principales leyes de la reflexión en los espejos planos, por eso las primeras preguntas son:

1-¿Cómo fue la altura de la imagen con relación a tu altura?, justifica tu respuesta.

2-¿Existió alguna manera de medir la distancia de la imagen al espejo? descríbela.

3-¿Cual fue el esquema que te permitió representar la imagen de un punto de tu cuerpo mediante el espejo plano?

4-Al observar la imagen de la mano derecha en el espejo, ¿qué mano se observó?, cuál fue el esquema que apoyo tu idea y cuales características de la imagen puedes deducir.

5-¿Cómo fueron los ángulos de incidencia y de reflexión en los tres casos presentados?

6-¿Qué elemento geométrico facilita la medición de los ángulos de incidencia y reflexión en los distintos tipos de superficies?

Las tres primeras preguntas permitirán que el estudiante comprenda que las imágenes originadas en un espejo plano con relación a su tamaño no cambian, además cuando se relaciona las distancia del objeto- espejo y espejo -imagen son las mismas, pero se debe aprovechar el laboratorio para que el estudiante evidencia esto, por tal razón se sugiere que el estudiante cuente el número de baldosas que hay del espejo al él, esto le proporcionara una idea de que dicha cantidad se mantiene del espejo a la imagen; con relación a la altura pueden poner una regla métrica y hacer que observe en el espejo la medida de la regla, esto dará fuertes nociones a la igualdad de la altura.

Con lo anterior, se sugiere a partir de estas observaciones se puede plantear una discusión con las ideas principales de las leyes de la reflexión complementando las preguntas cuatro y cinco estas ideas son:

a) Los rayos incidente y reflejado y la normal a la superficie reflectantes están comprendidos en el mismo plano (plano de incidencia)

b) Los rayos incidentes y reflejados están en lados opuestas a la normal, además con respecto a ella miden lo mismo.

Con relación a la pregunta 6, se debe mencionar que se debe llevar al estudiante a crear una necesidad de construir la recta normal a la superficie reflectante, debido a que esta siempre le garantizara la igualdad en los ángulos de incidencia y reflexión, el aporte de esta guía va más allá de las leyes, se centra en que el docente que la utilice y el estudiante que la realice descubran la forma de trazar la recta normal a la superficie del espejo.

Para terminar, se debe resaltar el ejercicio de la reflexión de la mano derecha debido a que permite estudiar un cambio aparente de rotación de ciento ochenta grados por el eje óptico conocido como inversión lateral, se puede reforzar esta idea utilizando papel celofán de dos colores distintos, dos led blancos y una lente cilíndrica y una batería para los led.
Se pone el papel celofán en los led, después de hace pasar luz por la lente cilíndrica, y las imágenes se obtienen de manera invertida.

5-*SÍNTESIS Y EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS*

Para esta parte se recomienda que la discusión se centre en sintetizar la importancia de la normal en la medición de los ángulos de incidencia y reflexión, así como las leyes alrededor de las imágenes en los espejos planos.

Finalmente se recomienda tener en cuenta extrapolaciones de los espejos planos en cosas cotidianas como el espejo de la casa, en instrumentos como un telescopio reflector debido a que estos aprovechan las imágenes generadas por dos espejos planos colocados rectos entre sí, para reflejar partes específicas de la observación.

Otros ejemplos están en los retrovisores de los automóviles, elementos como los sextantes (instrumento utilizado para medir la altura de un astro sobre la horizontal), los caleidoscopios o periscopios.

ANEXO G: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES.

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS
GUIA PARA EL ESTUDIANTE
CLASE INTERACTIVA
HOJA DE PREDICCIONES - INDIVIDUAL

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

TIEMPO: 10 Minutos.

Nombre: _____ Curso: _____

Instrucciones[19]: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

a). Situación uno.

Te paras frente a un espejo plano normal de tamaño igual a la mitad de tu altura y ves en él tu imagen.

Predicciones:

1-¿Crees que la altura de la imagen es distinta a tu altura?, justifica tu respuesta.

Pregunta:

1-¿Existe alguna manera de medir la distancia de la imagen al espejo? descríbela.

Actividad:

[19] Estas instrucciones, fueron tomadas de manera textual de HERRERA. E (2002).

1-Realiza un esquema que te permita representar la imagen de un punto de tu cuerpo mediante el espejo plano.

b). Situación dos.

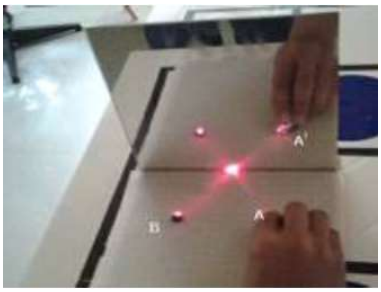
Estas parado frente a un espejo plano normal de la mitad del tamaño de tu cuerpo y ves en él la imagen de tu mano derecha.

Predicciones:

1-¿Crees que en la imagen del espejo, se observara la mano derecha o la izquierda?, realiza un esquema que apoye tu idea, además menciona las características de la imagen.

c). Situación tres.

Con base a la siguiente fotografía contesta:



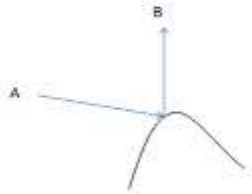
Se llama ángulo de incidencia al ángulo que forma el rayo A con la superficie del espejo y ángulo de reflexión al ángulo que forma la superficie del espejo con el rayo B.

Predicciones:

Según la información anterior:

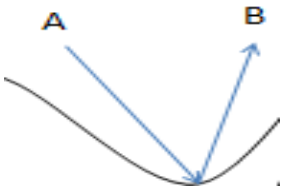
1-¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explique en que basa sus análisis.

FIGURA 1



2-Si el espejo cambia a una superficie como la de la figura, siguiente, ¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explique en que basa sus análisis.

FIGURA 2



3-Si el espejo cambia a una superficie como la de la figura, siguiente, ¿Cómo crees que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explique en que basa sus análisis.

Pregunta: ¿Que elemento geométrico le agrarias a las construcciones dos y tres para que los ángulos de incidencia y de reflexión se comparen de la misma manera que en un espejo plano?

Si se quiere realizar un esquema de rayos para representar la imagen de un dedo de tu mano en un espejo plano normal, debes o no tener en cuenta, la medida del ángulo de incidencia con el ángulo de reflexión. Dibujo tu esquema.

ANEXO H: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES.

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS

GUIA PARA EL GRUPO

CLASE INTERACTIVA

HOJA DE PREDICCIONES – GRUPALES

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

TIEMPO: 10 Minutos.

Nombre de los integrantes: _____ Curso: _____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, pueden escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

a). Situación uno.

Te paras frente a un espejo plano normal de tamaño igual a la mitad de tu altura y ves en él tu imagen.

Predicciones grupales:

1-¿Creen que la altura de la imagen es distinta a tu altura?, justifica tu respuesta.

Pregunta:

1-¿Existe alguna manera de medir la distancia de la imagen al espejo? Descríbanla.

Actividad:

1-Realizan un esquema que les permita representar la imagen de un punto de tu cuerpo mediante el espejo plano.

b). Situación dos.

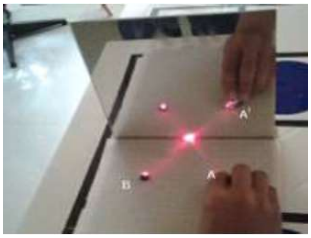
Estas parado frente a un espejo plano normal de la mitad del tamaño de tu cuerpo y ves en él la imagen de tu mano derecha.

Predicciones grupales:

1-¿Creen que en la imagen del espejo, se observara la mano derecha o la izquierda?, realicen un esquema que apoye tus ideas, además mencionen las características de la imagen.

c). Situación tres.

Con base a la siguiente fotografía contesta



Se llama ángulo de incidencia al ángulo que forma el rayo A con la superficie del espejo y ángulo de reflexión al ángulo que forma la superficie del espejo con el rayo B.

Predicciones grupales:

Según la información anterior:

1-¿Cómo creen que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, expliquen en que basan sus análisis.

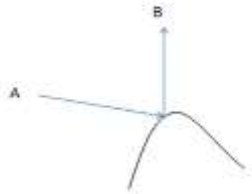


FIGURA UNO

2-Si el espejo cambia a una superficie como la de la figura, siguiente, ¿Cómo creen que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, expliquen en que basa sus análisis.

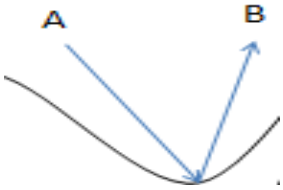


FIGURA DOS

3-Si el espejo cambia a una superficie como la de la figura, siguiente, ¿Cómo creen que será el ángulo de incidencia con respecto al ángulo de reflexión?, explique en que basan sus análisis.

Pregunta: ¿Que elemento geométrico le agrarias a las construcciones dos y tres para que los ángulos de incidencia y de reflexión se comparen de la misma manera que en un espejo plano?

Si se quiere realizar un esquema de rayos para representar la imagen de un dedo de tu mano en un espejo plano normal, deben o no tener en cuenta, la medida del ángulo de incidencia con el ángulo de reflexión. Dibujo tu esquema.

ANEXO I: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS, FORMATO DE RESULTADOS.

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS PLANOS

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE RESULTADOS

Instrucciones: En esta hoja puede escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones y llevarla para su estudio personal después de clase.

1-¿Cómo fue la altura de la imagen con relación a tu altura?, justifica tu respuesta.

2-¿Existió alguna manera de medir la distancia de la imagen al espejo? descríbela.

3-Cual fue el esquema que te permitió representar la imagen de un punto de tu cuerpo mediante el espejo plano.

4-¿La imagen del espejo de la mano derecha, se observó la mano derecha o la izquierda?, cuál fue el esquema que apoyo tu idea y cuales características de la imagen puedes deducir.

5-¿Cómo fueron los ángulos de incidencia y de reflexión en los tres casos presentados?

6-¿Qué elemento geométrico tendrías en cuenta para la medición de los ángulos de incidencia y de reflexión?

ANEXO J: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, GUÍA DEL DOCENTE

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS

GUÍA DEL DOCENTE

1-CONTEXTUALIZACIÓN:

La práctica está dirigida a estudiante de grado 11 de cualquier institución educativa, pretende responder al estándar del entorno físico en ciencias naturales “Identifico aplicaciones de los diferentes modelos de la luz.”, en específico con la temática de la reflexión de la luz en espejos planos y esféricos. Se plantearan situaciones cotidianas para el estudiante, que le permitirán comprender las leyes fundamentales de la reflexión en los espejos planos y curvos. Esto se hará a partir de una práctica interactiva enmarcada en la metodología del aprendizaje activo.

2-MATERIALES

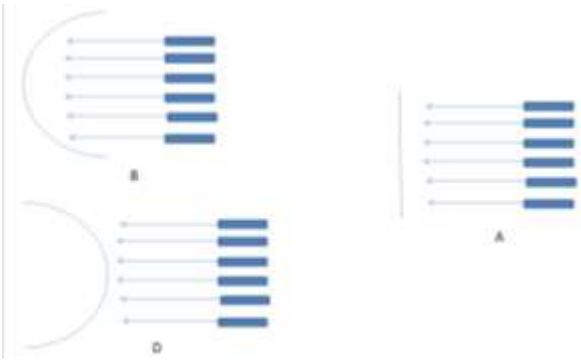
- Espejos curvos.(cuchara metálica)
- Puntero.
- Transportador.
- Regla.
- Papel milimetrado.

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

3-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Situación uno:



Al iluminar los espejos A, B, C, con varios apuntadores de la misma longitud de onda y desde la misma distancia, se espera entonces que los espejos reflejen la luz.

Predicción

¿Cómo crees que serán la trayectoria de los rayos reflejados en los espejos a, b, c? realiza un dibujo que represente tu idea.

Situación dos.

Se tiene una cuchara, se toma la parte interna de la cuchara y se pone al frente una vela encendida.

Predicciones:

1-¿Cómo esperas ver la imagen de la vela?, haga un dibujo.

2-¿Qué esperas que pases con la imagen de la vela si se acerca o se aleja la vela del espejo?

3-¿Existe algún lugar al frente del espejo donde se coloque la vela, y no halla imagen?

4-¿Cómo crees que será el tamaño de la imagen de la vela en función de la distancia con el espejo?, variaría el tamaño o se mantendría igual, realiza un dibujo de tu respuesta.

Si esta vez, se toma la parte externa del espejo y se pone al frente, la vela encendida, las respuestas de las predicciones anteriores son iguales, o diferentes, de ser diferentes explica con claridad cada diferencia.

PREDICCIONES GRUPALES Y PREGUNTAS

Ahora el profesor indica a los estudiantes que discutan las predicciones con sus compañeros de grupo. Terminada la discusión deben resumir las predicciones del grupo y preparar una forma de comunicarlas debidamente justificadas, a toda la clase. Aclarar que esto debe hacerse en la hoja de predicciones del grupo.

3. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

La idea general es representar las situaciones planteadas, por tanto la práctica tendrá dos momentos.

En el primer momento se deberá poner tres espejos uno plano, uno cóncavo y el otro convexo estos en lo posible deben estar fijo en el piso o en una mesa (se recomienda utilizar plastilina para sujetarlos), luego se demarca una distancia del espejo para ubicar los apuntadores, seguidamente se encienden los apuntadores y se observa justo con el estudiante las trayectorias de los rayos incidentes y reflejados.

En el segundo momento se utilizara la vela encendida y el espejo cóncavo, es necesario que el espejo este en un punto estable y que la vela no sea de mayor tamaño que el espejo, la ubicación de la vela con relación al espejo debe estar lo más centrada posible al espejo. Se empieza por indicar a los estudiantes que ubique la vela a una determinada distancia del espejo, posiblemente las observaciones hechas por los estudiantes resultaran de manera distinta por el centro de curvatura de los espejos, esto será una oportunidad para hablar en los resultados de las imágenes en función del centro de curvatura del espejo.

Luego se pedirá a los estudiantes que varíen la posición de la vela con relación al espejo, para que este identifique que pasa con la imagen en un espejo cóncavo en función de la distancia del objeto a él.

Cuando se haya realizado la práctica con los espejos cóncavos se hace lo mismo con los espejos convexos.

4. RESULTADOS DE LA PRÁCTICA Y DISCUSIONES

1-¿Cómo fue la trayectoria de los rayos reflejados en los espejos a, b, c? realiza un dibujo que represente tu idea.

2-¿Qué paso con la imagen de la vela cuando se acercaba o se aleja del espejo?, realiza un dibujo.

3-¿Existió algún lugar al frente del espejo donde se coloque la vela, y no halla imagen?

4-¿Cómo fue el tamaño de la imagen de la vela en función de la distancia con el espejo?, vario el tamaño o se mantuvo igual.

5-Proponga un esquema que represente los elementos más representativos de los espejos cóncavos y convexos.

6-Proponga un trazado de rayos para representar la imagen de la vela, en diferentes distancias del espejo.

Para tener en cuenta:

La pregunta uno se realiza con el objetivo de que el estudiante identifique que la trayectoria de la luz en los espejos planos y esféricos es diferentes, debido en gran parte a la geometría de los espejos, con relación a la trayectoria descrita por los rayos reflejados de la figura a, estos siempre saldrán perpendicular la superficie del espejo (según el esquema que se presenta), mientras que las trayectorias de la figura b, que corresponde a un espejo cóncavo se reflejaran en una zona o punto en común que se le puede llamar foco. Con relación a los espejos convexos la reflexión de los rayos se realizara de tal manera que sus proyecciones pasen por un punto en común que también se denominara foco. Aprovechar esta pregunta y la experiencia para que el estudiante tenga noción de los elementos de un espejo esférico (centro de curvatura, el foco, el vértice del espejo, el eje óptico del espejo).

Las preguntas dos a la seis, permitirán explorar la formación de las imágenes, así como su tamaño con relación a la distancia del objeto al espejo.

En las anteriores guías se han llegado acuerdos con relación a las reglas geométricas para representar imágenes, ahora teniendo como referencia la experiencia experimental, se sugiere guiar la discusión a que el tamaño de la imagen depende de la posición del objeto al espejo, entonces un objeto colocado antes del foco del espejo cóncavo originara una

imagen de mayor tamaño, si se coloca entre el foco y el centro de curvatura la imagen originada seria de mayor tamaño e invertida hacia abajo, si la imagen esta después del centro de curvatura seria de menor tamaño e invertida hacia abajo, cuando está el objeto en el centro de curvatura del espejo o el foco sus imágenes son invertidas hacia abajo, de menor tamaño en el primer caso y de mayor tamaño y con la misma orientación que el objeto en el segundo caso.

Si el espejo es convexo las imágenes siempre serán de menor tamaño y no cambiaran de orientación con relación al objeto.

Para terminar esta parte de reflexión en los espejos se debe hacer claridad si las imágenes generadas son virtuales o reales, para tal fin se puede usar un cuaderno como pantalla, para explicar mediante la práctica que si las imágenes se pueden recoger en el cuaderno son reales de lo contrario serán reales, además se pueden reconocer en el trazado de rayos las virtuales por que necesitan algún tipo de prolongación de sus rayos notables.

5-*SÍNTESIS Y EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS*

Esta parte se debe llevar a los instrumentos y objetos que el hombre fabrica y utiliza como por ejemplo:

-Antenas parabólicas.

-Estufas solares.

-Seguridad con los espejos en los supermercados.

-Satélites.

-Reflectores.

-micrófonos.

ANEXO K: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES.

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS

GUIA PARA EL ESTUDIANTE

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE PREDICCIONES - INDIVIDUAL

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

Nombre: _____ Curso: _____

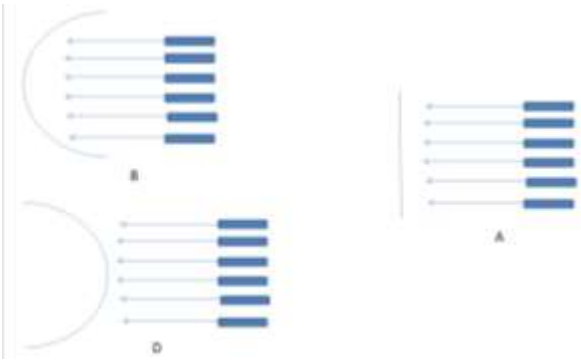
Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Situación uno:



Al iluminar los espejos A, B, C, con varios apuntadores de la misma longitud de onda y desde la misma distancia, se espera entonces que los espejos reflejen la luz.

Predicción

¿Cómo crees que serán la trayectoria de los rayos reflejados en los espejos a, b, c? realiza un dibujo que represente tu idea.

Situación dos.

Se tiene una cuchara, se toma la parte interna de la cuchara y se pone al frente una vela encendida.

Predicciones:

1-¿Cómo esperas ver la imagen de la vela?, haga un dibujo.

2-¿Qué esperas que pases con la imagen de la vela si se acerca o se aleja la vela del espejo?

3-¿Existe algún lugar al frente del espejo donde se coloque la vela, y no halla imagen?

4-¿Cómo crees que será el tamaño de la imagen de la vela en función de la distancia con el espejo?, variaría el tamaño o se mantendría igual, realiza un dibujo de tu respuesta.

Si esta vez, se toma la parte externa del espejo y se pone al frente, la vela encendida, las respuestas de las predicciones anteriores son iguales, o diferentes, de ser diferentes explica con claridad cada diferencia.

ANEXO L: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES.

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS

GUIA PARA EL GRUPO

CLASE INTERACTIVA

HOJA DE PREDICCIONES – GRUPALES

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

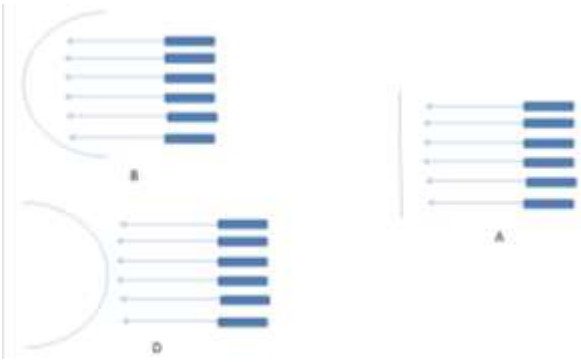
Nombre de los integrantes: _____Curso: _____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, pueden escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA



Al iluminar los espejos A, B, C, con varios apuntadores de la misma longitud de onda y desde la misma distancia, se espera entonces que los espejos reflejen la luz.

.

Predicción

¿Cómo creen que serán la trayectoria de los rayos reflejados en los espejos a, b, c? realicen un dibujo que represente tu idea.

Situación dos.

Se tiene una cuchara, se toma la parte interna de la cuchara y se pone al frente una vela encendida.

Predicciones:

1-¿Cómo esperan ver la imagen de la vela?, hagan un dibujo.

2-¿Qué esperan que pase con la imagen de la vela si se acerca o se aleja la vela del espejo?

3-¿Existe algún lugar al frente del espejo donde se coloque la vela, y no halla imagen?

4-¿Cómo creen que será el tamaño de la imagen de la vela en función de la distancia con el espejo?, variaría el tamaño o se mantendría igual, realicen un dibujo de tu respuesta.

Si esta vez, se toma la parte externa del espejo y se pone al frente, la vela encendida, las respuestas de las predicciones anteriores son iguales, o diferentes, de ser diferentes explica con claridad cada diferencia.

ANEXO M: REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS, FORMATO DE RESULTADOS

REFLEXIÓN DE LA LUZ EN ESPEJOS CURVOS

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE RESULTADOS

Instrucciones: en esta hoja puede escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones y llevarla para su estudio personal después de clase.

1-¿Cómo fue la trayectoria de los rayos reflejados en los espejos a, b, c? realiza un dibujo que represente tu idea.

2-¿Qué paso con la imagen de la vela cuando se acercaba o se aleja del espejo?, realiza un dibujo.

3-¿Existió algún lugar al frente del espejo donde se coloque la vela, y no halla imagen?

4-¿Cómo fue el tamaño de la imagen de la vela en función de la distancia con el espejo?, vario el tamaño o se mantuvo igual.

5-Proponga un esquema que represente los elementos más representativos de los espejos cóncavos y convexos.

6-Proponga un trazado de rayos para representar la imagen de la vela, en diferentes distancias del espejo.

ANEXO N: REFRACCIÓN DE LA LUZ, GUÍA DEL DOCENTE.

REFRACCIÓN DE LA LUZ

GUÍA DEL DOCENTE.

Esta práctica se realiza con el objetivo de que el estudiante comprenda las leyes fundamentales de la refracción de la luz a través de la variación de los ángulos de incidencia y de refracción

MATERIALES

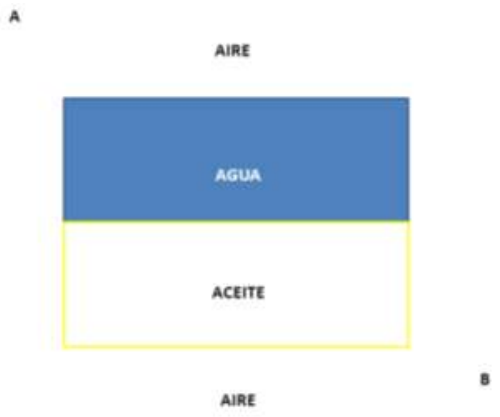
- Agua, aceite.
- Puntero.
- Transportador.
- Regla.
- Papel milimetrado.

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Se tiene un láser encendido en el punto A y se desea apuntar hacia el punto B, que está ubicado detrás de recipientes con agua y aceite.



Predicciones:

1-¿Crees que el haz del láser pueda ir del punto a al punto b?, realiza un dibujo del recorrido.

2-Si el haz de luz que parte del punto a, llegase al punto b. ¿crees que este haz siempre se desplazaría en línea recta, o presentaría otro tipo de trayectoria?, muestra con un gráfico tu respuesta.

Pregunta:

Si se traza una recta perpendicular en cada punto donde el haz del láser empieza a interactuar con cada medio, al comparar los ángulos de incidencias ¿Son iguales?, ¿diferentes?

PREDICCIONES GRUPALES Y PREGUNTAS

Ahora el profesor indica a los estudiantes que discutan las predicciones con sus compañeros de grupo. Terminada la discusión deben resumir las predicciones del grupo y preparar una forma de comunicarlas debidamente justificadas, a toda la clase. Aclarar que esto debe hacerse en la hoja de predicciones del grupo.

3. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Para trabajar la ley de Snell se recomienda, construir experimentos o situaciones que le permitan ver al estudiante partes relevantes del fenómeno, por tal motivo se reconoce la imposibilidad de medir el cambio de velocidades que sufre la luz al pasar por distintos medios, pero hay variables que si se pueden reconocer, como por ejemplo la noción de incide de refracción (con la utilización de medios distintos) y los ángulos de incidencia y de refracción (ángulos que se pueden medir).

Para la realización de la práctica se tiene dos recipientes trasparentes uno con agua y el otro con aceite, además de tener hojas de papel milimetrado con los ejes x, y.

Inicialmente ubicar los puntos A y B (con plastilina), después colocar los recipientes en medio de estos puntos, luego se enciende el apuntador y se ve el fenómeno, se debe colocar el eje junto donde el haz de luz entra y sale de los medios, esto permitirá apreciar y concluir cualitativamente las desviaciones que sufre el rayo al interactuar con diferentes medios.

Para realizarlo de manera cuantitativa, se debe hacer uso de transportador y los ejes, para medir los ángulos de incidencia y de refracción, pudiendo así establecer su dependencia de los medios.

4. RESULTADOS DE LA PRÁCTICA Y DISCUSIONES

1-¿Cómo fue el recorrido del recorrido del rayo de luz por los medios?, realiza un gráfico

2-Al dibujar la recta perpendicular en los medios, el rayo al pasar de medio a medio, se acerca o se aleja de dicha recta.

La idea general es que se oriente la discusión en que el estudiante sea capaz de evidenciar que cuando la luz se propaga por el espacio, en ocasiones atraviesa superficies que están limitadas por medios trasparentes, por ejemplo cuando el rayo de luz paso de aire a agua, o agua a aire son medios ópticamente trasparentes.

Adicionalmente deducir si bien no por el momento la ley de SNELL, si los elementos que la componen a través de la identificación de los distintos medios (dar la noción de índice de refracción) y la medición de los ángulos de incidencia y de refracción permitirá dar claridad

del tema, aunque se recomienda mencionar que pasa con la velocidad de la onda, la práctica no puede estar centrada en esta magnitud por que será difícil medirla.

5-*SÍNTESIS Y EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS*

Para esta parte se debe aprovechar todo lo que se construido del fenómeno de la refracción, se sugiere permitir que los estudiantes resuman lo hecho en la práctica y sobre todo mencionen lo aprendido del fenómeno, después las discusión pueden llevarse a las aplicaciones de la refracción primero si se desea con ondas mecánicas desde ejemplos con las capas geológicas al analizar el comportamiento de las ondas de choques cuando se propagan por distintas capaz, seguidamente el tema servirá para explicar el comportamiento de la luz en las lentes, y su gama de aplicación para el hombre.

ANEXO O: REFRACCIÓN DE LA LUZ, FORMATO DE PREDICCIONES INDIVIDUALES.

REFRACCIÓN DE LA LUZ

GUIA PARA EL ESTUDIANTE

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE PREDICCIONES - INDIVIDUAL

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

Nombre: _____ Curso: _____

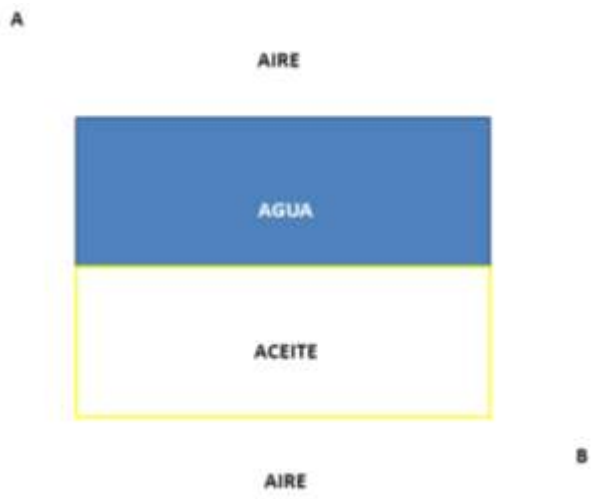
Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Se tiene un láser encendido en el punto A y se desea apuntar hacia el punto B, que está ubicado detrás de recipientes con agua y aceite.

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.



Predicciones:

1-¿Crees que el haz del láser pueda ir del punto a al punto b?, realiza un dibujo del recorrido.

2-Si el haz de luz que parte del punto a, llegase al punto b. ¿crees que este haz siempre se desplazaría en línea recta, o presentaría otro tipo de trayectoria?, muestra con un gráfico tu respuesta.

Pregunta:

Si se traza una recta perpendicular en cada punto donde el haz del láser empieza a interactuar con cada medio, al comparar los ángulos de incidencias ¿Son iguales?, ¿diferentes?

ANEXO P: REFRACCIÓN DE LA LUZ, FORMATO DE PREDICCIONES GRUPALES.

REFRACCIÓN DE LA LUZ

GUIA PARA EL GRUPO

CLASE INTERACTIVA

HOJA DE PREDICCIONES – GRUPALES

Entregue esta hoja cuando sea requerida por el profesor de la clase.

Nombre de los integrantes:_____ Curso: _____

Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, pueden escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

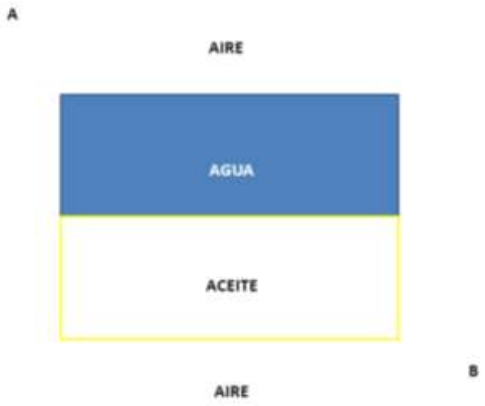
Instrucciones: Esta hoja será recogida en cualquier momento por el profesor de la clase. Escriba su nombre para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Tenga presente que sus predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación. Siga las instrucciones del docente. En la hoja de resultados que se adjunta, puede escribir sus comentarios y llevársela para estudios posteriores.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Se tiene un láser encendido en el punto A y se desea apuntar hacia el punto B, que está ubicado detrás de recipientes con agua y aceite.

Observaciones de seguridad.

Tenga cuidado de no apuntar la luz del láser a los ojos de manera directa o por cualquier tipo reflexión.



Predicciones:

1-¿Crees que el haz del láser pueda ir del punto a al punto b?, realiza un dibujo del recorrido.

2-Si el haz de luz que parte del punto a, llegase al punto b. ¿crees que este haz siempre se desplazaría en línea recta, o presentaría otro tipo de trayectoria?, muestra con un gráfico tu respuesta.

Pregunta:

Si se traza una recta perpendicular en cada punto donde el haz del láser empieza a interactuar con cada medio, al comparar los ángulos de incidencias ¿Son iguales?, ¿diferentes?

ANEXO Q: REFRACCIÓN DE LA LUZ, FORMATO DE RESULTADOS.

REFRACCIÓN DE LA LUZ

CLASE INTERACTIVA DEMOSTRATIVA

HOJA DE RESULTADOS

Instrucciones: en esta hoja puede escribir sus anotaciones, resúmenes y conclusiones y llevarla para su estudio personal después de clase.

1-¿Cómo fue el recorrido del recorrido del rayo de luz por los medios?, realiza un gráfico

2-Al dibujar la recta perpendicular en los medios, el rayo al pasar de medio a medio, ¿Se acerca o se aleja de dicha recta?