



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

## **MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

### **FACULTAD DE CIENCIAS**

**UNA VISIÓN INTEGRAL PARA LA FÍSICA EN EL BACHILLERATO  
ELEMENTOS DE LA DIVULGACIÓN EN LA ENSEÑANZA FORMAL**

# **TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

## **MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (FÍSICA)**

PRESENTA:

**CARLOS ALBERTO VILLARREAL RODRÍGUEZ**

**DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA DEL PILAR SEGARRA ALBERÚ<sup>1</sup>**  
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

**DRA. SUSANA OROZCO SEGOVIA<sup>1</sup>**

**DRA. MIRNA VILLAVICENCIO TORRES<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

***Dedicado***

*A mis padres, hermano, familia, amigos, colegas, profesores y alumnos, quienes hicieron aportaciones varias para la culminación de este proyecto de vida, además de estimular mi desarrollo profesional.*

---

## **Agradecimientos**

**A mis padres, María Esther y José Luis.** Por inculcarme los valores y principios que me permitieron desarrollarme en todos los aspectos de mi vida. Por brindarme tanto palabras de aliento como consejos durante el desarrollo y culminación de este proyecto. Y, sobre todo, por mostrar con el ejemplo el valor y amor a la profesión de docente.

**A mi hermano Luis.** Por ser el cómplice en cada una de nuestras aventuras y travesuras. Además de su apoyo incondicional en cada momento de mi vida. Por ayudarme a desarrollar algunos de los materiales que se usaron para las actividades experimentales.

**A Diana con amor.** Por comprender y aguantar mis cambios de humor durante mi estancia en la maestría. Por tus palabras de aliento cuando más lo necesité y que me permitieron culminar este trabajo. Pero, sobre todo, agradezco que formes parte de mi vida y me permitas ser parte de la tuya. Te amo.

**A la Dra. Pilar Segarra.** Por la dedicación, apoyo y consejos aportados al desarrollo de este trabajo. Por los conocimientos que aportó con pasión a mi desarrollo profesional y por mostrarme el valor de la investigación en docencia. Por ser el ejemplo de un docente que busca mejorar el aprendizaje de sus estudiantes. Gracias por aceptarme como tesista (a pesar de que quería correr al de las empanadas) y brindarme su sincera amistad.

**A mis tíos.** Por los regaños y consejos que aportaron y seguirán aportando a mi desarrollo como profesionista y ser humano.

**A mis primos.** Por la confianza depositada en mí y considerarme como un ejemplo a seguir. Espero verlos pronto cumplir con sus metas y objetivos, recuerden que siempre estaré alentándolos y apoyándolos.

**A mis amigos y colegas de la maestría.** Por el apoyo mutuo que nos brindamos durante nuestra formación.

**A la Dra. Mirna Villavicencio y a la Dra. Susana Orozco.** Por sus valiosas contribuciones durante las sesiones del comité tutorial y las revisiones a este trabajo. Por ser parte de mi formación en la maestría y enseñarme una manera distinta de ejercer la enseñanza de la Física.

**A las Dras. Yesenia Arredondo y Glinda Irazoque.** Por las sugerencias y valiosos comentarios proporcionados durante la revisión de este trabajo.

**A mis alumnos y ex alumnos** de Física III y IV del CCH Oriente, quienes indirectamente me ayudaron a probar y mejorar este trabajo, además de darme la satisfacción de saber que una clase desarrollada en el contexto expuesto logró captar su atención y hacer que asistieran a clase por gusto.

**A la Universidad Nacional Autónoma de México** quien ha sido mi alma mater desde Iniciación Universitaria, gracias por permitirme la oportunidad de obtener una educación de calidad. Además de abrirme las puertas en el **CCH Oriente y Facultad de Ciencias**, para ejercer la actividad de docente y así poder retribuir algo de lo que he obtenido.

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca proporcionada para realizar los estudios de maestría.

# Índice

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Propuesta</b> .....	<b>5</b>
Propósitos de esta investigación docente .....	9
Herramientas de la divulgación dentro del aula de clase.....	9
Implementación de la propuesta .....	11
Procedimiento .....	12
Evaluación de la propuesta .....	14
Evaluación de los aprendizajes.....	14
<b>Óptica</b> .....	<b>16</b>
Sesión 1 Experimentos impactantes de reflexión y refracción.....	16
Sesión 2 Formación de imágenes reales y virtuales en lentes convergentes. ....	28
Sesión 3 Deducción y empleo de la ecuación de lentes delgadas .....	35
Sesión 4 Construcción del modelo simplificado del ojo .....	44
Sesión 5 Imágenes múltiples y diagramas de formación de imágenes en espejos esféricos .....	51
Sesión 6 Espectroscopía y show de filtros .....	56
Bibliografía .....	63
<b>Cuerpo rígido</b> .....	<b>64</b>
Sesión 1 Experimentos de centro de masa .....	64
Sesión 2 Deducción del centro de masa .....	71
Sesión 3 Experimentos de torca .....	75
Sesión 4 Equilibrio rotacional y traslacional y la torca .....	81
Sesión 5 Experimentos de conservación del momento angular .....	84
Sesión 6 Relación entre parámetros lineales y angulares .....	90
Bibliografía .....	94

<b>Resultados .....</b>	<b>95</b>
Comparación entre grupos.....	98
Autoevaluación de los alumnos.....	99
Evaluación del profesor.....	103
Opiniones sobre el desarrollo del curso .....	106
Consideraciones finales .....	109
<b>Referencias .....</b>	<b>111</b>
<b>Anexo 1 Óptica .....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo 2 Cuerpo rígido .....</b>	<b>172</b>
<b>Anexo 3 Glosarios .....</b>	<b>209</b>
Términos para óptica .....	210
Términos para cuerpo rígido .....	211

# Resumen

En el presente trabajo se describe una propuesta didáctica que busca modificar la actitud negativa de los estudiantes de bachillerato hacia los cursos de física, la cual se acentúa debido al uso excesivo de herramientas matemática, que por lo general favorece el aprendizaje memorístico de esta asignatura y genera que el interés del estudiante se centre usualmente en acreditar más que en aprender. La propuesta actual pretende a partir de experimentos sorprendentes como los de las ferias de ciencias dentro de un ambiente formal promover la participación activa de los estudiantes en las clases. Los experimentos son hechos y explicados por los alumnos, quienes durante este proceso construyen modelos explicativos, los cuales son probados por los mismos estudiantes en diferentes situaciones, para acercarse gradualmente al modelo científico existentes. La introducción de los elementos teóricos necesarios para que los alumnos ajusten sus modelos intuitivos se realiza empleando, entre otras, diferentes situaciones experimentales, trabajo en grupos pequeños, lluvia de ideas, discusión en plenaria, exposición del profesor. Esto les permite comprender, deducir, aplicar y comparar los modelos matemáticos de la física más allá de la memorización de fórmulas. El logro de la propuesta radica en la participación e interés de los estudiantes, lo que resulta en un aprendizaje y comprensión de la asignatura.

# Abstract

In this work, it is presented a methodology that seeks to modify the negative attitude of high school students towards physics courses. It seems that their bad position for this science is accentuated due to the excessive use of mathematical tools, which usually favors rote learning of this subject and causes that the interest of the student focus on being promoted rather than in learning. The current proposal aims to promote the active participation of students in classes using surprising experiments such as those of science fairs. The big difference is that these experiments are developed in school formal environment, they are carried out and explained by the students, which construct explanatory models during this process. Models are tested by students in different situations, to gradually approach to the existing scientific model. The introduction of concepts and other the theoretical elements necessary to regulate intuitive models is done using different experimental situations, small groups work, brainstorming, large group discussion, teacher's presentation. This allows them to understand, deduce, apply and compare the mathematical models of physics beyond learning formulas by heart. The achievement of the proposal lies in the involvement of students, being interested, they participate actively and construct correct conceptual meanings thorough peer discussion; all these resulting in subject learning and understanding.

# Introducción

---

Física es una de las materias con mayor tasa de deserción y reprobación en el bachillerato, posiblemente por el alto nivel de abstracción (propio de esta ciencia), superior al estadio cognitivo de los estudiantes, la falta de interés de éstos en la educación científica y la forma de abordar los temas por parte de muchos docentes.

El rechazo a la educación científica inicia desde el hogar, pues sus familiares les enseñan que la física es compleja debido a que a ellos nunca les gustó. Además, la mayoría de la población tiene la noción de que está bien no saber de física, o de ciencia en general, ya que estos conocimientos son solo para “genios” o “eruditos” (Mayer, 2011; Solbes, Montserrat & Furió, 2007). Esta es una concepción errónea, que se sustenta desde los test para determinar el IQ, que están enfocados en medir la habilidad lógico-matemática de las personas y no consideran que existen diferentes habilidades (inteligencias múltiples).

El desagrado por la física es reforzado por las clases tradicionales, donde se utiliza como único recurso didáctico la clase magistral, por lo cual la clase se enfoca a la exposición oral o escrita del docente. Los profesores son los únicos que hablan, empleando un lenguaje especializado con un enfoque teórico demasiado abstracto, con un formalismo matemático elevado para el estudiante, dando por hecho que los jóvenes dominan las bases matemáticas y comprenden el lenguaje. Todo esto favorece la memorización y dificulta el aprendizaje significativo.

El uso excesivo de los elementos matemáticos en las clases, en vez de ayudar a los alumnos, los acompleja y los lleva a pensar que la física es únicamente una aplicación de las matemáticas. Esto sólo da como resultado que los jóvenes se bloqueen y continúen con el rechazo a la Física. Aunado a esto, la forma de evaluación suele estar centrada en resolución de problemas, o más bien ejercicios, que requieren únicamente la memorización de procedimientos y fórmulas (“formulazo-problema”), sin necesidad de comprender el contexto de éstas y los

principios físicos involucrados, olvidando que la física busca establecer leyes para describir la naturaleza usando como lenguaje las matemáticas (Byun, & Lee, 2014).

Como profesores debemos recordar que la física es una ciencia experimental, por tanto, es indispensable la experimentación para comprender el comportamiento de la naturaleza y así establecer modelos que la describan. Un error común en los cursos de bachillerato es dejar a un lado el trabajo en el laboratorio, o experimental, que además suele separarse de las clases teóricas; esto lleva a los alumnos a pensar que no están relacionados entre sí. Las actividades tipo “receta”, donde los alumnos no tienen que hacer nada más que seguir el procedimiento indicado y llegar a los resultados expuestos, no exhiben la complejidad de una ciencia experimental.

Otro factor que induce que los jóvenes no se interesen en estudiar física es la falta de contextualización en las clases, lo que provoca que los alumnos no entiendan cómo relacionar el conocimiento adquirido con su vida cotidiana, por lo que suelen preguntar ¿para qué sirve estudiar física? Esto significa que la asignatura no es relevante para ellos, ni le encuentran utilidad alguna.

Además, existe un prejuicio hacia la física y la química, pues debido a la desinformación científica se las ve como culpables de la contaminación y el desarrollo de armamentos más que de ayuda a la sociedad. Por lo tanto, los alumnos no pueden conectar los contenidos de la clase con alguna aplicación útil en su vida cotidiana y, en consecuencia, se quejan de la forma de dar clase de los profesores pues no logran incentivarlos. Por todo lo expuesto anteriormente, el interés de muchos de los alumnos se enfoca más en acreditar la asignatura que en comprenderla.

Bajo la convicción de que la contextualización es una excelente herramienta para atraer el interés de los estudiantes, ésta constituye una de las bases para el desarrollo de los temas analizados en esta Tesis. Para mostrar las diferentes aplicaciones en la vida diaria que tiene la física, se puede relacionar cada uno de los temas contenidos con otras asignaturas. El hacer esta relación demanda un gran esfuerzo para el profesor, ya que la formación recibida en las licenciaturas del área

de físico matemáticas y las ingenierías se prioriza el contenido especializado, no a relacionarlo con la vida cotidiana y tampoco a dar clase.

Como medida para motivar la educación científica de los jóvenes, fuera de las escuelas, han surgido diferentes eventos de divulgación (noche de las estrellas, cinvesniños, Feria de ciencias y humanidades, etc.) en los que se emplean actividades, juegos, aparatos novedosos y obras de teatro, entre otras cosas, en las que se habla de ciencia en un lenguaje más cotidiano y sin ecuaciones. Este tipo de eventos capta la atención de los jóvenes que asisten por interés propio. Sin embargo, aquellos que son enviados por los profesores llegan a estos eventos con bajo o nulo interés y sólo piensan en obtener un documento probatorio de que asistieron; esto último se equipara con los alumnos a los que sólo le interesa la calificación, no el conocimiento.

Por otro lado, algunos divulgadores, que pueden ser muy buenos expositores, se preocupan en muchos casos, más por hacer la actividad vistosa que por el contenido científico que pretenden explicar de esta manera, la actividad puede quedar solo como un juego o acto de magia, sin lograr el objetivo de la divulgación (acercar el conocimiento científico al público general). Hay que recalcar que no toda la responsabilidad es del presentador y, es frecuente, que el único momento en el que tiene la atención del público es cuando los sorprende con un "truco" científico, por lo cual no hay tiempo de profundizar en la explicación.

El presente trabajo desea llevar al aula actividades con el atractivo de aquellas realizadas en eventos de divulgación, pero llegando a la explicación y formalización de los conceptos para lograr la construcción de modelos explicativos de la física dentro de un contexto de educación formal. Además, se busca mostrar a los alumnos que la Física está presente en la vida cotidiana, mientras se despierta su curiosidad analítica con experimentos, sin ser estos sólo una forma de entretenimiento, sino que se motiva a que ellos mismos hagan preguntas sobre los fenómenos que se presentan para poder analizarlos. Este proceso favorece el pensamiento científico y desarrolla habilidades de orden superior como la abstracción, identificación y relación de variables, así como la argumentación,

necesarios en la física. Los docentes debemos propiciar en los alumnos un aprendizaje vivencial a través de una metodología de aprendizaje por descubrimiento guiado o indagación, usando experimentos en clase que se relacionen con la teoría y guiarlos para generar modelos cada vez más cercanos a los científicos.

# Propuesta

---

Antes de iniciar cualquier curso hay que preguntarse cuál es el objetivo del mismo, cuáles son los conceptos principales que desarrollar, qué estrategias se utilizarán para promover el aprendizaje y, finalmente, cómo evaluar que el aprendizaje ciertamente se logró. Estas preguntas son más complejas de lo que se puede pensar. Muchos profesores ni siquiera se las imaginan y se limitan, al menos en el caso del bachillerato, a resolver problemas de sustitución o a realizar demostraciones.

Reflexionando sobre cómo aprendí física en secundaria y bachillerato, en la ENP 2, me doy cuenta de que, a pesar de mi interés por la asignatura, no tuve un profesor capaz de cautivarme con algún experimento interesante o sorprendente. Las clases, al igual que muchas de las de ahora, sólo eran la exposición de fórmulas y la resolución de problemas para obtener un resultado del que no conocía su significado.

La problemática expuesta en el párrafo anterior es generalizada, no sólo en México, como se puede ver en la bibliografía, de donde destaco las ideas que parecen guiar la enseñanza de la física de manera consciente o no de gran parte de docentes, (Solbes, Montserrat & Furió, 2007; Arandia, Zuza, & Guisasola, 2016, Osborne, Simon, & Collins, 2003; Madsen, Mckagan, & Sayre, 2015; Trumper, 2006):

- Los modelos matemáticos son más importantes que los modelos físicos.
- No hay interpretación física para las ecuaciones.
- Saber física es igual a reproducir y manipular fórmulas para obtener un dato numérico en un “problema”.
- No se requieren habilidades críticas o reflexivas hacia la ciencia, basta seguir una receta.
- Los experimentos que fundamentan las teorías surgieron de mentes brillantes.

Esto puede ser el resultado de una práctica docente deficiente, donde los profesores siguen un libro de texto y lo reproducen en sus cursos, y su práctica está limitada al enfoque del autor del libro.

Otra falla en la educación científica que se imparte a través de las clases tradicionales es el empleo de una comunicación unidireccional que sitúa al profesor como el emisor de la información y al alumno como el receptor de la misma, sin permitir o generar una discusión sobre los temas, pues se enseñan los conocimientos científicos como verdades absolutas e indiscutibles, que en general contradicen las ideas previas de los alumnos por lo que estos optan por memorizar sin comprender, lo que les impide adueñarse de la información de manera significativa (Pozo & Gómez-Crespo, 1998; Colin, Chauvet, & Viennot, 2002; Williams, Gerace & Dufresne, 2002).

Lo expuesto anteriormente indica que, como profesores de física, estamos realizando algo mal, pues no logramos generar un aprendizaje significativo, limitando al alumno al enciclopedismo (Viennot, 2008).

Para evitar este error en la forma de concebir a la física, en esta Tesis se propone un método de enseñanza centrado en el desarrollo de modelos físicos (Gutiérrez, 2014; Halloun, 2007; Justi, 2007) a través de experimentos realizados y explicados por los estudiantes (en equipos), para posteriormente pasar a la formalización de los modelos empleando el lenguaje adecuado (conceptos). Esta estrategia busca relacionar la teoría, los ejercicios y experimentos en la misma clase, pues no están “peleados” entre sí como lo menciona Gil *et al* desde el año 76. Para cambiar la actitud de los alumnos, en muchos casos la sesión empieza como un “acto de magia” que realmente es el reto para explicar al finalizar el tema (Villarreal & Segarra, 2017).

Las actividades experimentales no son prácticas de receta (Nivalainen, Asikainen, Sormunen & Hirvonen, 2010) que en lugar de interesar a los alumnos, los aleja de una comprensión real de los fenómenos, debido a que siguen instrucciones, toman los datos indicados y no se analizan los resultados obtenidos.

Los experimentos de esta propuesta están diseñados para proceder de manera inductiva (de lo concreto a lo general). Se anima a los estudiantes a responder preguntas y a contrastar sus respuestas con los resultados experimentales, propiciando la libertad de probar sus hipótesis al no limitarlos a una guía. Posteriormente, los equipos en plenaria exponen su procedimiento y control de variables para estructurar una explicación del experimento. Durante este desarrollo el profesor enfoca las ideas principales e identifica los conceptos involucrados a través de una discusión guiada, para construir el modelo físico. Este proceso, identificado actualmente con la indagación, favorece el desarrollo del pensamiento científico y habilidades de análisis, síntesis y reflexión (Crujeiras & Jiménez-Aleixandre, 2015; Garritz, 2010; Chernicoff & Echeverría, 2012).

Por otro lado, es indispensable contextualizar la física con fenómenos cotidianos o situaciones de interés para los alumnos, o con otras asignaturas, para utilizarla como motivación y así lograr que los estudiantes aprendan a dar una explicación física a situaciones comunes en su vida o de interés propio. De esta manera, la física cobra sentido como algo útil y presente en su vida.

Todo lo expuesto en las páginas anteriores puede resumirse en los siguientes objetivos de aprendizaje:

- Fomentar habilidades de investigación, síntesis y redacción para reforzar los conocimientos que los alumnos han adquirido en las asignaturas de *Talleres* (de lectura y redacción), para recalcar la importancia de dichas habilidades en todas las áreas del bachillerato.
- Profundizar el conocimiento de los alumnos sobre investigaciones o trabajos relevantes en la física, el impacto de éstos en la sociedad y la contribución de los mismos en el desarrollo del conocimiento científico.
- Trabajar la organización del conocimiento para permitir una exposición clara y concisa de la información relevante.
- Generar una atmósfera en la que los alumnos se arriesgan a exponer sus ideas sin temor a equivocarse al propiciar una comunicación bidireccional del alumno al profesor y del profesor al alumno.

- Favorecer el análisis conceptual de situaciones cotidianas para facilitar la resolución de problemas.
- Proporcionar estrategias de resolución de problemas.
- Promover la participación de los alumnos en actividades del área de ciencias experimentales.

Este trabajo se sustenta en el **socio-constructivismo** (Scott, 1998), pues el alumno es el constructor de su aprendizaje, mientras que el maestro es un guía que facilita la construcción activa del conocimiento, mediante experimentos en pequeños grupos centrado en el **aprendizaje por descubrimiento guiado o indagación** y **aprendizaje entre pares**. Esta propuesta emplea el **modelo inductivo** (Eggen & Kauchak, 2009) generando preguntas que sirvan de guía para dirigir el pensamiento de los alumnos y así puedan comprender y explicar con sus propias palabras los conceptos clave, al ser conscientes de las experiencias obtenidas al realizar los experimentos y discutir con sus compañeros los resultados obtenidos.

Es importante recalcar a los alumnos que en física se debe tener una visión crítica, que permita diferenciar entre el sentido físico y matemático. Esto hace referencia a que en las fórmulas que se estudian en el curso se debe comprender el sentido físico que éstas implican que es el lenguaje de la física y que deben tener cuidado de no hacer una manipulación matemática sin sentido. Un ejemplo ilustrativo puede ser  $F=ma$ , donde, suponiendo masa constante, una fuerza produce una aceleración, pero una aceleración no produce una fuerza, por ejemplo, si te interpones al camino de una pelota de baseball que puede ir acelerada o a velocidad constante, la pelota al interactuar con la persona es quien ejerce la fuerza de contacto. Porque las fuerzas de contacto son interacciones entre cuerpos.

La propuesta didáctica es capaz de ajustarse a cualquier tema de Física en el bachillerato, donde se muestre a los jóvenes la utilidad de estudiar física mientras se divierten.

## Propósitos de esta investigación docente

- Mostrar que se pueden emplear elementos de la divulgación en la educación formal y lograr un cambio de actitud hacia la física, así como un aprendizaje significativo.
- Modificar la actitud que se suele tener hacia la física.
- Favorecer la comprensión más allá de la manipulación de ecuaciones.
- Promover la participación de los alumnos.

## Herramientas de la divulgación dentro del aula de clase

Un factor determinante en la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje es lograr captar y estimular el interés de los estudiantes. En el caso particular de la Física, esto resulta bastante complejo, pues, debido a experiencias previas de los alumnos con esta asignatura, los lleva a tener poco o nulo interés en ella. Sin embargo, eventos como las ferias de ciencias, entre otros, cuyo objetivo es exhibir fenómenos científicos a partir de experimentos, juegos o como actos de magia suelen despertar el interés del público.

La propuesta desarrollada en este trabajo busca adecuar ciertas herramientas de la divulgación en la educación formal, con el objetivo de captar la atención de los alumnos, además de estimular su interés por la Física. Como lo expone García-Molina (García-Molina, 2011), emplear adecuadamente la ciencia recreativa apoya el proceso de enseñanza-aprendizaje, debido a que resulta un recurso magnífico tanto para introducir, como discutir fenómenos y conceptos propios de materias científicas. Reynoso (Reynoso, 2000) afirma que se pueden emplear recursos de propios de la divulgación como complemento en la enseñanza formal, sin olvidar que los materiales fueron diseñados para el público en general, por lo cual sus objetivos pueden no estar ligados al sistema escolarizado. Sin embargo, considera que tanto la divulgación de la ciencia y la enseñanza formal son tareas complementarias cuya labor es contribuir al desarrollo de una cultura científica.

Reynoso expone que los objetivos de la divulgación son los siguientes.

- *Informar a la población sobre hechos recientes ocurridos en el mundo de la ciencia y la tecnología.*
- *Cerrar el abismo entre el público y la comunidad científica.*
- *Generar un ambiente más propicio para la investigación.*
- *Atraer a más jóvenes hacia carreras científicas y técnicas, contribuyendo a la continuación de la comunidad científica.*

Uno de los recursos de la divulgación es emplear actividades tipo taller, que involucren al público en el desarrollo y explicación de experimentos sorprendentes, por lo cual se favorece una comunicación directa con los asistentes. La implementación de estas actividades es una de las bases que se busca adaptar dentro de la enseñanza formal, ya que uno de los objetivos de este trabajo es fomentar la participación de los alumnos durante el desarrollo de los temas.

Los talleres de divulgación buscan atraer la atención del público empleando experimentos visuales elaborados con materiales cotidianos que permitan exhibir la relación de la ciencia con la vida cotidiana. Para ello es importante que las explicaciones sean concisas, acertadas y en un lenguaje cotidiano, que permita resaltar los conceptos físicos.

Tomando lo anterior como punto de partida, las herramientas de la divulgación que se retoman como base para este trabajo son las siguientes:

- Involucrar a los estudiantes en el desarrollo y manipulación de los experimentos.
- Proceso de validación entre pares.
- Empleo de un lenguaje no especializado.
- Contextualizar el conocimiento científico.

Estos elementos de la divulgación tienen el objetivo de detonar el interés de los estudiantes en los temas de Física, al fomentar la construcción de modelos a partir del aprendizaje por descubrimiento guiado. Sin embargo, este tipo de actividades

no necesariamente permite llegar a la formalización. Por lo cual, al finalizar la implementación de estos elementos se recurre al modelo de integración, para poder introducir los modelos matemáticos y formalizar al lenguaje científico.

## Implementación de la propuesta

---

Se trabajaron dos temas en las prácticas docentes: óptica y cuerpo rígido. Lo correspondiente a óptica se desarrolló en las prácticas docentes 1 y 3, cursadas durante la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, con dos grupos propios. Con la finalidad de contrastar los resultados, se aplicó también a grupos de otros profesores. En la práctica docente 1 se probó en dos grupos vespertinos y uno matutino. La práctica docente 3 se realizó con dos grupos matutinos.

La práctica docente 1 se aplicó a 84 alumnos, 27 en el grupo propio, 31 en el matutino y 26 en el vespertino. La práctica docente 2, se aplicó únicamente en el grupo propio a 27 alumnos. La práctica 3 se aplicó a 33 alumnos en el grupo propio y 24 en un grupo de otro profesor. Las edades de los estudiantes oscilaron entre los 16 y 19 años.

Los temas de óptica se han desarrollado desde años anteriores, pues forma parte de la propuesta que se ha trabajado con los estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM desde el 2015, junto con la Dra. Segarra. Se realizaron adecuaciones, para hacer énfasis en el uso de estrategias de divulgación en la educación formal, núcleo de esta propuesta. Con la finalidad de ver la pertinencia de esta idea para diferentes temas, la práctica docente 2, se realizó desarrollando el tema de sistemas de cuerpo rígido únicamente con el grupo propio; por el desfase de temas con los otros profesores.

# Procedimiento

---

Para que los alumnos logren desarrollar la capacidad de analizar un fenómeno físico, inicialmente deben experimentar algo que llame su atención por ser inesperado, una vez que se encuentran motivados tratan de comprender lo que ocurre, para ello elaboran un modelo inicial del fenómeno. Este modelo inicial surge de manera espontánea (modelo intuitivo) a partir de lo que observan, por lo cual es una representación esquemática que contiene las propiedades y cualidades relevantes del fenómeno (Justi, 2007, Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2008).

Los estudiantes deben reproducir el experimento bajo diferentes condiciones, para lograr identificar las posibles causas del fenómeno y determinar cuáles de ellas son las variables más importantes. Esto les permitirá identificar regularidades, que les servirán para determinar inicialmente reglas de funcionamiento, que usarán en la elaboración del modelo físico para describir el fenómeno observado. Durante la formalización estas reglas de funcionamiento se generalizan a las leyes de la Física (Gutiérrez, 2014 y 2017).

Usando los conocimientos adquiridos, se introduce el modelo matemático, para que los alumnos puedan resolver problemas comparando los resultados obtenidos con los predichos por la teoría física, para que puedan determinar errores en el desarrollo de los mismos. Esto les permite desarrollar habilidades de análisis y resolución de problemas (Ceberio, Guisasola, & Almudi, 2005).

Algunos de los experimentos empleados en esta propuesta cumplen el objetivo de ser el detonante para captar la atención de los alumnos, aunque al inicio no tengan las bases para poder explicar dichos experimentos.

Al realizar un experimento, los alumnos tratan de dar una predicción relacionada con lo observado. Aprovechando esto, mediante la discusión en plenaria se puede identificar el concepto clave y proporcionarles los elementos teóricos para que los agreguen a su explicación y así construyan un modelo físico para explicar el

fenómeno. De esta forma, al final podrán usar los conceptos físicos en la explicación de diversos fenómenos; por ejemplo, en la descripción de modelos biológicos, en particular para la propuesta del ojo.

Para lograr que los alumnos adquieran los conocimientos y puedan explicar los conceptos con sus propias palabras se pretende que al realizar los experimentos ellos trabajen los siguientes elementos.

- Exploración: Exhibe las características más interesantes o que resaltan del fenómeno durante la actividad experimental. Esto permite formar conceptos que servirán para determinar reglas generales para elaborar el modelo físico que describe el fenómeno observado.
- Identificación de variables: Ayuda a generar un pensamiento formal, porque se dejan guiar por los elementos más vistosos.
- Predicción: Explicitar ideas que pueden ser correctas o no desde el punto de vista científico.
- Ejecución: Ayuda a confrontar hipótesis sobre el fenómeno, para favorecer el aprendizaje.
- Explicación: Fomenta la autorregulación de ideas al expresarse y ayuda a determinar limitaciones.
- Discusión grupal: Permite a los alumnos concebir que cada persona tiene una perspectiva diferente y ayuda a generalizar sus ideas al exponer las limitaciones de sus modelos.

Como no hay un método único, también se puede usar el ciclo de enseñanza predecir-observar-explicar conocido generalmente como POE (Sokoloff, Laws & Thornton, 2007), que está enfocado para grupos numerosos, donde quien realiza el experimento es el profesor y en el caso particular de esta estrategia es el experimento detonante. La estrategia consiste en dar una predicción relacionada con los materiales o el experimento, una vez visto éste se solicita a los alumnos la

explicación, poco a poco se les proporcionan los elementos teóricos para que los incorporen en su explicación. Esto conlleva el análisis y comprensión del experimento, así como la incorporación de la terminología involucrada.

## Evaluación de la propuesta

---

Siguiendo la metodología de investigación-acción (Colmenares, & Piñero, 2008), la propuesta se fue ajustando a lo largo de las tres prácticas docentes, lo que permitió una adecuación constante. Al finalizar cada práctica, el análisis de las evidencias ayudó a generar una nueva planificación o afirmar la pertinencia de las metodologías empleadas. Para complementar la visión del autor se utilizó en cada aplicación un cuestionario (*evaluación alumno-profesor*) que mostrará las opiniones de los estudiantes respecto a la metodología.

Como uno de los objetivos del cambio de metodología es generar comprensión más allá de la memorización sin perder el atractivo por la clase, es importante la evaluación de los aprendizajes logrados. A continuación, se muestran los tipos de evaluaciones utilizadas para determinar si estos son significativos.

## Evaluación de los aprendizajes

---

La capacidad de resolver problemas no muestra la comprensión conceptual de los temas, pues favorece un aprendizaje superficial y memorístico de las fórmulas, sin embargo, usar problemas que requieran de un análisis conceptual fomenta el uso de los aprendizajes obtenidos y exhibe las concepciones de los alumnos para

resolver la situación (Byun & Lee, 2014; William, Gerace & Dufresne, 2002; Truyo & Gangoso, 2010)

La evaluación de los aprendizajes no debe realizarse únicamente con un examen final, pues debe ser un proceso continuo, que pueda reflejar el conocimiento adquirido por los alumnos. Por lo anterior, se emplearon las siguientes formas de evaluación, consistentes con el modelo del CCH: diagnóstica, formativa y sumativa.

- Diagnóstica: Conocer ideas previas y conocimientos previos de los alumnos para poder adecuar la clase a ellos y valorar el avance de cada uno.
- Formativa: Dar seguimiento a los aprendizajes logrados por los alumnos y detectar deficiencias en la comprensión de los temas, para tomar medidas pertinentes que ayuden a mejorar su aprendizaje.
- Sumativa: Determina si los objetivos de aprendizaje se lograron. Algunos profesores la suelen confundir con el hecho de asignar una calificación.

Como complemento a lo anterior, se utiliza también la autoevaluación.

- Autoevaluación: Exhibe el esfuerzo y logros que los alumnos perciben haber realizado durante el curso.

# Óptica

---

La intención de los divulgadores es hacer conscientes a las personas sobre su relación con la ciencia. Para ello, necesitan atraer la atención del público con experimentos sorprendentes. Esta propuesta toma como punto de partida una serie de experimentos que motivan y atraen a los alumnos, ya que son ellos quienes manipulan en todo momento los materiales, a diferencia de la divulgación donde la mayoría de los experimentos son demostrativos.

En este capítulo se muestra la planeación didáctica de óptica con ajustes surgidos de los resultados de las Prácticas Docentes I y II, cursadas a lo largo de la MADEMS-Física.

## Física IV Unidad 2. Sistemas Ópticos

### Sesión 1 Experimentos impactantes de reflexión y refracción

#### PROPÓSITOS

- Identificar fenómenos ópticos presentes en la vida cotidiana.
- Describir el comportamiento de la luz a través del estudio de los fenómenos de refracción y reflexión.
- Entender y aplicar la ley de Snell.
- Construir los conceptos de reflexión, refracción e índice de refracción a partir de observaciones experimentales.

A diferencia de lo que se planteó en la primera Práctica Docente, finalmente, el examen diagnóstico (**Anexo 1.1**) consistió en un cuestionario (formulario de Google) que los alumnos debían responder en línea. Lo anterior sirvió para reconocer las ideas previas de los alumnos sobre algunos de los conceptos de óptica. Para iniciar

la sesión se realiza una discusión guiada en plenaria donde los alumnos exponen sus respuestas a las preguntas.

Para involucrar activamente a todos los estudiantes se establecen módulos o estaciones de trabajo (“Feria de las Ciencias” nombre dado por un alumno), con diferentes experimentos de refracción y reflexión. Se proporciona una explicación global sobre cada uno de los experimentos, sin limitar a los alumnos a una guía para realizar las actividades, por lo cual pueden experimentar lo que consideren necesario para comprender mejor el fenómeno. Es importante que el profesor no señale que los experimentos están relacionados con la reflexión y refracción, pues son los estudiantes quienes deben identificar que hay dos fenómenos involucrados en los experimentos. Los alumnos rotan por las estaciones observando los fenómenos, discutiendo las ideas iniciales y sus posibles explicaciones (es decir, sus hipótesis).

Las ideas iniciales deben asentarse por escrito en las bitácoras de cada uno de los integrantes del equipo. Para probar sus explicaciones deberán elaborar hipótesis y realizar los diversos experimentos delimitando las variables involucradas.

En el descubrimiento guiado o indagación, los alumnos son los responsables de realizar y explicar los experimentos. Para el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, el profesor, pasa por cada una de las mesas haciendo preguntas que ayuden a los alumnos a centrar sus ideas. La literatura nos indica la importancia de las preguntas que realiza el profesor para aplicar el método de indagación (Eggen & Kauchak, 2009). Este modelo favorece la construcción de modelos intuitivos para que los estudiantes logren comprender y explicar con sus propias palabras los conceptos clave en la construcción del modelo físico.

Cabe resaltar que se establecieron más estaciones que equipos de alumnos, debido a que durante las prácticas docentes fue posible observar que algunos alumnos son más rápidos que otros al realizar los experimentos, por lo cual se aburrían al tener que esperar. El último grupo con el que se trabajó estaba constituido por 33 alumnos, divididos en 6 equipos, igual al número de mesas disponibles en el aula. Así pues, se colocaron 9 estaciones de trabajo.

Al finalizar esta sesión se realiza una discusión guiada para construir las definiciones de los conceptos involucrados y clasificar los experimentos de refracción y reflexión. Tomando como base las observaciones realizadas por los alumnos, se introduce la representación esquemática de la ley de Snell, en función de los experimentos de índice de refracción, para poder establecer qué sucede cuando la luz atraviesa de un medio de mayor a menor índice de refracción y viceversa. Posteriormente, se enuncia la representación matemática. Para apoyar la generalización de la información se proporcionan enlaces a simuladores que les permiten modificar los índices de refracción y los ángulos de incidencia; con esto pueden observar que en muchos casos se presenta simultáneamente los fenómenos de reflexión y refracción, así como el comportamiento de la ley de Snell bajo diferentes condiciones para ejemplificar el ángulo límite.

Utilizando los resultados anteriores se hace énfasis en que al no haber cambio de medio a lo largo del camino de la luz se presenta únicamente el fenómeno de reflexión, que se retomará en sesiones posteriores. Se guía a los estudiantes a deducir la ley de la reflexión a partir de esta consideración en la ley de Snell.

### **Breve descripción de los experimentos**

En una estación se colocó un espejo plano, de menor tamaño que una hoja carta, pegado al pizarrón y se les pidió a los alumnos pensar sobre qué se debería hacer para observarse de cuerpo entero en ese espejo y cómo llegaron a esa idea. Los alumnos tratan de explicar que el salón no es lo suficientemente grande para poder verse de cuerpo entero. Esta idea surge debido que al observar a los compañeros que se encuentran al final del salón casi pueden verlos de cuerpo completo. Como complemento de esta actividad se pide a los alumnos escribir una palabra o frase sobre un acetato y colocarlo de frente al espejo para leerlo de forma correcta por su reflejo. Esto sorprende a los alumnos, ya que el acetato al ser transparente se puede leer correctamente con o sin el espejo. La intención es mostrar que la luz viaja en línea recta, además de introducir la diferencia entre objeto y observador.



Imagen 1: Si me alejo me veo completo.

En otra estación se colocaron espejos cóncavos y convexos. El objetivo de la estación era que los alumnos observaran cómo se modifica la imagen que observan en diferentes espejos al tener objetos cercanos y lejanos. Se asombraron particularmente con los espejos cóncavos ya que, en palabras de los estudiantes, pueden ver “dos tipos de imágenes”, una invertida y reducida y la segunda sin inversión y amplificada. Además, con el espejo esférico al acercar el dedo observan que éste sale del espejo y dicen que pueden tocarlo. Durante el desarrollo de esta actividad se cuestiona a los estudiantes sobre dónde han notado que se usan estos tipos de espejos y cuál es la razón de su uso. Hay alumnos que saben o están aprendiendo a manejar, por lo cual explican que los espejos convexos son los que se usan en los autos, ya que proporcionan un mayor campo visual. También comentan sobre la leyenda en los espejos “objects in the mirror are closer than they appear”. Las chicas del grupo comentan que uno de los espejos empleados en la actividad se conoce como espejo de maquillista y que se usa para amplificar el rostro y facilitar la aplicación del maquillaje.



Imagen 2: Espejos cóncavos y convexos.

En otra mesa, había láminas metálicas que pueden curvarse. Tenían que observar su imagen con diferentes curvaturas y decidir qué espejo les gustaría para su habitación y explicar el por qué. La discusión de los alumnos es que a cierta curvatura se pueden ver más delgados, por lo que para ellos ese es el espejo perfecto. Esta actividad generó una discusión sobre la casa de los espejos y el tipo de espejos que hay en las tiendas departamentales, pues una alumna comenta haber notado que en las tiendas suele verse mejor la ropa que se prueban, lo que le causo curiosidad y al buscar información sobre ello encontró que en estos lugares no hay espejos planos.

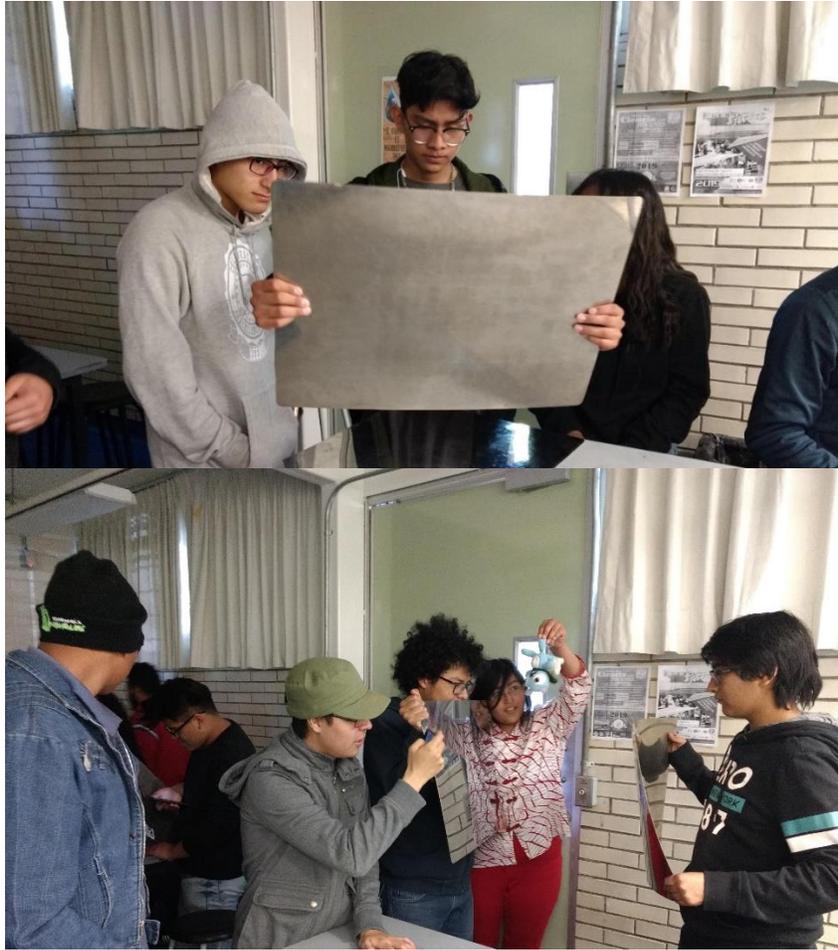


Imagen 3: Se deforma mi imagen.

En la siguiente estación había una botella de plástico perforada, un toallero (como analogía a una fibra óptica), una caja transparente de acrílico con agua y dos láseres. El objetivo aquí era que los alumnos observaran el fenómeno de reflexión interna total de diferentes maneras. Se pide a los alumnos iniciar con el toallero y la botella perforada. Las preguntas detonantes son: ¿cuál es la trayectoria que sigue la luz dentro de la caída de agua?, ¿esta trayectoria es igual a la que sigue el haz de luz dentro del toallero si ambos son transparentes?, ¿por qué no los atraviesa el haz? La mayoría dice que el agua sigue una trayectoria curva al salir por el orificio, por lo cual el rayo se adapta a ella, así que sucede lo mismo con el toallero, pero no logran explicar por qué la luz queda encerrada en las situaciones anteriores. Posteriormente se da la indicación de dirigir el láser a diferentes ángulos respecto de la caja de acrílico llena de agua y explicar lo que observaban, una vez realizado

esto se preguntó sobre qué deberían hacer para que la luz quedara encerrada dentro del agua. Estos experimentos ayudaron a mostrar experimentalmente la refracción y ángulo límite.

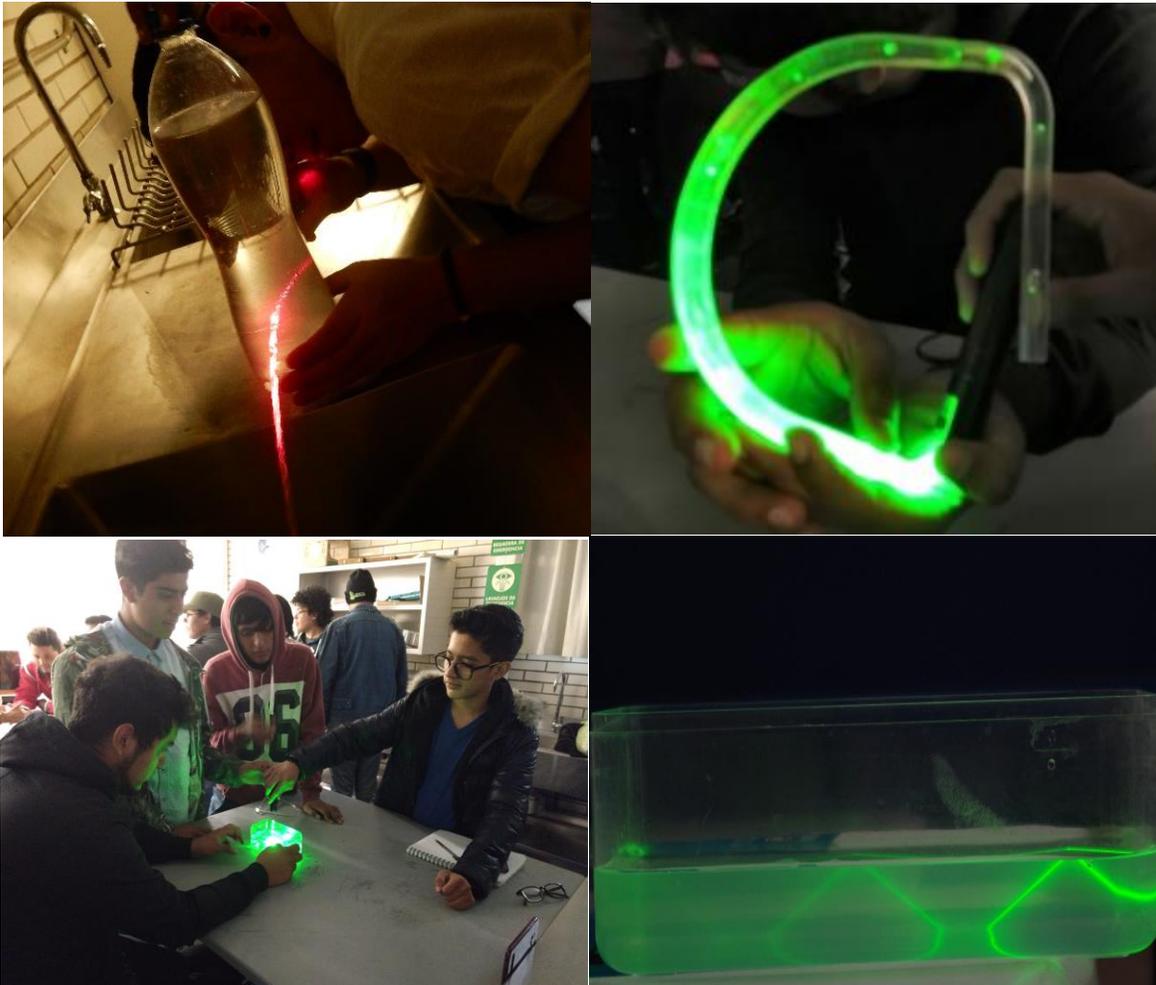


Imagen 5: La luz está encerrada.

En otra mesa había dos botellas transparentes de vidrio llenas con bolas de hidrogel, una de ellas también contenía agua y un recipiente transparente lleno de bolitas de hidrogel con un juguete dentro. La indicación para esta estación fue indagar qué contenía cada botella, una vez que se percataron que había bolas de hidrogel en las dos, se les pidió reflexionar sobre el por qué no las notaron inicialmente en la botella que tenía agua y qué deberían hacer para observar el juguete sin sacarlo del recipiente. El objetivo de estos experimentos era introducir el concepto de índice de refracción. En esta estación los alumnos no podían creer

que las bolas de hidrogel no se pudieran ver a simple vista y trataban de justificar esto argumentando que están hechas de agua. El reto del juguete no era desconocido para algunos de los alumnos, quienes dijeron haber visto en un video de YouTube que se debe agregar agua al recipiente, pero no entendían el por qué.



Imagen 6: ¿Por qué no veo las bolas de hidrogel?



Imagen 7: Apareció un oso.

En las siguientes tres estaciones se colocaron el doble espejo cóncavo, la pirámide “holográfica” y la cámara oscura. Aquí se solicitó explicar qué tipo de imagen era la que observan en los experimentos, determinar si es el mismo tipo de imagen y

explicar cuál es la diferencia entre ellas. Estos experimentos tenían como objetivo introducir los conceptos de imagen real y virtual, además de explicar que estos experimentos no forman hologramas. Sin embargo, todos los alumnos decían que tanto en el doble espejo cóncavo como en la pirámide se forman hologramas. En particular, el doble espejo cóncavo es el que más les agrada de esta serie de actividades, ya que les sorprende observar el cochinito y no poder agarrarlo, razón que dicen ser suficiente para afirmar que es un holograma.



Imagen 8: Agarra el cerdito.



Imagen 9: Los hologramas flotan.



Imagen 10: Camina de cabeza.

En la última estación se colocó una lámpara con rejilla, para simular rayos paralelos de luz, además de diferentes prismas y espejos para que los alumnos pudieran observar cómo se desvía la luz al interactuar con los materiales de la mesa.

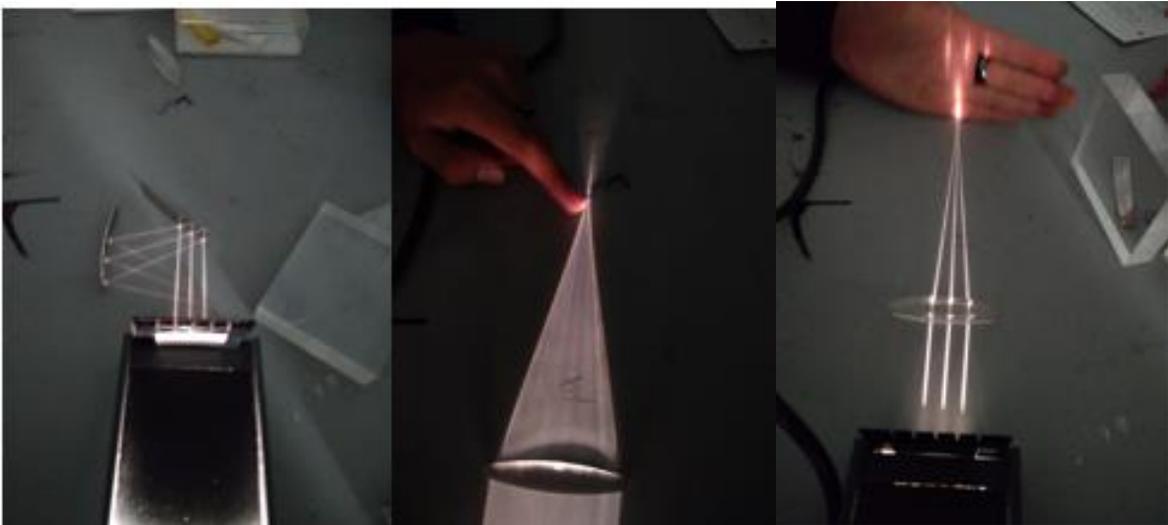




Imagen 11: Lámpara con rejilla.

Estos experimentos se usaron como detonantes para poder captar la atención de los jóvenes, pues la mayoría de ellos no podían explicar lo que observaban. El propósito de realizar esta sesión era mostrar fenómenos que podrán explicar al finalizar la unidad, pues ese día no se dio explicación a ninguno de ellos.

Con la finalidad de realizar una evaluación formativa que permita a los alumnos reafirmar los conceptos vistos en clase, se deja la lectura de “Reflexión y Refracción de la Luz” de la página FísicaLab<sup>1</sup> y ver el video “FISICA: Refracción de la luz”<sup>2</sup>. Para hacer un resumen de los experimentos realizados. En el **Anexo 1.2** se muestran dos ejemplos del trabajo realizado por los estudiantes. Otro cambio respecto a la primera aplicación fue que la redacción de la explicación de los experimentos se dejó como tarea de esta sesión.

---

<sup>1</sup> [https://www.fisicalab.com/apartado/reflexion-refraccion-luz?fbclid=IwAR0t55ayw2x-0s0fQ6nfMWTwuOtG-UN8JePQvFOk7-WgO8P-nAV1EPi7z\\_8#contenidos](https://www.fisicalab.com/apartado/reflexion-refraccion-luz?fbclid=IwAR0t55ayw2x-0s0fQ6nfMWTwuOtG-UN8JePQvFOk7-WgO8P-nAV1EPi7z_8#contenidos)

<sup>2</sup> [http://www.educaplus.org/luz/refraccion.html?fbclid=IwAR2C1hMqNZUMDIOrxzSLogg5O7ntEAIKhJWoR6u7hbtVjAgu3OiPhXG\\_Wdg](http://www.educaplus.org/luz/refraccion.html?fbclid=IwAR2C1hMqNZUMDIOrxzSLogg5O7ntEAIKhJWoR6u7hbtVjAgu3OiPhXG_Wdg)

## MATERIAL DE APOYO

### Simuladores

1. “Espejo plano”  
<https://www.geogebra.org/m/UfqDbcfs>
2. “Óptica geométrica, espejo plano”  
<https://www.geogebra.org/m/wFcCW9DV>
3. “Refracción de la luz”  
[http://www.educaplus.org/luz/refraccion.html?fbclid=IwAR2C1hMqNZUMDIOrxzSLogg5O7ntEAiKhJWoR6u7hbtVjAgu3OiPhXG\\_Wdq](http://www.educaplus.org/luz/refraccion.html?fbclid=IwAR2C1hMqNZUMDIOrxzSLogg5O7ntEAiKhJWoR6u7hbtVjAgu3OiPhXG_Wdq)
4. “The Refraction Interactive”  
[https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Refraction-and-Lenses/Refraction/Refraction-Interactive?fbclid=IwAR3p6uzB0ueHf\\_ToSi2dV2Z9SbeRXaC793xKW9h5ZKKM9JEWmfk2Gtg-rNY](https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Refraction-and-Lenses/Refraction/Refraction-Interactive?fbclid=IwAR3p6uzB0ueHf_ToSi2dV2Z9SbeRXaC793xKW9h5ZKKM9JEWmfk2Gtg-rNY)

### Video

1. “FISICA: Refracción de la luz”  
[https://youtu.be/\\_MVvkc0mHC4](https://youtu.be/_MVvkc0mHC4)

## Sesión 2 Formación de imágenes reales y virtuales en lentes convergentes.

### PROPÓSITOS

- Clasificar las lentes en divergentes y convergentes.
- Definir los conceptos de foco o punto focal, distancia focal, imagen real y virtual.
- Explicar la formación de imágenes a partir de la posición del objeto respecto a la distancia focal.

En la sesión anterior se solicitó a cada uno de los estudiantes llevar una lupa para realizar algunas de las actividades de manera individual, de esta forma la mayor parte del tiempo no tienen que esperar a que se desocupe el material. Esto permite mantener la motivación de los alumnos, pues cada uno de ellos puede realizar los experimentos y no solo observar lo que hacen sus compañeros, además, favorece la discusión de ideas entre los integrantes del equipo. Se proporciona una explicación global sobre las actividades a realizar, para no limitar a los alumnos y así pueden experimentar lo que consideren necesario, con la guía del profesor al generar preguntas que centren las ideas. Esta sesión tiene por objetivo caracterizar las lentes convergentes y divergentes, así como permitir a los alumnos comprender y definir la imagen real y virtual.

Se inicia con una lluvia de ideas para determinar los conocimientos previos de los alumnos sobre tipos de imágenes que conocen y dónde las observan, para que los empleen en la descripción de sus ideas, lo que les permitirá determinar el límite de validez de estas al realizar los experimentos. Al discutir sobre la imagen virtual, los alumnos suelen describir que son el tipo de imágenes que se observan en una pantalla o dispositivos electrónicos en general.

Como cierre de la sesión se recalca la importancia de los experimentos argumentando que un experimento es una prueba controlada cuyo propósito es

analizar, si, bajo ciertas condiciones, se puede provocar un fenómeno. Finalmente, se retoman los resultados para determinar y construir los conceptos involucrados en la actividad a través de una discusión guiada. Al identificar cuándo se obtuvieron imágenes reales o virtuales en las actividades, se pide a los alumnos establecer una generalización para la formación de estas imágenes en la lente convergente en función de  $F$  (distancia focal) y  $2F$  (doble de la distancia focal).

### **Breve descripción de los experimentos**

La primera actividad inicia preguntando para qué sirve una lupa y si puede reducir en lugar de amplificar. Las respuestas concuerdan en que las lupas permiten amplificar objetos que no vemos a simple vista, por lo cual no pueden reducir lo que observamos. A continuación, se solicita observar objetos cercanos y lejanos empleando sus lupas (lente convergente) y la lente proporcionada por el profesor (divergente), determinar las principales diferencias en las imágenes que observan y explicar si son de diferentes tipos. Los alumnos inicialmente explican que pueden observar dos tipos diferentes de imágenes, unas invertidas que clasifican como virtuales, mientras que las reales son las que no se invierten. El conflicto surge cuando tratan de explicar por qué observan reducción o amplificación de los objetos, sin embargo, logran establecer que esto está en función de la cercanía del objeto a la lente.



Imagen 12: Las lupas no solo amplifican. El cuarto cuadro fue tomado por un alumno, quien estaba admirado de que la cabeza estuviera separada del cuerpo y rotada.

Posteriormente, se pregunta sobre qué se requiere para proyectar una imagen y si podrían hacerlo con sus lupas. Los alumnos dicen que se requiere un proyector como los del cine o del salón y que éstos funcionan con energía eléctrica, por lo cual será imposible proyectar con sus lupas. Una vez que terminamos la exposición de las ideas se pide formar la imagen de la ventana o puerta utilizando las lupas, proyectando hacia la pared. Para ello se indica que deben acercar la lupa hacia la pared hasta detectar una imagen nítida y medir la distancia entre la pared y la lente. Este experimento les sorprende, ya que logran proyectar una imagen reducida, invertida, a color y en movimiento.



Imagen 13: Formación de la imagen de la ventana.

Se solicita repetir lo anterior usando ahora la lente divergente y explicar por qué no se logra proyectar una imagen. Al principio los alumnos no logran establecer una explicación coherente sobre sus resultados. Sin embargo, al retomar el experimento de la sesión anterior, donde se observa el cambio de trayectoria de la luz al atravesar diferentes prismas y lentes, recuerdan que una de las lentes concentra los rayos (convergen) en un punto y otra los separa (divergen). Al introducir estas palabras, los alumnos pueden clasificar sus lupas como lentes convergentes y la proporcionada por el profesor como divergente.

Antes de pasar a la siguiente actividad, se realiza la pregunta detonante; ¿por qué puedo quemar una hoja usando una lupa? Con los conceptos anteriores los estudiantes explican que la lupa concentra la luz del sol en un solo punto, por lo cual la energía del sol hace que se queme la hoja. A continuación, se pide buscar una hoja seca para quemarla fuera del salón y medir la separación entre la hoja y la lente a la que se logra. Algunos alumnos se preguntan ¿por qué tiene que ser seca y no una verde?, por lo cual deciden buscar una y ver que pasa al tratar de quemarla, quedan sorprendidos al ver que tardan más en poder quemar esta hoja.



Imagen 14: Medición de la distancia focal.

Se realiza un análisis y discusión sobre la comparación de las distancias a la que se observa la imagen nítida y donde se quema la hoja. Estos valores llagan a cambiar hasta en 5 cm para algunas lupas. Lo anterior tiene el objetivo el definir el concepto de distancia focal.

Al regresar al salón se pone como reto a los alumnos proyectar sobre una pantalla blanca algún objeto. Inicialmente la discusión que se genera en los equipos es si debe estar iluminado el objeto o no. Una vez que se dan cuenta que es necesario que haya más luz, dirigen la luz del celular a la lupa, lo que forma la sombra del objeto. La discusión los dirige a la conclusión que el objeto debe reflejar o emitir la luz, con la duda de cómo refleja la luz si no es espejo. Posteriormente, se concluye que un buen objeto a emplear es el celular con la pantalla al máximo brillo.

Se solicita formar una imagen ampliada, reducida y del mismo tamaño que la pantalla del celular. Se sugiere tomar como referencia  $F$  y múltiplos de ella, para guiar las ideas. Se proporcionan unos minutos para que los estudiantes puedan establecer un diseño del experimento a realizar. Sin embargo, no logran proyectar fácilmente una imagen nítida, ya que cambian la posición de la lente o mueven al

mismo tiempo el celular y la pantalla blanca. Para evitar los errores anteriores se explica que deben considerar el manejo de variables, mientras una permanece constante la otra se modifica. Hay que propiciar a los alumnos una reflexión sobre qué es lo que hay que medir y cuáles son variables y cuáles constantes, con el objetivo de facilitar el desarrollo de la actividad.

Para terminar la sesión se pide a los alumnos exponer sus resultados en plenaria, para generalizar los resultados y establecer las zonas donde se logran imágenes amplificadas, reducidas y del mismo tamaño del objeto. Para poder completar la explicación anterior, los jóvenes deben definir con sus propias palabras los conceptos de imagen real y virtual, además de distancia focal.

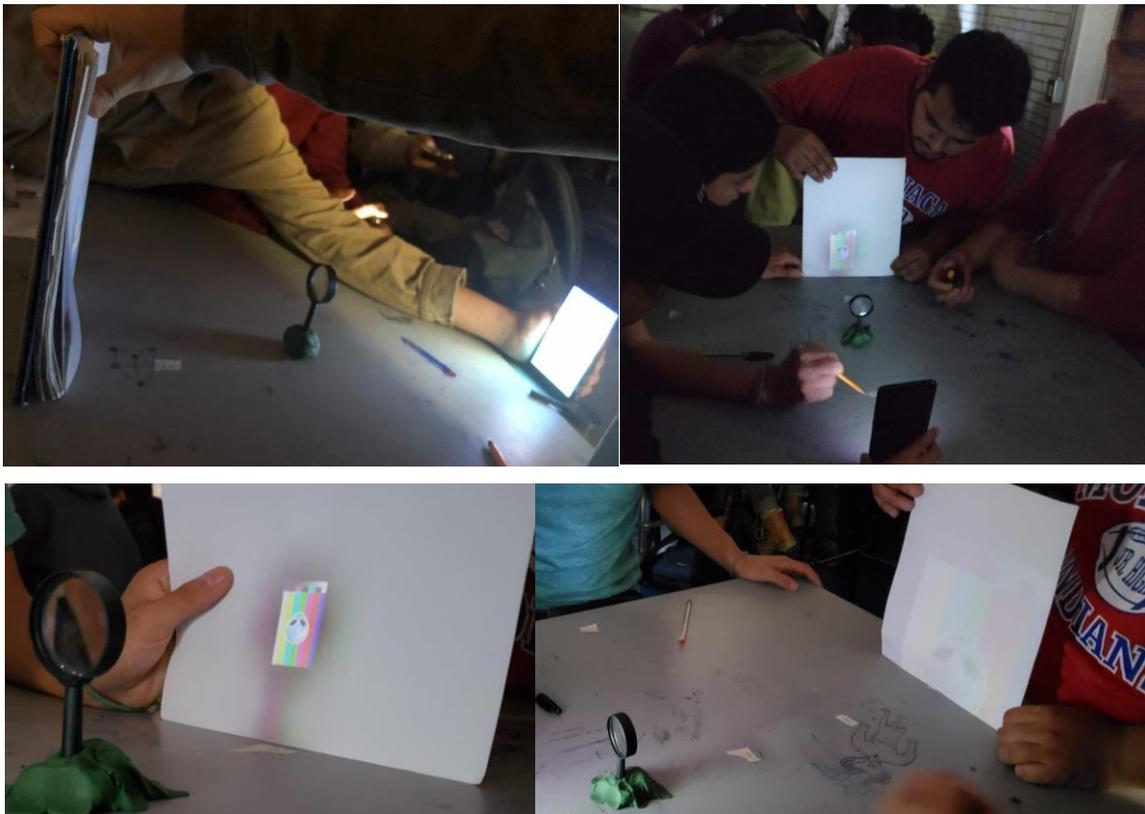


Imagen 15: Formación de imágenes con el celular.

Otro concepto que surge en esta actividad es el de potencia. Aprovechando que los alumnos llevan diferentes lupas se pregunta, ¿qué lupa tiene más potencia?

Inicialmente los alumnos piensan que la lente más grande tiene más potencia, porque permite ver imágenes más grandes. La discusión que se propicia en este momento guía a los alumnos para determinar que la potencia de la lente se relaciona con la distancia focal de ésta. Finalmente, los alumnos concluyen que una lente con mayor curvatura tiene más potencia porque requiere una distancia menor para hacer converger el haz de luz.

Con la finalidad de realizar una evaluación formativa que permita a los alumnos reafirmar los conceptos vistos en clase, se pide redactar un reporte de actividad experimental en equipo. En el **Anexo 1.3** se muestran dos ejemplos de los trabajos entregados. Para trabajar los temas de la siguiente clase, se solicita investigar los diagramas de formación de imágenes en lentes convergentes y divergentes.

## Sesión 3 Deducción y empleo de la ecuación de lentes delgadas

### PROPÓSITOS

- Trazar los diagramas de formación de imágenes en lentes convergentes y divergentes.
- Deducir la ecuación de las lentes.
- Comprender y emplear la ecuación de las lentes en la resolución de problemas.
- Determinar información no evidente del enunciado.
- Interpretar físicamente los resultados numéricos.

La forma de trabajar esta sesión es diferente a las anteriores, pues tiene el objetivo de formalizar la construcción de la teoría, para evitar que los experimentos queden únicamente como un juego. Durante la aplicación de la primera Práctica Docente las sesiones de este estilo causaron conflicto, pues los alumnos perdían gran parte del interés y motivación mostrados en las actividades experimentales, debido a que el profesor retomaba un papel protagónico al introducir los desarrollos y generalizaciones. Con la finalidad de evitar esta pérdida de interés se buscó un modelo que permitiera una participación más activa de los alumnos.

En las sesiones teóricas se emplea el modelo integrativo donde el profesor propicia una discusión con base a las observaciones, resultados y conclusiones obtenidas por los alumnos en las actividades experimentales de la sesión anterior, para construir en conjunto la teoría física. Además de introducir los modelos matemáticos, esta sesión busca promover el análisis e interpretación de los enunciados para determinar información no evidente, favorecer el desarrollo de estrategias de solución de los problemas y la argumentación e interpretación de los resultados con base a los conceptos físicos. Es necesario fomentar el análisis de los enunciados, ya que el problema para resolver ejercicios es que los alumnos no entienden o no saben que les piden realizar, por lo cual no logran emplear adecuadamente las fórmulas. Este modelo permite que los experimentos no se

queden como un juego, sino que se guía de lo recreativo a la formalización de la teoría.

### Breve descripción del procedimiento

Iniciamos con una discusión guiada a partir de la generalización de los resultados obtenidos en la actividad experimental de la sesión anterior. Posteriormente se pide a los alumnos mostrar los diagramas de formación de imágenes que encontraron y se solicita a 6 voluntarios para pasar a trazar los diagramas en el pizarrón, enfatizando el trazo de los 3 rayos principales, por lo cual se emplean diferentes colores para cada uno de estos.

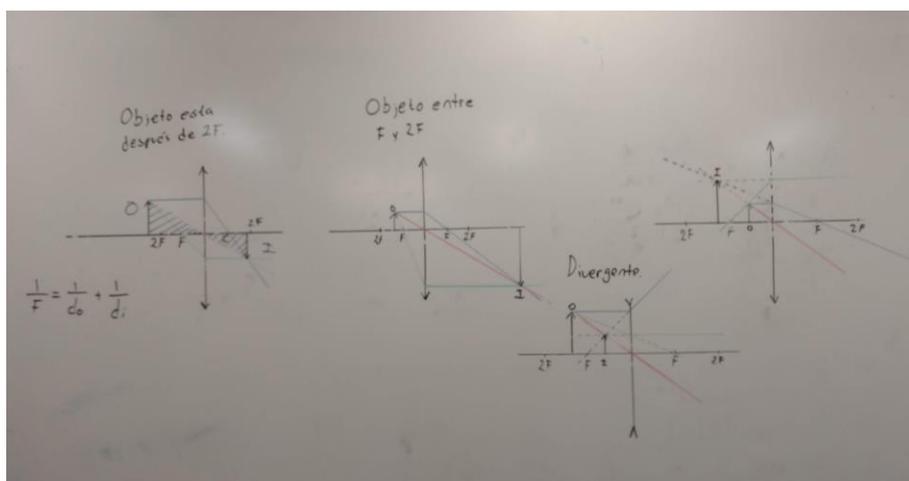


Imagen 16: Diagramas de formación de imágenes realizados por los alumnos en el pizarrón.

A partir de uno de los diagramas y retomando conocimientos de triángulos semejantes se deduce la ecuación de lentes delgadas que se presenta a continuación.

## Deducción de la ecuación de las lentes delgadas

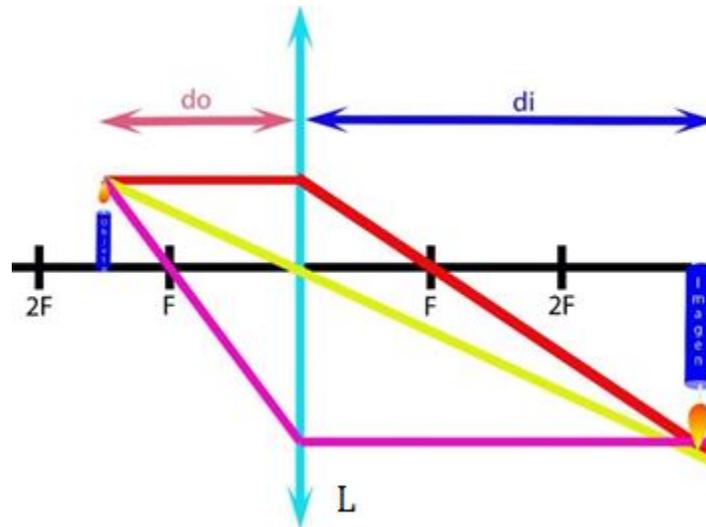


Figura 1: Diagrama de formación de una imagen real.

Donde:

L: Lente.

$d_o$ : Distancia de la lente al objeto.

$d_i$ : Distancia de la lente a la imagen.

O: Tamaño del objeto.

I: Tamaño de la imagen.

F: Distancia focal de la lente.

$2F$ : Dos veces la distancia focal de la lente.

Para poder deducir la ecuación de las lentes hay que hallar pares de triángulos semejantes que se forman en la figura 1.

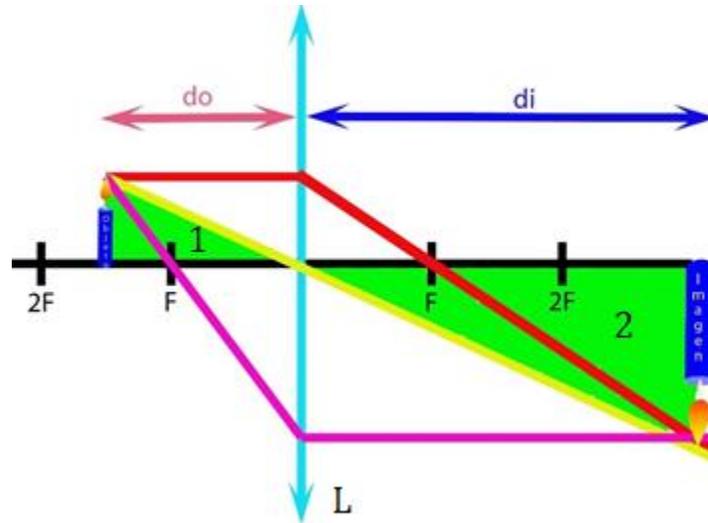


Figura 2: Diagrama de formación de una imagen real. Triángulos semejantes señalados en verde.

De la figura 2 tenemos:

El triángulo 1 de base  $do$  y altura  $O$ . Mientras que el triángulo 2 tiene de base  $di$  y altura  $I$ .

Por semejanza de triángulos se tiene:

$$\frac{I}{O} = \frac{di}{do} \quad (I)$$

Ahora tenemos que encontrar otra pareja de triángulos semejantes.

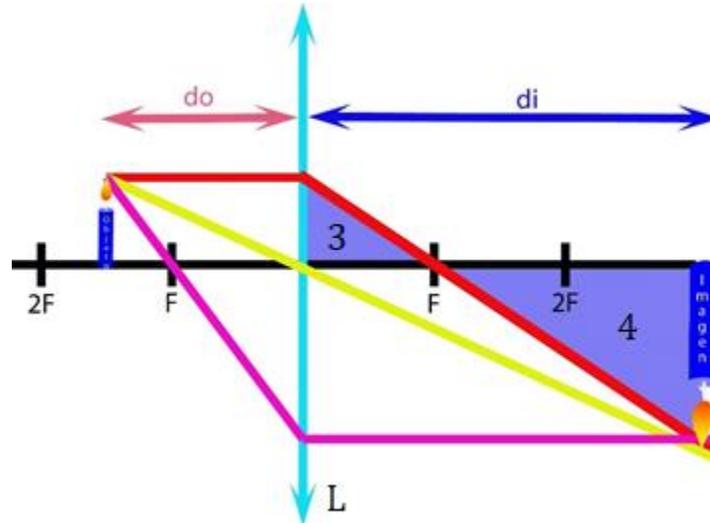


Figura 3: Diagrama de formación de una imagen real. Triángulos semejantes señalados en lila.

El triángulo 3 de base  $F$  y altura  $O$ . Para el triángulo 4 hay que notar que el valor que representa su base no lo conocemos, por lo cual hay que hacer lo siguiente.

Tenemos que:

$$di = f + (\text{base del triángulo 4})$$

$$\Rightarrow \text{base del triángulo 4} = di - f$$

Entonces, el triángulo 4 tiene base  $di - f$  y altura  $I$ .

Por semejanza de triángulos tenemos:

$$\frac{I}{O} = \frac{di - f}{f} \quad (II)$$

De (I) y (II) podemos hallar la siguiente relación.

$$\frac{I}{O} = \frac{di}{do} = \frac{di - f}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{do} = \frac{di - f}{f(di)} = \frac{di}{f(di)} - \frac{f}{f(di)} = \frac{1}{f} - \frac{1}{di}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{do} = \frac{1}{f} - \frac{1}{di}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{do} + \frac{1}{di} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{f} = \frac{1}{do} + \frac{1}{di} \quad (III)$$

donde (III) es la ecuación de las lentes delgadas.

La amplificación se determina con la relación:

$$A = \frac{I}{O} = -\frac{di}{do} \quad (IV),$$

que surge como resultado de la semejanza de los triángulos 1 y 3. La diferencia es que se agrega un signo negativo, ya  $do$  se encuentra en un cuadrante negativo.

Retomando el concepto de potencia se indica a los alumnos que la ecuación que la describe es la siguiente:

$$P [D] = \frac{1}{f [m]}$$

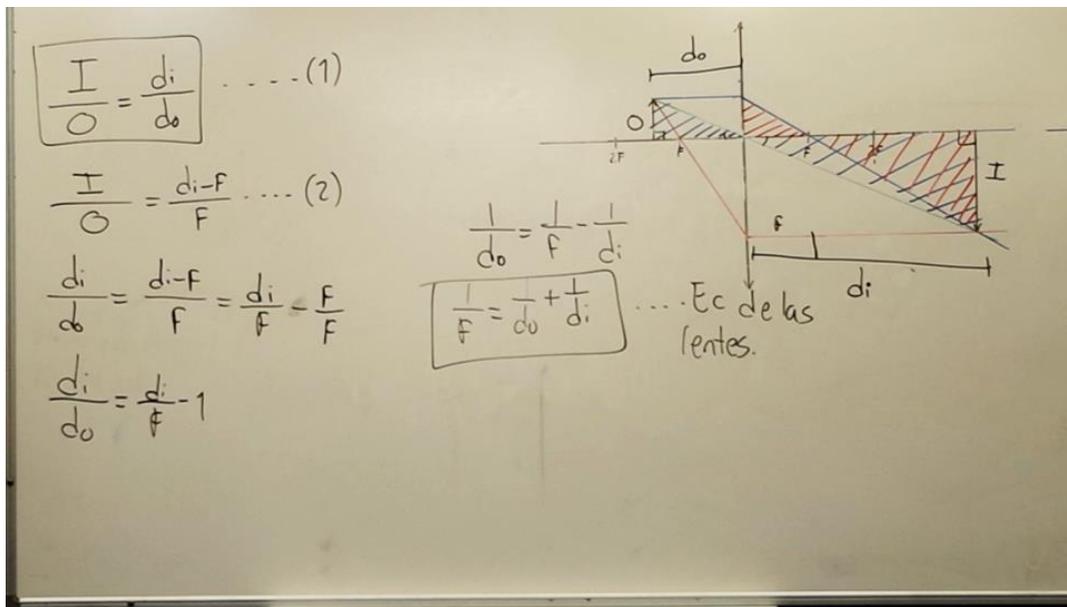


Imagen 17: Deducción de la ecuación de las lentes en el pizarrón.

En conjunto con los alumnos se resuelve un ejercicio para señalar los criterios a considerar para la evaluación de los problemas. También se propicia la discusión y análisis del enunciado a partir de los conceptos aprendidos.

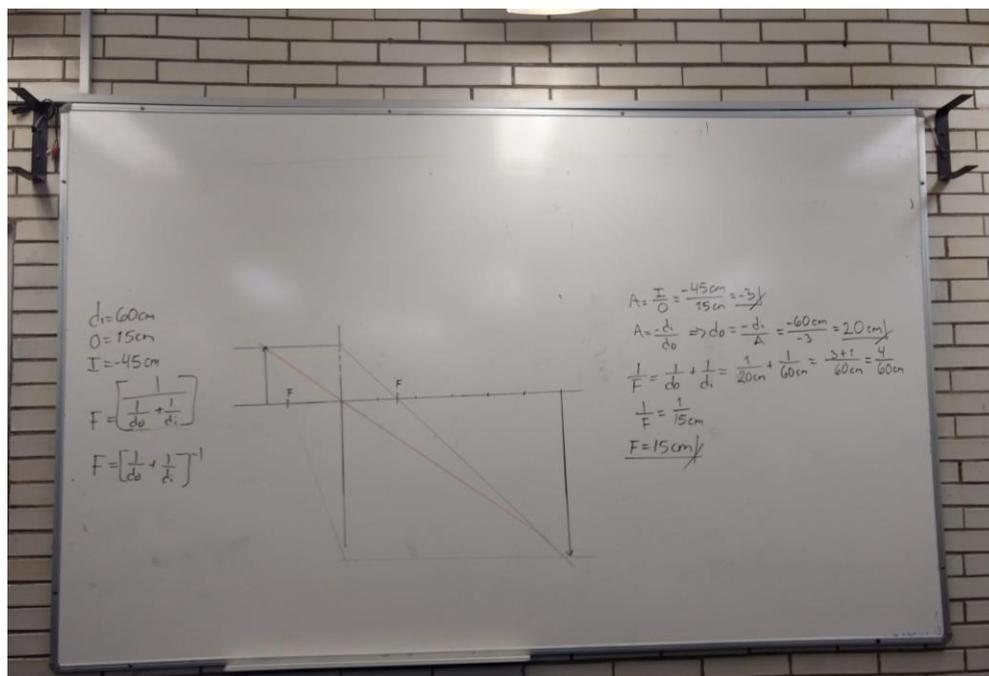


Imagen 18: Problema resuelto en clase.

Para cerrar la sesión y facilitar la interpretación de los signos en la ecuación de las lentes, se pide a los alumnos realizar un cuadro (resumen) que relacione los signos con el tipo de imagen y su orientación, además del tipo de lente.

	Signo	
	+	-
$d_o$	Objeto real (a la izquierda de la lente)	Objeto virtual (a la derecha de la lente)
$d_i$	Imagen real (a la derecha de la lente)	Imagen virtual (a la izquierda de la lente)
$f$	Lente convergente	Lente divergente
O	Objeto derecho	Objeto invertido
I	Imagen derecha	Imagen invertida
A	Imagen derecha	Imagen invertida

Tabla 1: Relación de signos en la ecuación 2 para lentes.

	Imagen		
	Tipo	Orientación	Amplificación
Antes de $f$	Virtual	Derecha	Mayor tamaño
Sobre $f$	no se forma		
Entre $f$ y $2f$	Real	Invertida	Mayor tamaño
Sobre $2f$	Real	Invertida	Mismo tamaño
Después de $2f$	Real	Invertida	Menor tamaño

Tabla 2: Formación de imágenes en lentes.

Se pide a los alumnos que por equipo analicen y resuelvan un problema de lentes como se muestra en el **Anexo 1.4**. Finalmente, se proporciona a los alumnos enlaces a simuladores (ver sección Material de Apoyo – Simuladores) que pueden reforzar el trazo de los diagramas en lentes.

Se pide a los alumnos realizar la lectura del capítulo de óptica del libro “Física para Ciencias de la Vida”<sup>0</sup>, empleando el aula invertida, de manera que para la discusión de la siguiente clase, ya cuenten con algunos elementos de tipo teórico.

## MATERIAL DE APOYO

### Simuladores

1. “Lente Convergente / Divergente (800/600)”  
<https://www.geogebra.org/m/dtV2cJdx>
2. “Lente convergente”  
<https://www.geogebra.org/m/ydsXumeh>
3. “Lente divergente”  
<https://www.geogebra.org/m/BYb3FJGx>
4. “Lentes divergentes. Óptica geométrica”  
<https://www.geogebra.org/m/rKefv9By>
5. “Lentes convergentes”  
<https://www.geogebra.org/m/SQ6jG7Yq>

### Video

1. “FORMACION DE IMAGENES EN LENTES”  
<https://www.youtube.com/watch?v=4TTDpC6yNs0>
2. “Ecuación de lente delgado y resolución de problema | Física | Khan Academy en Español”  
[https://www.youtube.com/watch?v=ZZEpp\\_6STPs](https://www.youtube.com/watch?v=ZZEpp_6STPs)

## Sesión 4 Construcción del modelo simplificado del ojo

### PROPÓSITOS

- Comprender la estructura del ojo.
- Explicar el funcionamiento del ojo como un sistema óptico de dos lentes.
- Establecer el modelo simplificado del ojo.
- Describir la miopía e hipermetropía a partir del punto próximo y remoto.
- Explicar las lentes que corrigen estos problemas de visión.
- Determinar los valores de la potencia del sistema córnea-cristalino en una persona normal.
- Emplear la ecuación de las lentes para resolver problemas de miopía e hipermetropía.

En la primera aplicación de la propuesta antes de la sesión que se expone a continuación, había una sesión experimental para construir un microscopio simple y un telescopio, empleando las lupas que llevaron los alumnos para la sesión de construcción de imágenes. Se decidió eliminar esta sesión ya que los alumnos se perdían en la construcción de los aparatos y el nivel cognitivo está por encima de lo indicado en el programa del CCH. Además, al no obtener un resultado similar a lo esperado perdían el interés.

Para introducir el tema de sistemas de lentes se desarrolla entonces el modelo simplificado del ojo que, por su aplicación previa a estudiantes de primer semestre de la licenciatura en Biología se conoce que despierta gran interés. Casi la mitad de la población usa lentes y están interesados por conocer que es lo que está pasando. Se inicia la sesión con una discusión guiada sobre las respuestas de la primera pregunta<sup>3</sup> del examen diagnóstico y los cambios que harían con lo visto hasta la sesión anterior.

---

<sup>3</sup> Realiza un diagrama (dibujo) indicando los elementos físicos para mostrar cómo vemos. Explica

Al final de la sesión anterior se pidió a los estudiantes leer el texto de Jou Mirabent (Jou, 2009), con la finalidad de que obtuvieran ideas principales sobre el ojo y la clase pudiera realizarse como una discusión y no como exposición del profesor. Este capítulo establece el modelo simplificado del ojo denotando el papel de la córnea, el cristalino y la retina para explicar la diferencia entre un ojo normal, miope e hipermetrope a partir del punto próximo y remoto. Este tema permite contextualizar el ojo como un sistema óptico de dos lentes convergentes, capaz de modificar su potencia.

A partir de la discusión anterior, se introduce el modelo matemático simplificado del ojo, que permite comprender el funcionamiento de ojo humano al considerarlo una sola lente de potencia variable con una forma casi esférica. En conjunto con los alumnos se determina la potencia del sistema córnea-cristalino para el modelo simplificado del ojo, estableciendo un ojo promedio de 2.5 cm de diámetro y una distancia mínima de lectura de 25 cm.

### Breve descripción del procedimiento

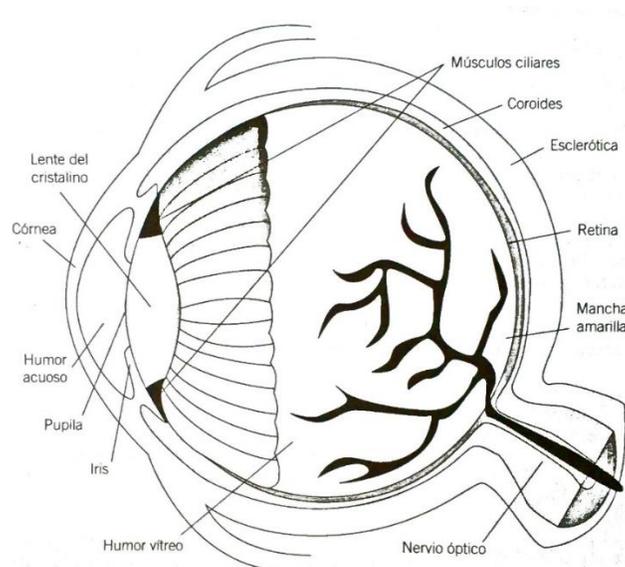


Figura 4: Modelo de ojo y sus partes.

Con el diagrama anterior se explica la fisiología del ojo y se pide a los alumnos, con base en la lectura, describir la función de los elementos indicados. Con la discusión se lleva a los alumnos a tratar de establecer una analogía física empleando los conceptos de óptica vistos hasta el momento. De esta forma, se determina que el ojo es un sistema óptico de dos lentes convergentes (el cristalino y la retina) que forma imágenes reales, invertidas y reducidas en la retina, pero el cerebro es el encargado de interpretar la información para percibirlas sin inversión. La pregunta detonante es: si el ojo es un sistema de dos lentes ¿cómo podemos ver objetos a diferentes distancias?, la cual tiene el objetivo de establecer que el cristalino es una lente flexible que puede cambiar su curvatura.

Para hacer más sencilla la contextualización al ojo, se simplifica a un sistema de una lente y no se considera que la luz tiene un cambio de medio. Se establecen los puntos próximo (distancia mínima de lectura) y remoto (máxima distancia de enfoque) para describir cómo enfocamos objetos a diferentes posiciones y que los defectos de visión más comunes están relacionados con anomalías de dichos puntos. Para simplificar los cálculos se propone un valor de 25 cm para el punto próximo de un ojo normal, mientras que el punto remoto es casi infinito ( $\infty$ ). El texto también propone un tamaño promedio del ojo de 2.5 cm de diámetro, se debe inducir a los alumnos a comprender que esta distancia es la separación de la lente a la pantalla (di), además de la distancia focal (f) del ojo.

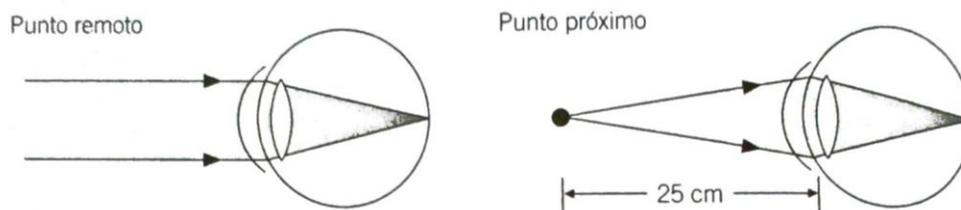


Figura 5: Punto remoto y próximo.

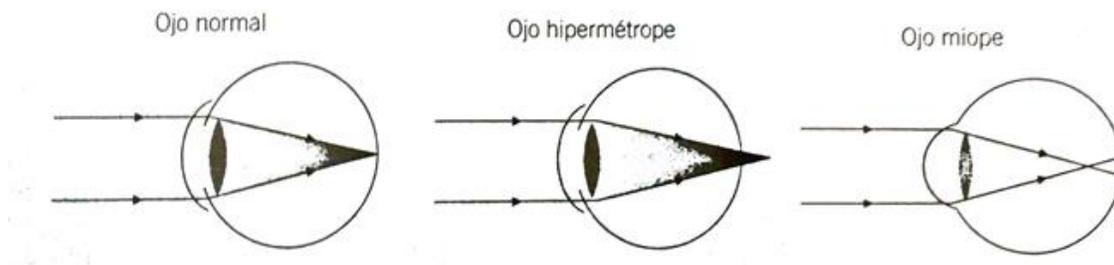


Figura 6: Enfermedades del ojo.

Continuando con las ideas principales de la lectura, a través de una lluvia de ideas se establece que la hipermetropía es un defecto visual que no deja ver objetos cercanos por una falta de potencia, ya que con la edad los músculos ciliares pierden fuerza, por lo cual el cristalino no es capaz de adoptar la suficiente curvatura y la imagen se forma por detrás de la retina.

En términos del modelo simplificado del ojo, se dice que un ojo hipermetrope requiere una distancia de lectura mayor a los 25 cm. La miopía es un problema visual para ver objetos lejanos debido a un exceso de curvatura (mayor potencia) del cristalino o por un diámetro mayor del ojo. Por lo que la imagen se forma antes de la retina. Empleando el punto remoto se establece que un ojo miope tiene una distancia finita y su punto remoto debe ser menor a los 25 cm.

Retomando los conocimientos de los alumnos sobre formación de imágenes se propicia la discusión para determinar el tipo de lente que corrige los defectos visuales.

La hipermetropía necesita una lente convergente que forme imágenes virtuales por detrás del objeto, mientras que la miopía requiere de una lente divergente que forma imágenes virtuales por delante del objeto. Lo anterior se reduce como: la hipermetropía es una falta de potencia en el ojo, por lo cual requiere una lente que “aumente” sus dioptrías y la miopía presenta un exceso de potencia, por lo cual

requiere una lente que le “quite” dioptrías. Esto permite establecer la siguiente relación:

$$P_N = P_{H,M} + P_L ,$$

donde:

$P_N$  potencia normal del ojo.

$P_H$  potencia del ojo hipermetrope.

$P_M$  potencia del ojo miope.

$P_L$  potencia de la lente correctora.

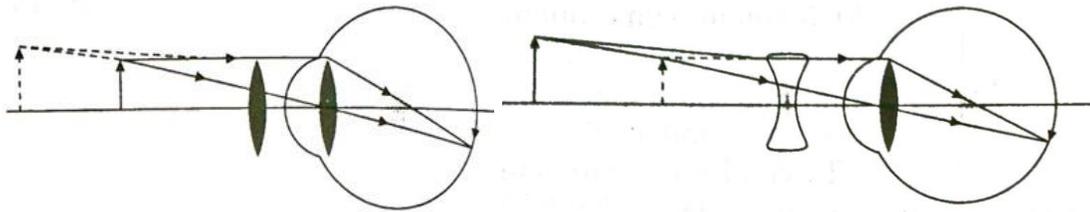


Figura 7: Corrección de la hipermetropía y miopía.

Potencia del sistema córnea-cristalino en una persona normal.

Tenemos los puntos próximo (25 cm) y remoto ( $\infty$ ), además de que la distancia del cristalino (lente) a la córnea (pantalla) es fija (2.5cm). Por lo cual hay que calcular dos potencias diferentes.

$$P_p(\text{dioptrías}) = \frac{1}{f(m)} = \frac{1}{d_{o_p}} + \frac{1}{d_i}$$

Usando el punto próximo:

$$P_p = \frac{1}{f} = \frac{1}{25 \text{ cm}} + \frac{1}{2.5 \text{ cm}} = \frac{1 + 10}{25 \text{ cm}} = \frac{11}{25 \text{ cm}} = \frac{11 \times 10^2}{25 \text{ m}} = 44D$$

Para el punto remoto:

$$P_R = \frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{2.5 \text{ cm}} = \frac{1}{2.5 \text{ cm}} = \frac{1 \times 10^2}{2.5 \text{ m}} = 40D$$

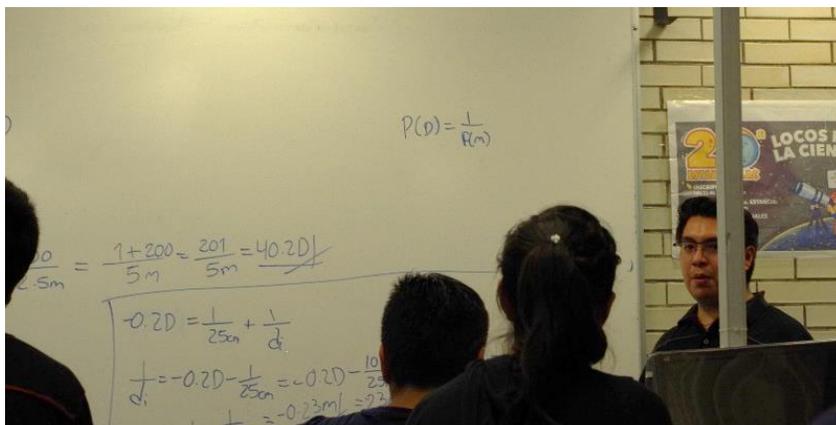


Imagen 19: Problema de ojo hecho en clase.

Posteriormente, se realizan ejercicios numéricos aplicando la ecuación de las lentes delgadas, para corregir miopía e hipermetropía enfocados a propiciar la discusión y análisis del enunciado a partir de los conceptos aprendidos para determinar información no evidente. Con la finalidad de realizar una evaluación formativa, que fomente el aprendizaje entre pares, se deja como tarea resolver un problema del modelo simplificado del ojo, por equipo, para favorecer la discusión e interpretación del ejercicio, además de permitirles adquirir estrategias de resolución de problemas y evitar la memorización de procedimientos. El **Anexo 1.6** muestra ejemplos de los ejercicios resueltos por los alumnos. También se deja realizar un escrito donde expliquen el funcionamiento del ojo, el cual se ejemplifica en el **Anexo 1.5**.

## MATERIAL DE APOYO

### Videos

1. “Dioptrias, aberración y el ojo humano | Óptica geométrica | Física | Khan Academy en Español”  
[https://www.youtube.com/watch?v=mwr1zel\\_240](https://www.youtube.com/watch?v=mwr1zel_240)
2. “DEFECTOS ÓPTICOS | Miopía, Hipermetropía, Astigmatismo, Presbicia (Vista cansada) y Cataratas”  
<https://www.youtube.com/watch?v=4OQODYFJnuw>
3. “Optica ocular: miopía, hipermetropía y astigmatismo. Centro de Oftalmología Bonafonte. Barcelona.”  
<https://www.youtube.com/watch?v=tuTHMyas3jg>

## Sesión 5 Imágenes múltiples y diagramas de formación de imágenes en espejos esféricos

### PROPÓSITOS

- Establecer la relación entre ángulo de separación y número de imágenes que se forman con dos espejos planos.
- Definir los conceptos de foco o punto focal, distancia focal, radio de curvatura, imagen real y virtual en espejos.
- Determinar las zonas de imagen real y virtual en el espejo cóncavo en función de los puntos F (distancia focal) y R (radio de curvatura).
- Trazar los diagramas de formación de imágenes en espejos usando los 4 rayos principales.
- Determinar información no evidente del enunciado del problema.
- Comprender y emplear la ecuación de espejos en la resolución de problemas.
- Dar interpretación física a los resultados numéricos.

Esta sesión tiene por objetivo formalizar la teoría de espejos, por lo cual se retoman los experimentos realizados en la sesión de reflexión y refracción.

Iniciamos con una lluvia de ideas sobre las respuestas de la segunda pregunta<sup>4</sup> del examen diagnóstico al cuestionar a los alumnos sobre el tipo y lugar donde se forma la imagen en un espejo plano. Las primeras respuestas que dan es que la imagen se forma sobre la superficie del espejo, por lo cual debe ser real, así pues, se realizan otras preguntas que permitan establecer los errores de las ideas intuitivas. Posteriormente, retomando los resultados de observar objetos lejanos y cercanos con los espejos esféricos, se guía una discusión para establecer las diferencias y similitudes con las lentes, donde una de las características que resalta para algunos jóvenes es la formación de imágenes múltiples al tener dos espejos planos, a diferencia de los sistemas de dos lentes que solo forman una imagen.

---

<sup>4</sup> Traza un diagrama (dibujo) de cómo te ves en un espejo. Explica en qué parte se forma la imagen.

Se proporciona por equipo el material para determinar el número de imágenes que se obtienen al cambiar el ángulo entre los espejos. Nuevamente, se da una explicación general sobre la actividad para trabajar nuevamente con el modelo de aprendizaje por descubrimiento guiado o indagación, ya que cada equipo tiene el material para realizar la actividad.

Al finalizar la actividad se proyecta el video “*Rayos notables*” (1) para conocer y trazar los rayos principales para los diagramas de formación de imágenes en espejos esféricos. Posteriormente, los alumnos son quienes trazan los diagramas en el pizarrón.

Usando el modelo integrativo se construye la teoría física y se introduce el modelo matemático, resaltando que la ecuación es la misma que se dedujo con el diagrama de lentes. Se pide a un alumno pasar al pizarrón a resolver un ejercicio con la guía de sus compañeros para propiciar el análisis del enunciado. Esto les permite identificar diferencias con los problemas de lentes y propicia el análisis del enunciado argumentando con los conceptos aprendidos.

Como cierre de esta sesión se realiza una discusión guiada para determinar la diferencia entre espejos y lentes, además de las diferencias para resolver los problemas. Un alumno a modo de conclusión, externa que resolver los problemas de lentes y espejos le parece lo mismo, simplemente se debe cambiar el diagrama.

### **Breve descripción del procedimiento**

Se proporcionan dos espejos planos y un transportador impreso para realizar la formación de imágenes múltiples. El reto planteado en esta actividad es encontrar el ángulo al que se forman el mínimo y máximo número de imágenes. En un principio los alumnos decidieron que el mínimo número de imágenes era dos, por lo cual se pidió formar una sola imagen usando los dos espejos.

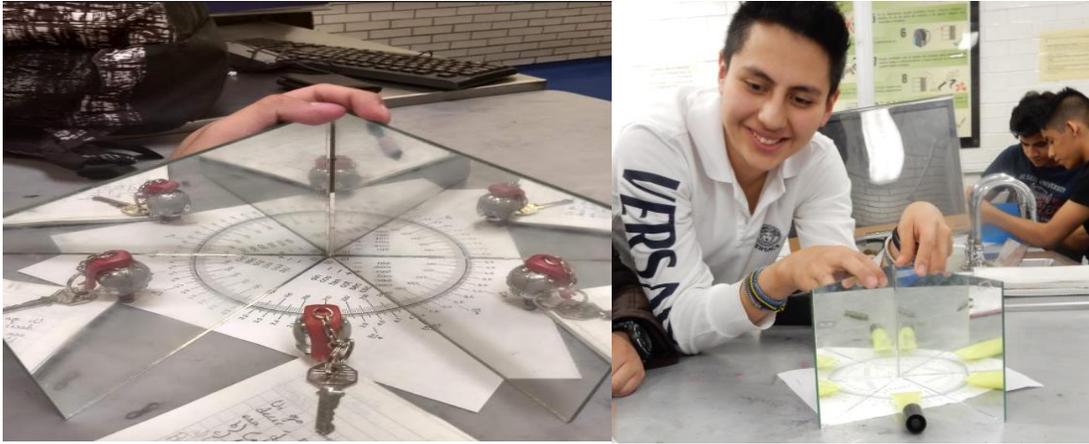


Imagen 20: Actividad de formación de imágenes múltiples.

Posteriormente, se solicitan voluntarios para trazar los diagramas colocando el objeto en diferentes posiciones y se entregan 4 colores diferentes para los 4 rayos principales. Como se realiza un modelo simplificado para representar los espejos que es similar al de las lentes, se enfatizan las diferencias introduciendo el vértice (V) y el radio de curvatura (R) de un espejo. También se propicia una discusión para que puedan explicar donde se formará la imagen real, ya que los espejos reflejan la luz.

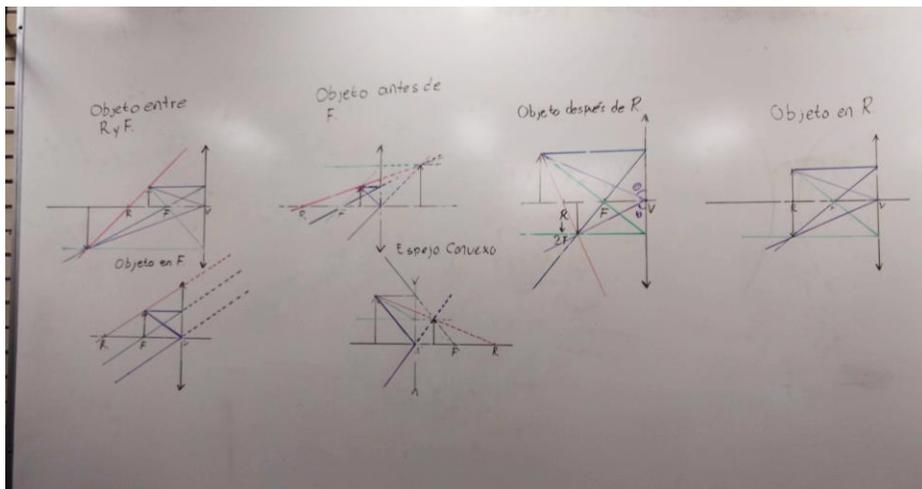


Imagen 21: Diagramas de formación de imágenes en espejos realizados en el pizarrón.

Se pide a los alumnos discutir sobre la interpretación de los signos en la ecuación y hacer un cuadro como el que se realizado para las lentes. Esto les permite detectar las diferencias y evitar la confusión con los problemas de lentes.

	Signo	
	+	-
do	Objeto real (a la izquierda de v)	Objeto virtual (a la derecha de v)
di	Imagen real (a la izquierda de v)	Imagen virtual (a la derecha de v)
f	Espejo cóncavo	Espejo convexo
O	Objeto derecho	Objeto invertido
I	Imagen derecha	Imagen invertida
M	Imagen derecha	Imagen invertida

Tabla 3: Relación de signos en la ecuación 2 para espejos.

Posición del objeto	Imagen		
	Tipo	Orientación	Amplificación
Antes de f	Virtual	Derecha	Mayor tamaño
Sobre f	no se forma		
Entre f y c	Real	Invertida	Mayor tamaño
Sobre c	Real	Invertida	Mismo tamaño
Después de c	Real	Invertida	Menor tamaño

Tabla 4: Formación de imágenes en espejos.

Con la finalidad de realizar una evaluación formativa que permita a los alumnos reafirmar los conceptos vistos, además de fomentar el aprendizaje entre pares se deja redactar el reporte de formación de imágenes múltiples (**Anexo 1.7**). Además de resolver un problema de espejos esféricos, se muestra ejemplos de los problemas desarrollados por los alumnos en el **Anexo 1.8**. Esta es la última sesión teórica por lo cual se deja construir un espectroscopio casero<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> <https://youtu.be/5IQVedue50Q>

## MATERIAL DE APOYO

### Simuladores

1. “Espejo Cóncavo / Convexo. Simulación PARAXIAL”  
<https://www.geogebra.org/m/heCXFcfN>
2. “Espejo esférico”  
<https://www.geogebra.org/m/VqhJRkPg>
3. “Imagen en espejo cóncavo”  
<https://www.geogebra.org/m/RBfntAfK>

### Videos

1. “RAYOS NOTABLES”  
<https://www.youtube.com/watch?v=KDsoM02Q6gl>
2. “OBJETO EN EL INFINITO”  
<https://www.youtube.com/watch?v=G34ORrdx8>
3. “OBJETO EN EL CENTRO DE CURVATURA”  
[https://www.youtube.com/watch?v=MeaW0rT\\_5ew](https://www.youtube.com/watch?v=MeaW0rT_5ew)
4. “OBJETO ENTRE CENTRO Y FOCO”  
[https://www.youtube.com/watch?v=QcEO\\_7SXHNQ](https://www.youtube.com/watch?v=QcEO_7SXHNQ)
5. “OBJETO EN EL FOCO”  
<https://www.youtube.com/watch?v=QJSPid4kAvE>
6. “OBJETO ENTRE FOCO Y VERTICE”  
<https://www.youtube.com/watch?v=5kFthtC52rA>
7. “ESPEJOS CONVEXOS”  
[https://www.youtube.com/watch?v=RK5hFFk\\_W9A](https://www.youtube.com/watch?v=RK5hFFk_W9A)
8. “Espectroscopio casero a CD”  
<https://youtu.be/5lQVedue5OQ>

## Sesión 6 Espectroscopía y show de filtros

### PROPÓSITOS

- Definir la luz blanca.
- Observar espectros de diferentes fuentes luminosas.
- Descomponer la luz con diferentes instrumentos.
- Construir el concepto de color.
- Describir la región del espectro visible.
- Mezclar colores primarios en luz y pigmentos.
- Explicar las teorías aditiva y sustractiva del color.

Iniciamos con una discusión sobre limitaciones de la óptica geométrica (modelo del rayo) para poder explicar fenómenos como la formación del arcoíris (dispersión de la luz) o por qué vemos colores. También se retoman las preguntas 7 y 8 del examen diagnóstico<sup>6</sup>, que tienen respuestas muy diferentes y al ser términos empleados coloquialmente, les cuesta trabajo definirlos.

La intención de esta sesión es mostrar la limitación del modelo geométrico y sirve como puente para el modelo de óptica física, que describe la luz como una onda y permite explicar fenómenos como la dispersión, difracción e interferencia.

Tanto los experimentos de dispersión de la luz, como los de teoría sustractiva del color siguen el método de indagación, ya que se cuenta con el material suficiente para que cada uno de los alumnos pueda realizar las actividades. Los espectroscopios se usan únicamente para observar y explicar la dispersión de la luz, debido a que la falta de tiempo no permite explicar los fenómenos involucrados (refracción y difracción) en la dispersión.

---

<sup>6</sup> 7) ¿Qué es el color?

8) ¿Cuántos y cuáles son los colores primarios?

En esta sesión además del modelo de indagación se emplea el ciclo de enseñanza POE (Predecir, Observar y Explicar), ya que algunos de los experimentos deben realizarse como demostración por la falta de material. Algunos de los estudiantes o el profesor realizan la combinación aditiva usando los proyectores con filtros, sin embargo, no todos pueden manipular el material. Se solicita a los alumnos dar explicación a sus observaciones y poco a poco se les proporcionan los elementos teóricos para que los incorporen en ella. Esto conlleva el análisis y comprensión del experimento, así como la incorporación de la terminología involucrada

Para cerrar la sesión se realiza una discusión guiada para construir las definiciones de color, luz blanca, sombras y dispersión de la luz tomando como base las observaciones realizadas por los alumnos. A diferencia de las sesiones anteriores, el profesor es quien exhibe los conceptos para que los alumnos puedan definirlos, pues no habrá una sesión posterior en la que se permita una formalización de las teorías. Esta sesión es la que más gusta a los alumnos, pues se asombran de poder combinar colores sin la necesidad de pinturas. Además, los alumnos que quieren estudiar artes dicen que ya conocían parte de la información, pero no comprendían el porqué de ello, por lo cual esta sesión les permitió ver que sus futuras carreras sí se relacionan con la física. También se pide a los alumnos mencionar aparatos que usen las dos teorías del color para contextualizar el tema con su vida cotidiana.

### **Breve descripción de las actividades**

Se solicita a los alumnos emplear diferentes espectroscopios para observar los espectros de distintas fuentes de luz y determinar las diferencias entre estos. Esto permite a los alumnos establecer que la luz del sol muestra un espectro continuo, el cual relacionan con la región visible del espectro electromagnético.

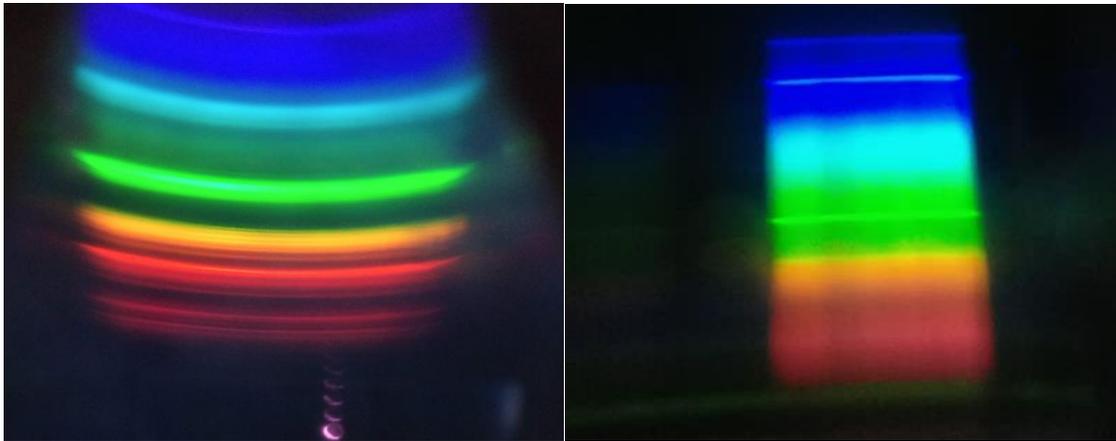


Imagen 21: Espectro de la lámpara del laboratorio y el sol usando el espectroscopio casero.

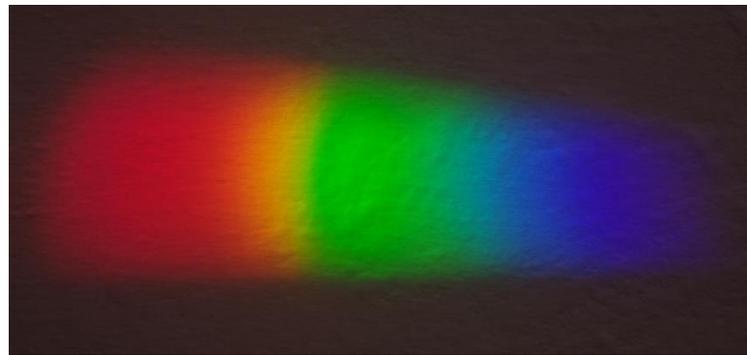


Imagen 22: Dispersión de la luz blanca con espectroscopio de reflexión.

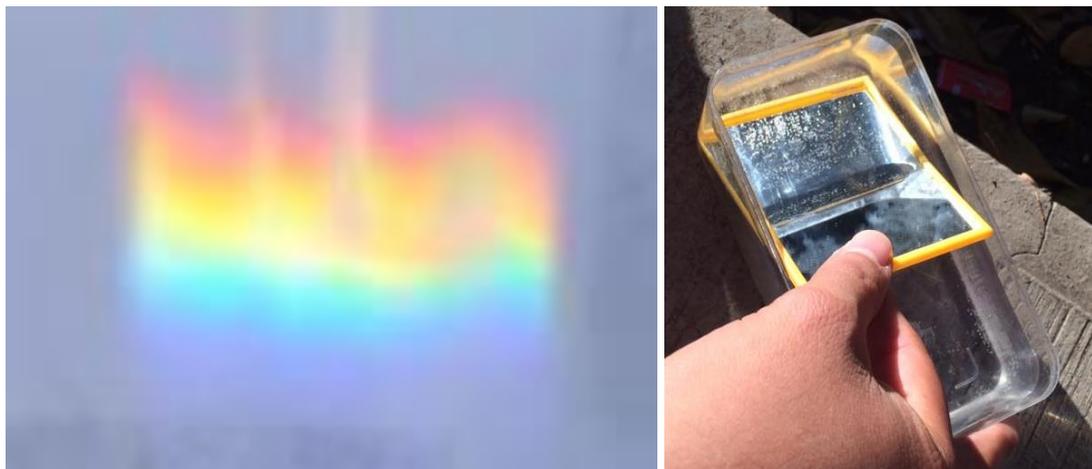


Imagen 23: Dispersión de luz con prisma de agua.



Imagen 24: Espectro de la lámpara del laboratorio usando el espectroscopio de celular.

Posteriormente se proporciona un paquete con 6 filtros de colores (azul, verde, rojo, cian, amarillo y magenta) y se pide a los alumnos observar los espectros de las fuentes usando los distintos filtros. Esto permite a los estudiantes comenzar una discusión sobre los colores primarios, ya que algunos de los filtros únicamente permiten ver un solo color y otros permiten ver más de un color.

A continuación, empleando 3 proyectores se realiza la mezcla aditiva del color. Antes de combinar dos colores se pregunta a los alumnos sobre qué color esperan observar. Se solicita algunos voluntarios para observar cómo cambia el color de sus chamarras al ser iluminado por las diferentes fuentes lo que les causa sorpresa al notar que sus compañeros producen sombras de colores.

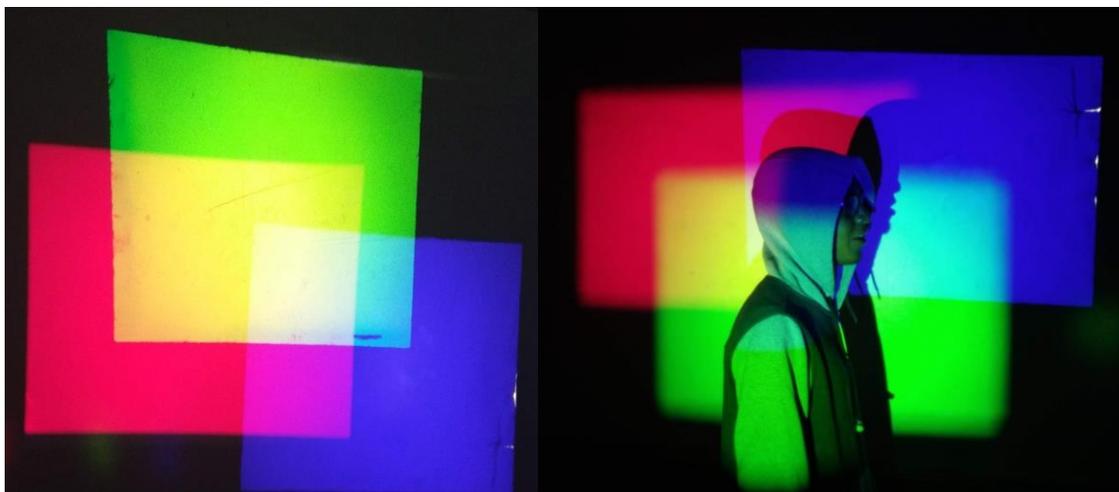


Imagen 25: Sombras de color.

Con un paquete de filtros y un retroproyector se realiza la mezcla sustractiva del color, para ello se pide a los alumnos predecir el color que se obtendrá al sobreponer dos filtros. Con los resultados de los experimentos anteriores se realiza una discusión guiada sobre cuántos y cuáles son los colores primarios. Por último, se solicita emplear los filtros para observar diferentes objetos del salón y una imagen que se proyecta y describir cómo cambian los colores que originalmente veían.



Imagen 26: Pintando con luz.

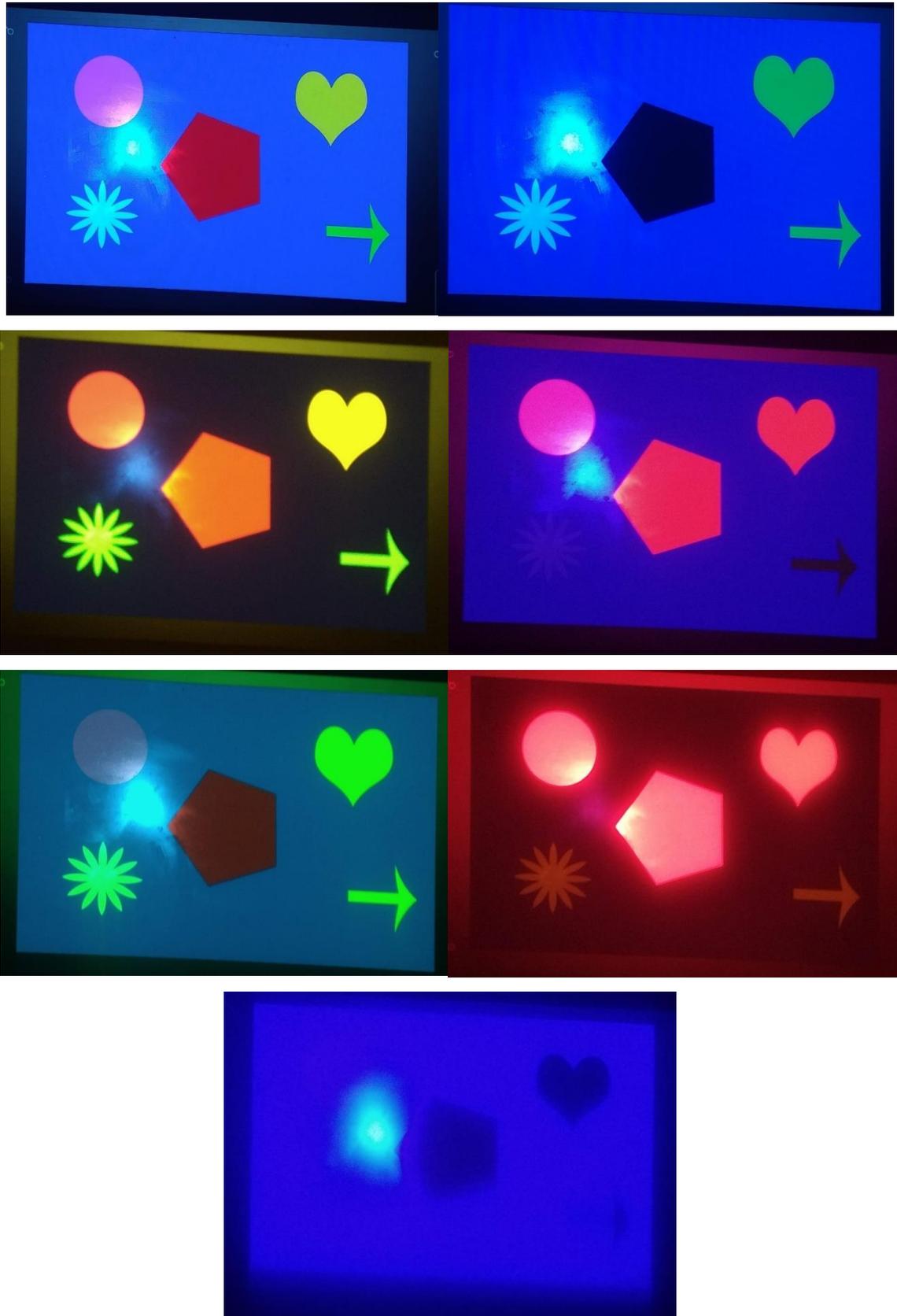


Imagen 27: Imagen vista con los diferentes filtros.

Como última tarea se deja realizar un resumen de los experimentos realizados. Se muestran ejemplos del resumen en el **Anexo 1.9**.

## MATERIAL DE APOYO

### Simuladores

1. "Espectros"  
[http://www.educaplus.org/luz/espectros.html?fbclid=IwAR19fHhDWX\\_ceG9b9Kmn-Lt7cF9YXNDRRWmvzOWvQIIGWC59oHkBmkDTuOs](http://www.educaplus.org/luz/espectros.html?fbclid=IwAR19fHhDWX_ceG9b9Kmn-Lt7cF9YXNDRRWmvzOWvQIIGWC59oHkBmkDTuOs)
2. "Colores primarios"  
<http://www.educaplus.org/luz/colprima.html>
3. "Visión del color"  
<https://phet.colorado.edu/es/simulation/color-vision>

### Videos

1. "¿Qué es la luz? ¿Por qué vemos colores? - CuriosaMente 30"  
[https://youtu.be/5E3kl\\_7\\_cT0](https://youtu.be/5E3kl_7_cT0)
2. "Espectroscopio casero a CD"  
<https://youtu.be/5lQVedue5OQ>
3. "El espectro electromagnético 05 Luz visible NASA (español)"  
[https://youtu.be/YCWvxv\\_nmQ](https://youtu.be/YCWvxv_nmQ)

## Sesión 7 Aplicación del examen

La última sesión se aplicó el examen de óptica.

### ***Bibliografía***

Hewitt, P. (2007). Física conceptual. México: Prentice Hall.

Jou, D., Llebot, J. E., & Pérez García, C. (2009). Física para ciencias de la vida. McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U.

López Sancho, J. M., Gómez Díaz, M. J., Refolio Refolio, M. D. C., López Álvarez, J. M., Moreno Gómez, E., & Cejudo Rodríguez, S. (2009). Óptica para maestros. Una aproximación del modelo de rayos para el aula de educación infantil y primaria. Comunidad de Madrid.

Ortuño Ortín, M. (1996). Física: para biología, medicina, veterinaria y farmacia. Nuevos Instrumentos Universitarios. Barcelona: Crítica.

Santaolalla, J. (2017). Inteligencia física: aprende a ver el mundo con la mente de un físico. Barcelona: Plataforma editorial.

# Cuerpo rígido

---

Las actividades que se exponen a continuación muestran lo que se venía trabajando con el grupo a lo largo del semestre. Por lo cual, se exhibe la versatilidad de la estrategia descrita en el trabajo para adaptarse a cualquier tema de Física en el bachillerato.

La dinámica empleada a lo largo del curso era, previo a la clase, enviar un enlace con preguntas relacionadas con el tema a trabajar durante dos sesiones. Se inicia la sesión recuperando, a través de una lluvia de ideas, las respuestas dadas en el cuestionario. Posteriormente, se realizaba una serie de experimentos atractivos que motivaran la discusión de las ideas expuestas previamente. Usualmente la siguiente clase se utilizaba para formalizar las ideas, deducir o establecer los modelos matemáticos y resolver problemas.

Al iniciar el curso solicité a los alumnos realizar la lectura del artículo “Soy Físico”<sup>7</sup> del Dr. Miguel Alcubierre y entregar un ensayo sobre la lectura, con la intención de generar una perspectiva diferente sobre qué es la física y qué estudia, pues la mayoría de los alumnos desconocen la respuesta a las preguntas anteriores. El **Anexo 2.1** tiene una muestra de los ensayos escritos por los alumnos.

## Física III Unidad 1. Sistemas de cuerpos rígidos

### Sesión 1 Experimentos de centro de masa

#### PROPÓSITOS

- Identificar fenómenos que involucran el centro de masa en la vida cotidiana.
- Construir el concepto de centro de masa.

---

<sup>7</sup> Soy Físico, Miguel Alcubierre. <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/78/soy-fisico.pdf>

- Describir el equilibrio en función del centro de masa.

Como se mencionó anteriormente se inicia con una discusión sobre las respuestas del cuestionario (**Anexo 2.2**). Se prosigue con una serie de experimentos detonantes que tienen por objetivo mostrar fenómenos involucrados con el centro de masa y determinar el mismo de manera experimental. Se emplea el ciclo de enseñanza POE en la primera parte de la sesión, ya que los experimentos deben realizarse como demostración por la falta de material; sin embargo, los alumnos son quienes realizan las actividades. Posteriormente se pone como reto determinar el centro de masa de una figura irregular que los alumnos construyen con cartón. Y para finalizar hacen un ave equilibrista de papel.

El profesor da una explicación global sobre las actividades que se van a realizar, guía la sesión y pide a los estudiantes dar una predicción relacionada con los materiales o el experimento antes de hacerlo. Una vez realizada la actividad, se solicita a los alumnos dar una explicación al fenómeno con base a sus observaciones. A través de preguntas detonantes poco a poco se proporcionan los elementos teóricos para que los incorporen en su explicación.

Al término de esta sesión se solicitó revisar nuevamente sus ideas del examen diagnóstico para complementar las respuestas anteriores, con los aprendizajes logrados. Sin embargo, después de esta actividad me percaté que es mejor trabajar en un cierre generalizado las ideas, ya que algunos alumnos tuvieron problemas para definir el centro de masa, debido a que los alumnos sugieren que este lugar siempre coincide con el centro geométrico de la figura.

### **Breve descripción de los experimentos**

El primer experimento consistió en determinar y observar el cambio en el centro de masa de una escoba con o sin la escobilla. Las preguntas guía en esta parte se realizaron antes de iniciar el experimento, para lograr que los alumnos identificaran

que el centro de masa se encuentra más cerca del punto que determina el promedio de toda la masa del sistema. Inicialmente se deja a los alumnos tratar de equilibrar las escobas como puedan o como sugieran los compañeros de clase, después se propone colocar encima de sus dedos los extremos de palos de escobas y moverlos hasta juntarlos. Esto permite a los alumnos encontrar el centro de masa, además de observar que el peso no se distribuye homogéneamente cuando el palo tiene la escobilla.



Imagen 28: El centro de masa cambia su posición.

Al proseguir con la discusión sobre el centro de masa, se cuestiona a los alumnos sobre la ubicación de este punto en el cuerpo humano y si tiene alguna relevancia en nuestra vida cotidiana. Se pide a los alumnos levantarse de una silla sin despegar la espalda del respaldo y explicar lo que sucede. Posteriormente se guía una discusión para describir actividades cotidianas en función de modificar nuestro centro de masa. Esta actividad resulta muy divertida, ya que los alumnos piensan que sus compañeros fingen no poder levantarse, ya que al observar sus movimientos describen que no aplican fuerza en sus pies para poder levantarse, sin embargo, al pasar varios voluntarios, se dan cuenta de que no es posible levantarse sin despegar primero la espalda del respaldo.



Imagen 29: No puedo levantarme sin despegar la espalda.

A continuación, se realiza otro experimento que involucrara el centro de masa en el cuerpo humano. Se pide a una chica y un chico pegar la frente al pizarrón y reincorporarse, antes de continuar con la actividad se pregunta a los estudiantes sobre cual de los compañeros tendrá la fuerza suficiente para repetir el experimento, pero cargando un garrafón de 6 L. Inmediatamente las respuestas apuntan a que el joven tiene más fuerza para levantarse con el peso extra, sin embargo, la sorpresa para los alumnos es descubrir que quien puede levantarse es la chica. Las preguntas que guían esta discusión tienen el objetivo de propiciar una reflexión de que el centro de masa cambia por las diferencias en la anatomía del hombre y la mujer.



Imagen 30: A) chico. B) chica. ¿Quién puede levantarse cargando el garrafón?

Las actividades anteriores generan la hipótesis de que el centro de masa se localiza a la mitad de los cuerpos o en otras palabras coincide con el centro geométrico de la figura. Se entrega por equipo un pedazo de cartón para construir una figura irregular y tratar de equilibrarla sobre la punta de un clavo. La mayoría de los estudiantes trataron de equilibrarla donde consideraban que se encontraba la mitad

de la figura, sin poder lograrlo. Se genera una discusión para identificar las causas del por qué no se puede equilibrar la figura y se cuestiona sobre si la figura que construyeron no tendrá un centro de masa. Algunas de las ideas que surgen en la discusión proponen que las figuras irregulares no pueden equilibrarse, otras es que poseen dos centros de masa, ya que un equipo equilibró su figura empleando dos clavos. Para finalizar la actividad se entrega a los alumnos material para determinar el centro de masa usando una plomada, se pide colgar la figura y con la plomada trazar la línea, se explica que dicha línea pasa por el centro de masa, pero que no sabes aun su posición por lo cual se requiere de otra línea, cuyo cruce con la primera permite encontrar el centro de masa.



Imagen 31: Construyendo la figura irregular.



Imagen 33: Usando la plomada.

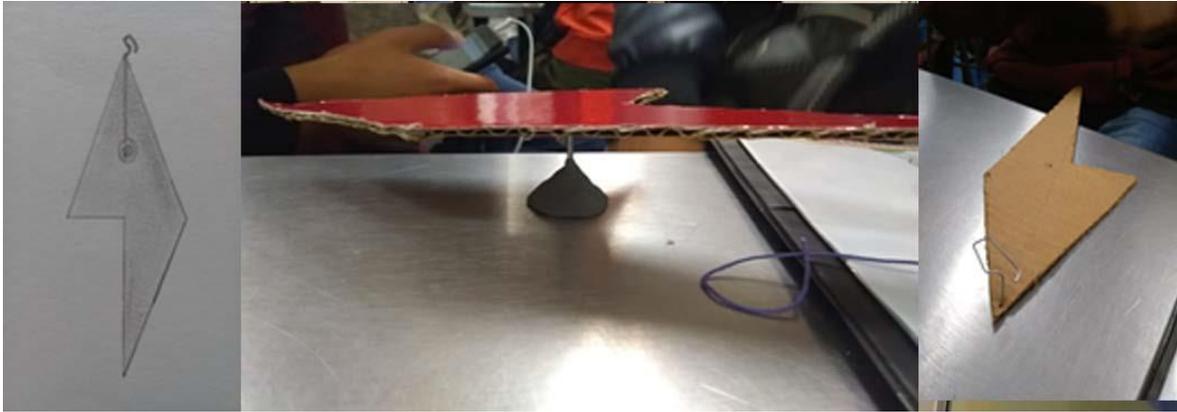


Imagen 32: Equilibrando la figura.

Para finalizar se construyó un ave equilibrista de papel, con la finalidad de realizar una discusión sobre cómo cambia el centro de masa del ave al modificar la posición o forma de las alas, esto provoca que el cuerpo del ave suba o baje para equilibrarse.

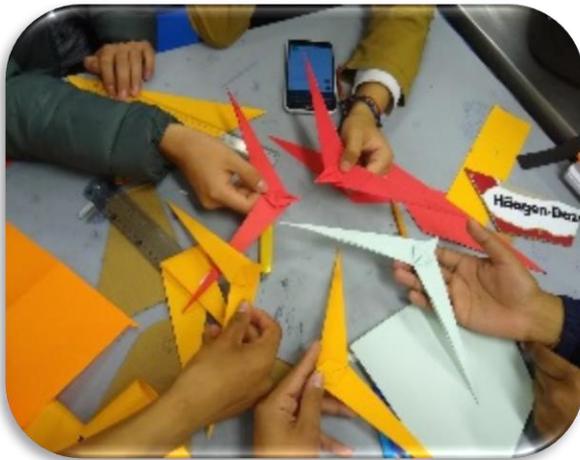


Imagen 34: Ave equilibrista de papel.

El **Anexo 2.3** muestra un ejemplo del reporte realizado por los estudiantes.

## Sesión 2 Deducción del centro de masa

### PROPÓSITOS

- Comprender y emplear la ecuación de centro de masa en la resolución de problemas.
- Determinar información no evidente del enunciado.
- Interpretar físicamente los resultados numéricos.

En la primera aplicación durante las clases teóricas el profesor retomaba un papel protagónico al introducir las ecuaciones; sin embargo, los alumnos solían perder el interés y no comprendían los términos involucrados. Con la finalidad de evitar la pérdida de interés se requiere involucrar a los alumnos en el desarrollo de la sesión, por lo cual se decidió hacer énfasis en el significado de los términos al tratar de desarrollar las ecuaciones en conjunto con los jóvenes analizando los resultados de los experimentos. A pesar del cambio de dinámica respecto a la primera práctica docente, los alumnos seguían sin interesarse en las sesiones teóricas, esto permitió reflexionar sobre el problema con el desarrollo de las ecuaciones y para la aplicación de la práctica docente 3 se emplea el método de integración, donde el profesor propicia una discusión con base a las observaciones, resultados y conclusiones.

Al inicio se explica que los sistemas que se han trabajado hasta este momento son puntuales, por lo que la representación es la expuesta por Newton. En esta sesión se considera ya el área o el volumen de los cuerpos, por lo que la representación es de un continuo. Cuando se establece un cuerpo continuo se requiere emplear elementos de cálculo para determinar las ecuaciones. Se les explica que, como no todos llevan esta asignatura, se empleará el modelo de sistemas de partículas como aproximación al continuo para deducir la fórmula de centro de masa. Como cierre se resuelven dos ejercicios para fomentar el análisis de los enunciados, ya que el problema para resolverlos es que los alumnos no entienden qué les piden realizar, por lo cual no logran emplear adecuadamente las fórmulas.

Cuando el profesor es quien resuelve los ejemplos en general los alumnos no comprenden los desarrollos matemáticos, ya que el primero suele simplificarlos demasiado, lo que provoca que los estudiantes traten de memorizar los procedimientos. A lo largo de las diferentes prácticas docentes me percaté de esta problemática, por lo que en la tercera fueron ellos quienes resolvieron los ejercicios en el pizarrón, con apoyo de los compañeros y bajo mi supervisión.

### Breve descripción del procedimiento

Se parte de un sistema formado por dos partículas y se explica que la masa total de este es la suma de las masas de cada partícula. Se recalca la necesidad de establecer un sistema de referencia para poder determinar la posición de las masas.

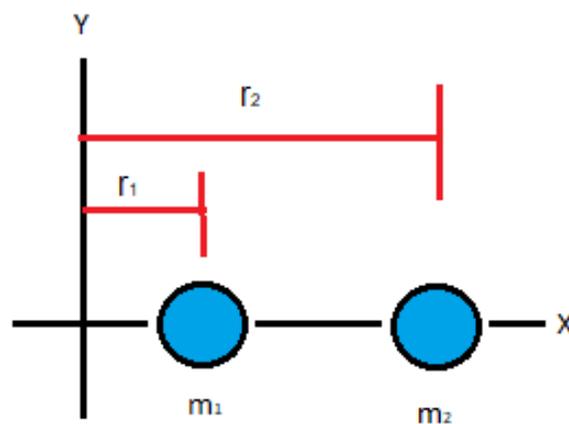


Figura 8: Sistema de dos partículas.

La masa total ( $M$ ) del sistema de partículas es la suma de las masas.

$$M = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

$$cm(M) = cm(m_1 + m_2) = m_1 r_1 + m_2 r_2$$

Con esto se establece que la ecuación para determinar el centro de masa ( $cm$ ) del sistema de la figura 8 es:

$$cm = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2}{m_1 + m_2}$$

A continuación, se generaliza para un sistema de muchas partículas.

$$cm = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i}$$

Se resuelven algunos ejercicios a modo de ejemplo, donde se ejemplifica la forma de extraer información no evidente del problema para entender el enunciado y poder aplicar las ecuaciones adecuadamente. La clase prosigue planteando la idea de que un cuerpo es un sistema de muchas partículas y, como vimos experimentalmente, si este tiene una forma regular, el centro de masa coincide con el centro geométrico; sin embargo, si la figura es irregular, podemos descomponer el sistema en figuras regulares para determinar su centro de masa, para ello se realiza un ajuste en la ecuación usando el concepto de densidad superficial.

$$\sigma = \frac{m}{A}$$

Despejando  $m$  y sustituyendo en la ecuación de centro de masa, podemos determinar este punto en función de las áreas y la posición del centro de masa de figuras regulares, siempre y cuando la figura tenga densidad superficial homogénea.

$$cm = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} = \frac{\sum \sigma A_i r_i}{\sum \sigma A_i} = \frac{\sigma \sum A_i r_i}{\sigma \sum A_i}$$

$$cm = \frac{\sum A_i r_i}{\sum A_i}$$

También se recalca a los alumnos que cuando hablamos de un cuerpo podemos describir las ecuaciones de movimiento, velocidad o aceleración en términos del

centro de masa. Al inicio del semestre se hizo un breve repaso sobre marcos de referencia, para poder trabajar algunos temas.

La sesión finaliza con la resolución de un problema por equipo, para que puedan realizar un análisis y discusión sobre el método a emplear. En el **anexo 2.4** se muestra un ejemplo de los problemas resueltos por los alumnos. También se proporciona el enlace para que realicen el examen diagnóstico relacionado con la torca.

## Sesión 3 Experimentos de torca

### PROPÓSITOS

- Identificar fenómenos que involucren la torca en la vida cotidiana.
- Comprender que la torca produce una rotación.
- Describir el equilibrio rotacional.

La sesión inicia con la discusión de las respuestas del diagnóstico (**Anexo 2.5**), para identificar las ideas previas sobre el tema. Se establecen 6 módulos de trabajo, con diferentes experimentos relacionados con la torca. Se proporciona una explicación global sobre cada uno de los experimentos, sin entregar una guía que limite a los alumnos. Los alumnos rotan por las estaciones observando los fenómenos, discutiendo ideas iniciales y posibles explicaciones. Durante la práctica docente 2, se realizaron exámenes diagnósticos por tema y se detectó que al solicitar que respondan previamente los diagnósticos, los alumnos se predisponen al tema; por lo cual para la práctica docente tres, decidí hacer un solo diagnóstico para que los alumnos identifiquen los fenómenos involucrados durante los experimentos, aunque no puedan nombrarlos adecuadamente.

Los estudiantes al tener diferentes módulos de trabajo pueden interactuar con los materiales, por lo cual son responsables de realizar y explicar los experimentos. Esta sesión sigue el modelo de indagación, el cual trata de propiciar la construcción de explicaciones intuitivas empleando palabras conocidas por los estudiantes, que posteriormente permita introducir los conceptos claves para construir el modelo físico. Algunos de los experimentos son improvisados, ya que no se cuenta con el material en el colegio, a pesar de ello, usar materiales diferentes a los del laboratorio cautiva a los estudiantes, quienes justifican que esto les permitió comprender que la física está presente en su vida cotidiana y no requiere forzosamente de laboratorios especializados.

Al finalizar esta sesión se realiza una discusión guiada para identificar los conceptos involucrados y realizar una definición común a todo el grupo. Esta actividad me permitió darme cuenta de que, al realizar una definición para todos nuevamente se propicia la memorización de información, por lo cual es mejor propiciar el análisis de los resultados para que cada chico pueda construir una definición propia al relacionar la información. Esto repercute directamente con uno de los objetivos de la propuesta, ya que fomenta el desarrollo de habilidades de orden superior para alcanzar los aprendizajes.

### **Breve descripción de los experimentos**

En la primera estación se tiene un arco, el cual fue adaptado para poder colocar una botella de agua a diferentes posiciones. Las indicaciones fueron; colocar la botella en la posición deseada, estirar las manos sosteniendo el arco y levantarlo moviendo únicamente las muñecas. La finalidad es observar que la fuerza que se debe aplicar para levantar la botella aumenta conforme se coloca más cerca del extremo opuesto al que sujetan. Esta actividad es muy atractiva, pues a pesar de que la botella es de 2 L, al colocarla en el punto más alejado, se les dificulta mucho poder levantarla. Algunas de las preguntas que guían la actividad son: ¿todos pueden levantar una botella de 2L?, ¿el peso del objeto cambia en función de su posición?





Imagen 35: La “caña de pescar”, nombre puesto a la actividad por un alumno.

La siguiente estación tenía un gato hidráulico, al cual se le puede cambiar la palanca con la cual se extiende. Se pidió a los alumnos colocar su mochila sobre el gato y tratar de levantarla empleado diferentes palancas. Cuando se realiza la discusión algunos alumnos se encuentran confundidos, pues expresan que no entiende por qué es más sencillo levantar la mochila con una palanca más grande, pero que, al colocar la botella en el extremo opuesto resulta más complicado levantarla.



Figura 15: Experimento del gato hidráulico.

En otra estación se colocó un palo de madera con un tornillo y se pone el reto de desatornillarlo empleando únicamente los dedos. Posteriormente se proporciona la llave con el dado para poder cumplir el reto. Durante el desarrollo de la actividad, los alumnos de la foto tratan de explicar que no se puede quitar el tornillo por que se resbala de sus manos, por lo cual deciden intentarlo usando el dado sin la llave, uno de ellos sostiene la madera para que no se mueva de su posición y el otro trata de extraer el tornillo. Esta actividad resulto muy entretenida para el grupo al observar la forma que trataban de quitar el tornillo.

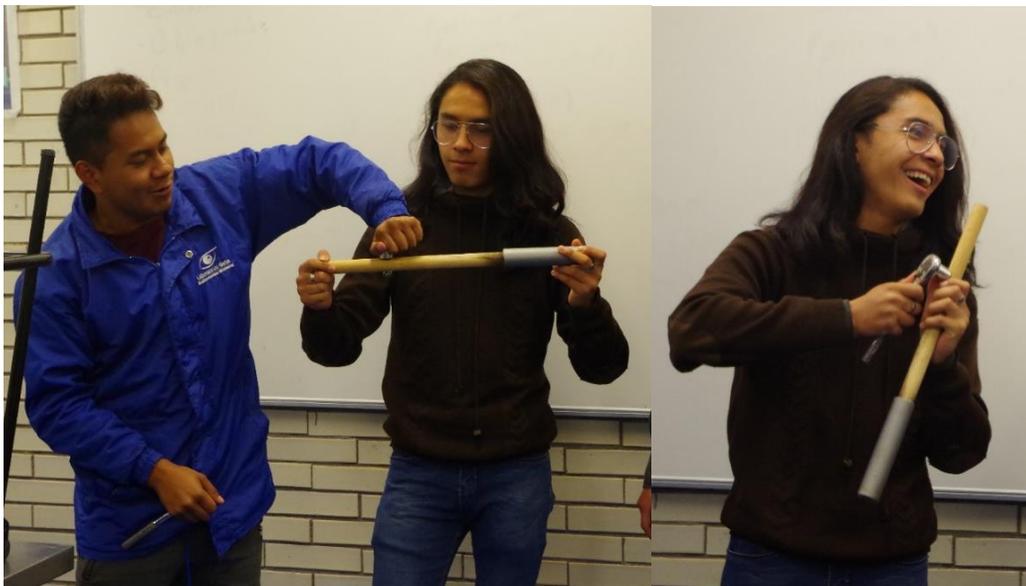


Imagen 36: Experimento de la llave de tuercas 1.

En la siguiente mesa se colocó una balanza de brazos iguales improvisada con una regla y una pelota como punto de apoyo. Se proporcionan 4 masas diferentes y se solicitó que las colocaran en diferentes configuraciones para que los brazos de la balanza se mantengan a la misma altura (equilibrio rotacional). En un inicio los alumnos encimaban las masas una sobre otra por lo cual no podían equilibrar los brazos, hasta que un chico comenta que vio en un video que se podían colocar a lo largo del brazo, lo que replicaron y cumplieron con el reto.

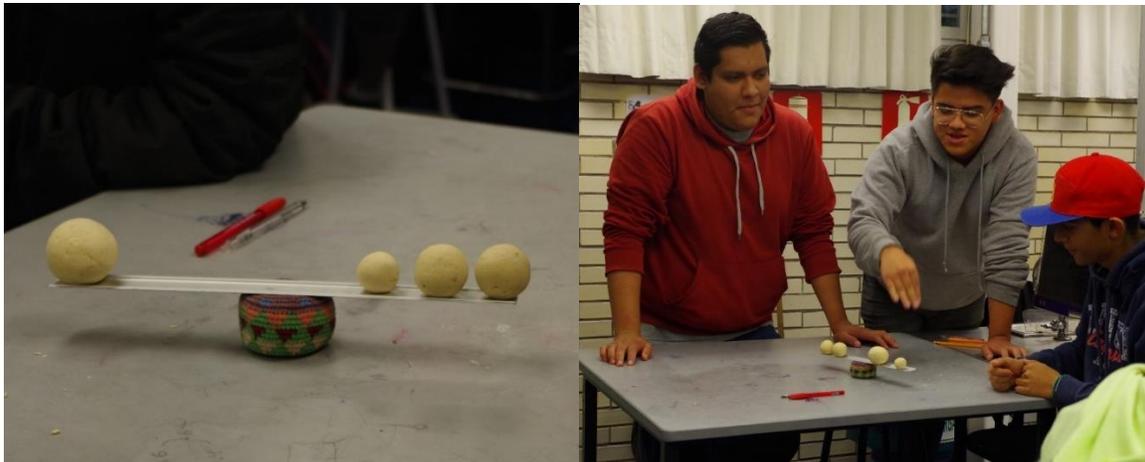


Imagen 37: Balanza de brazos iguales 1.

En otra se colocaron bases de madera con diferente inclinación, pelotas de espuma y palos de banderilla de diferentes tamaños. El reto era dejarla parada empleando una pelota de espuma y un palo de banderilla. Una vez que los alumnos lograban equilibrarla, se realizaban preguntas como; si era la única forma de lograrlo, que se de modificar si el palo tuviera la mitad del largo que emplearon o si la pelota fuera más pequeña o más grande.



Imagen 38: Equilibrista de madera 1.

En la última estación se colocaron piezas de madera para construir la siguiente figura que se muestra en la imagen 39. El reto de esta zona es determinar el número mínimo y máximo de piezas que se pueden equilibrar en dicha configuración. Al

principio la estructura se sostiene con dos piezas para estar equilibrada una vez que los alumnos proponen el número de piezas que debe llevar su estructura se pide retirar uno de los apoyos para ver si se mantiene en pie. Esta actividad lleva más tiempo que las anteriores, además es muy entretenida para los estudiantes. Con ella me percaté que no debería haber el mismo número de estaciones que de equipos, ya que se aburren al tener que esperar su turno. La solución en esta sesión fue dividir el número de piezas para que pudieran participar tres equipos al mismo tiempo. Junto con esta actividad se realizaron preguntas como; si fueran menos o más piezas, ¿qué habría que hacer para equilibrarla? los alumnos se percatan que al cambiar el número de piezas deben modificar el punto de apoyo para mantener el equilibrio del arreglo.

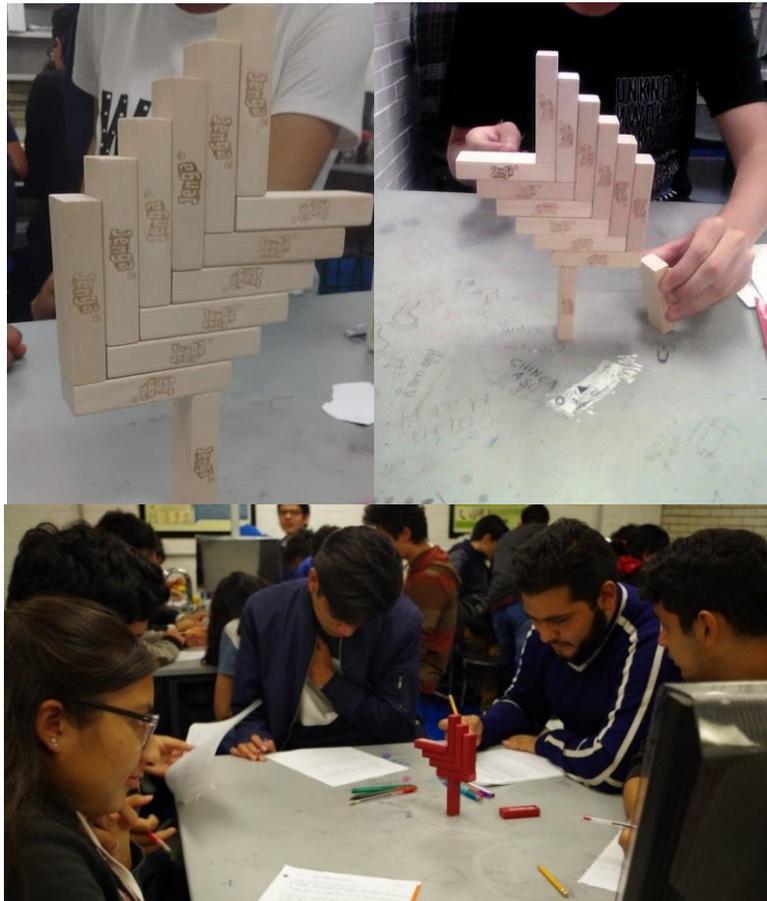


Imagen 39: Equilibrio en la torre.

En esta sesión no se pudieron discutir los resultados de las actividades en plenaria, debido a que la actividad de la torre se alargó mucho.

## Sesión 4 Equilibrio rotacional y traslacional y la torca

### PROPÓSITOS

- Comprender y emplear la ecuación de torca en la resolución de problemas.
- Describir la condición del equilibrio rotacional.
- Trazar e interpretar el diagrama de cuerpo libre.
- Determinar información no evidente del enunciado.
- Interpretar físicamente los resultados numéricos.

La forma de iniciar esta sesión teórica es diferente a la anterior, pues inicia con un análisis de los resultados y observaciones de las actividades experimentales, para construir en conjunto la teoría física. A partir de esta sesión se emplea el modelo integrativo para introducir los modelos matemáticos tratando de permitir mayor interacción de los alumnos para favorecer la comprensión y aplicación de los mismo resaltando la interpretación mediante los conceptos físicos.

Para favorecer el desarrollo de estrategias de solución de los problemas se pide voluntarios para resolver los problemas de ejemplo; sin embargo, durante el desarrollo tanto los compañeros del grupo como el profesor lo apoyan. Esto propicia un aprendizaje entre pares, pues los alumnos emplean ideas más comunes entre ellos.

### Breve descripción del procedimiento

A partir de la discusión de la pregunta 1 del diagnóstico<sup>8</sup> se llega a la conclusión que al aplicar fuerza sobre un objeto este puede desplazarse, rotar o deformarse. Esto permite hablar sobre el equilibrio traslacional, el cual cumple la condición de que la suma de todas las fuerzas que interactúan sobre el objeto es cero. Para identificar las fuerzas que actúan en el sistema y poder establecer la condición de equilibrio traslacional se explica como trazar y emplear el diagrama de cuerpo libre.

---

<sup>8</sup> Al aplicar fuerza sobre un cuerpo, ¿qué puede pasarle?

$$F_T = \sum F_i = 0$$

Posteriormente la discusión guía a los alumnos a identificar el concepto de torca y a explicar que es la responsable de producir un desplazamiento angular. Retomando resultados de los experimentos se concluye que la torca es una cantidad vectorial, por lo cual se puede establecer una convención de signos para expresar el giro que produce. Pensamos en un objeto que se encuentra fijo respecto a un eje, al cual se le aplica una torca en la parte inferior derecha, esto produce un giro en torno al eje en dirección contraria a las manecillas del reloj, por lo cual la torca aplicada es positiva. Si la torca se aplica en la parte inferior izquierda produce un giro en dirección opuesta a la anterior, por lo cual el signo de la torca es negativo.

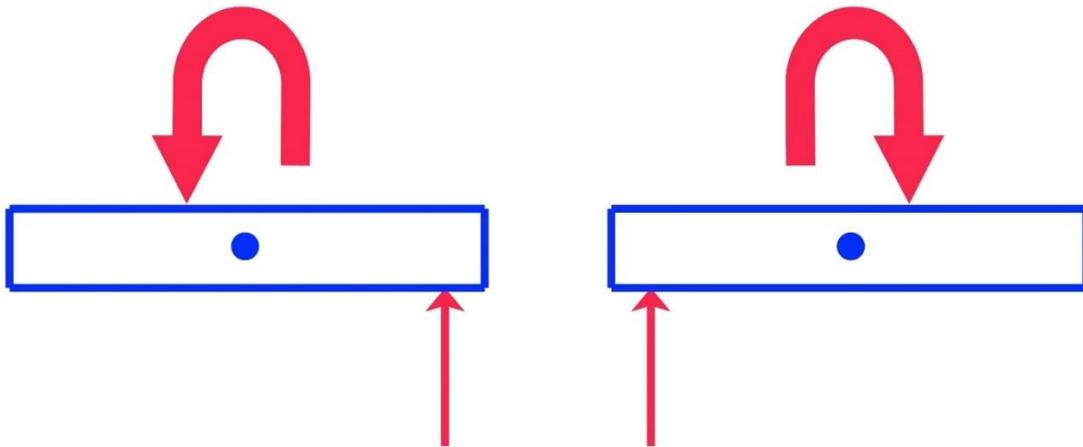


Figura 9: Sentido de la rotación por la torca aplicada.

Con el análisis anterior se deduce que la torca cambia en función de la distancia a la que se aplica la fuerza respecto del eje de giro. Se introduce la ecuación y se discute con los estudiantes cuál es el ángulo en el cual la torca es máxima, empleando sus conocimientos de trigonometría y geometría. Esto se emplea para guiar el razonamiento y explicar los experimentos de la “caña de pescar” y el gato hidráulico.

$$\tau = rF \sin\theta$$

A partir de los resultados de la balanza de brazos iguales surge el concepto de equilibrio rotacional y se determina que debe cumplir la condición de que la suma de las torcas que actúan sobre un objeto es cero, por lo cual no rota.

$$\tau_T = \sum \tau_i = 0$$

Para finalizar la clase se realizan ejercicios que propicien la discusión y análisis de los enunciados a partir de los conceptos físicos. Se deja como tarea resolver un problema de equilibrio traslacional y rotacional por equipo para favorecer la discusión e interpretación, además de fomentar el desarrollo de estrategias de resolución de problemas. El **Anexo 2.6** muestra ejemplos de los ejercicios resueltos por los alumnos. También se proporciona el enlace para el último diagnóstico del tema.

## Sesión 5 Experimentos de conservación del momento angular

### PROPÓSITOS

- Identificar fenómenos de inercia rotacional y momento angular en la vida cotidiana.
- Relacionar la inercia rotacional y momento angular con sus análogos lineales.
- Comprender las implicaciones de la conservación del momento angular.

Los experimentos de esta sesión retoman el ciclo de enseñanza POE, para propiciar el análisis de fenómenos involucrados con la inercia angular y momento angular. Los alumnos realizan las actividades, mientras que el profesor guía la sesión realizando preguntas que centren las ideas de los estudiantes para identificar los fenómenos involucrados. Al retomar este ciclo de enseñanza me percaté que hay alumnos que no les gusta participar por pena a que los compañeros los observen, pero la discusión de los resultados les permite obtener los aprendizajes.

Al finalizar esta sesión se realiza una discusión guiada para identificar los conceptos involucrados y se pide a los alumnos realizar una definición propia de los conceptos. Esta actividad permite determinar dificultades o limitaciones de los alumnos para empelar el lenguaje formal, sin embargo, durante la discusión se proporcionan elementos teóricos para que los incorporen en sus definiciones. Como auxiliar para determinar la pertinencia de las definiciones que construyen, con anterioridad realice un glosario que me permite guiarme y ayudarlos a afinar sus ideas. Un ejemplo de este glosario se encuentra en el **Anexo 3**. Este glosario no se proporciona a los alumnos, para evitar la memorización de los conceptos.

### Breve descripción de los experimentos

En la primera actividad se solicita poner a girar un balón de futbol americano de forma vertical (sobre su eje mayor), se pregunta a los alumnos cual sería la diferencia al girar el balón de manera horizontal (en torno a su eje menor).

Posteriormente se hace girar el balón de manera horizontal. Inicialmente algunos alumnos explican que la única diferencia es que giraría describiendo una circunferencia mayor, ya que como el balón es ovalado tiene un eje mayor y uno menor. El alumno de la fotografía 40 dice que el balón giraría igual, ya que se levanta sobre una de las puntas, hecho que conoce por que ha jugado con este tipo de balón.



Imagen 40: EL balón siempre gira de forma horizontal.

A continuación, se cuestiona a los alumnos sobre si es posible equilibrar un balón de basquetbol sobre un punto de apoyo. La discusión retoma resultados de los experimentos y temas previos, con lo que explican que no es posible, ya que su centro de masa queda dentro de él y no se puede emplear para equilibrarlo. Sin embargo, dos alumnos explican que, si se puede, siempre y cuando el balón estuviera girando. Los estudiantes pasan a ejemplificar esto y se cuestionó sobre, cómo es posible que se mantenga girando si el centro de masa del balón no está apoyado en el dedo, pregunta que no lograron explicar.



Imagen 41: Conservación de momento angular en el balón de basquetbol.

Posteriormente se trabaja con dos ruedas de diferente diámetro, una de bicicleta y una de ejercicio con la finalidad de que experimenten la fuerza que ejerce la rueda sobre ellos al cambiar la posición de giro. Se pone a girar la rueda, se pide extender los brazos al frente y cambiar el plano de giro de la rueda. Se cuestiona sobre si este movimiento podría provocar un giro o un cambio en su posición, los alumnos explican que la rueda no puede ejercer la fuerza suficiente para moverlos ya que el piso ejerce una fuerza de fricción sobre nosotros. Para proseguir con el experimento se proporciona una base giratoria y se pide a los alumnos subirse sobre ella y repetir el proceso anterior. Los estudiantes se sorprenden de que al cambiar la dirección de la rueda ellos comiencen a girar. Se usan dos ruedas de diferente diámetro para que observen que la inercia rotacional es diferente.



Imagen 43: Giro por rueda de bicicleta.

Para retomar la explicación del balón de basquetbol y que los alumnos puedan explicar lo que sucede, se pide tratar de equilibrar la rueda de bicicleta sobre su eje de giro, uno de los alumnos menciona que debe ser algo similar a lo del balón, así que, si no está girando la rueda, está no puede equilibrarse sobre su eje. Por lo anterior decide poner a girar la rueda antes de colocarla sobre su eje de rotación.



Imagen 44: Trompo de rueda de bicicleta.

Para finalizar la sesión se cuestiona sobre qué hace una patinadora o bailarina cuando se encuentra girando y aumenta la velocidad de su giro. Una de las alumnas responde que se debe llevar los brazos al centro del cuerpo y que cuando se quiere reducir la velocidad tienen que extender brazos y piernas, la chica justifica que ella bailaba Ballet, por lo cual sabe eso, pero no entiende el por qué. El último experimento se realiza fuera del salón con una silla giratoria y unas pesas. Se pide a un alumno sentarse con las manos extendidas y cargando las pesas, posteriormente dos compañeros proporcionan el impulso necesario para hacer girar la silla. Durante el giro, se pide al alumno llevar las pesas hacia el centro de su cuerpo y nuevamente extenderlos, lo que ocasiona un cambio en la velocidad.



Imagen 45: Conservación del momento angular.

Uno de los estudiantes pregunta sobre qué pasa si no tienen las pesas, por lo cual se pide que realice la actividad haciendo énfasis en que el conocimiento científico se construye a partir de una pregunta que genere un experimento para describir las observaciones. Como se encontraban animados con el experimento, otro de los alumnos toma asiento y comenta durante el giro soltará las pesas, pues tiene curiosidad por saber que pasará.

Como cierre se realiza una discusión guiada para rescatar los resultados y fomentar la construcción personal de un modelo explicativo. Con la finalidad de realizar una evaluación formativa que permita a los alumnos reafirmar los conceptos vistos, se pide responder un cuestionario sobre las sesiones experimentales. El **Anexo 2.8** muestra ejemplos de los trabajos realizados por los estudiantes.

## Sesión 6 Relación entre parámetros lineales y angulares

### PROPÓSITOS

- Deducir las ecuaciones de inercia rotacional y momento angular a partir de su análogo lineal.
- Comprender y emplear las ecuaciones de inercia rotacional y momento angular en la resolución de problemas.
- Describir las implicaciones de la conservación del momento angular.
- Determinar información no evidente del enunciado.
- Interpretar físicamente los resultados numéricos.

Con las observaciones, resultados y conclusiones obtenidas en las actividades experimentales de la sesión anterior, a través de una discusión guiada se identifican los conceptos y fenómenos involucrados para construir y formalizar la teoría física, además de establecer los modelos matemáticos. Como en todas las sesiones teóricas se promueve el análisis e interpretación de los enunciados para determinar información no evidente, que permitan desarrollar estrategias para resolver problemas.

### Breve descripción del procedimiento

A partir de la segunda ley de Newton se genera una discusión para determinar que la aceleración es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del objeto. Con esa idea se establece que la masa se considera la inercia del objeto, ya que es la que opone resistencia al cambio de velocidad o posición. Para una dimensión y masa constante se tiene que:

$$F = ma$$

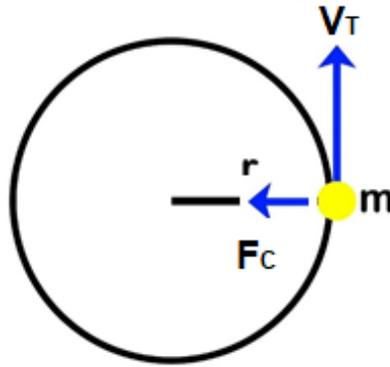


Figura 10: Movimiento circular de una partícula.

Anteriormente se había establecido que la torca genera una aceleración angular, por lo cual, si aplicamos una fuerza externa tangencial a la trayectoria el sistema cambia su velocidad angular. Los alumnos saben que hay una relación entre la aceleración lineal y angular, además de la relación entre la fuerza y la torca. Partimos de multiplicar ambos lados de la segunda ley de Newton por  $r$ .

$$rF = rma$$

donde:

$r$  es la distancia del punto de giro al punto de aplicación de la fuerza externa, que en el caso del movimiento circular coincide con el radio de la circunferencia.

$F$  es la fuerza externa.

$m$  la masa de la partícula.

$a$  es la aceleración lineal.

Empleando la relación entre las aceleraciones angular y lineal la expresión anterior queda como:

$$\tau = rma$$

Como la relación entre aceleración lineal y angular es:

$$a = r\alpha$$

Por tanto, la torca queda expresada como:

$$\tau = rm(r\alpha) = r^2m\alpha$$

De lo anterior se explica a los alumnos que el término  $r^2m = I$  se conoce como inercia rotacional para una partícula de masa  $m$  que se mueve en una trayectoria de radio  $r$ . De esta forma se dedujo la representación matemática que expresa que una torca produce un cambio en la aceleración angular.

$$\tau = I\alpha$$

Analizando la expresión anterior se concluye que la aceleración angular que adquiere un objeto es directamente proporcional a la torca aplicada e inversamente proporcional a su inercia rotacional.

Para continuar se pregunta a los alumnos qué significa que un cuerpo rueda sin deslizarse, pues es algo que suele emplearse en los problemas de inercia rotacional. De esta forma se establece que un cuerpo para rodar sin deslizarse debe cumplir la condición que, al dar una vuelta completa, la distancia recorrida es igual a su perímetro.

Experimentalmente se observó que, en ausencia de una torca externa que actúe sobre el cuerpo, se dice que el momento angular es conservativo. Retomando conocimientos de cursos anteriores de física se trabaja con la confusión sobre fuerza y momento, ya que suelen identificarlas en sus expresiones cotidianas. Por ejemplo, piensan que en un choque el auto de mayor masa ejerce mayor fuerza. Consideramos la ecuación de la segunda ley de Newton  $F = ma$  para aclarar esta confusión. Se discute sobre que cuando un objeto tiene

una velocidad lineal, este presenta un momento  $p = mv$ . Se recuerda que la aceleración es el cambio de velocidad por unidad de tiempo.

$$F = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Si no hay ninguna fuerza externa que afecte al objeto, se dice que el momento permanece constante, con esto los alumnos comprenden la diferencia entre los conceptos. Se introduce el concepto de impulso ( $F\Delta t$ ) por lo cual:

$$F\Delta t = m\Delta v = \Delta p$$

De igual forma cuando un objeto presenta una velocidad angular, debe tener un momento angular, el cual se describe como:

$$L = mr^2\omega = I\omega$$

Esta ecuación se deduce nuevamente empleando las relaciones entre los parámetros lineales y angulares. Ahora considerando que la aceleración angular es el cambio de la velocidad angular por unidad de tiempo.

$$\tau = r^2m\alpha = r^2m \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Tenemos:

$$\tau\Delta t = r^2m\Delta\omega = I\Delta\omega$$

Para finalizar se realizan algunos problemas de inercia rotacional (**Anexo 2.9**) y de momento angular (**Anexo 2.10**).

## Sesión 7 Examen de cuerpo rígido

Aplicación del examen.

### ***Bibliografía***

Aranzeta, C. (2009). Física General 1. México: McGrawHill.

Giancoli, D. (2009). Física 1: Principios con Aplicaciones. 6ta. México: Pearson.

Hewitt, P. (2007). Física conceptual. México: Prentice Hall.

Rex, A. F., Wolfson, R., & Romo, M. M. (2011). Fundamentos de física. Addison Wesley.

Tippens, P. E., Orozco, J. H. C., & Ruiz, Á. C. G. (2007). Física: conceptos y aplicaciones. McGraw-Hill Interamericana.

Zemansky, S. (1988). Física universitaria. Buenos Aires: Addison-Wesley iberoamericana.

### ***Artículo***

Alcubierre, M. (mayo de 2005). Soy Físico. ¿Cómo ves?, 78, 10-14.

# Resultados

---

La propuesta didáctica descrita anteriormente muestra parte del trabajo desarrollado a lo largo de los cursos de Física III y IV en el CCH, que corresponden a materias optativas. Exhibe estrategias de aprendizaje capaces de ajustarse a cualquier tema de física en el bachillerato. Además, ponen al alumno como el constructor principal de su propio aprendizaje, mientras que el maestro es un guía que facilita la construcción activa del conocimiento. También muestra flexibilidad en el empleo de los métodos y estrategias por ejemplo la “feria de ciencia” (módulos de trabajo) puede emplearse en diferentes momentos del curso.

Las actividades propuestas describen la forma de usar elementos propios de la divulgación en un contexto formal para promover el interés y participación de los estudiantes. La intención de implementar estas herramientas es enseñar una física más cercana a la vida cotidiana para favorecer la comprensión de los temas más allá de la manipulación de las ecuaciones. Esto no significa que se quiera hacer un curso de física sin matemáticas o que las ecuaciones no sean importantes para el desarrollo de éste. Sin embargo, como se mencionó previamente, la capacidad de resolver problemas no muestra la comprensión conceptual de los temas y favorece principalmente un aprendizaje memorístico de las fórmulas y procedimientos.

Cuando el nivel matemático de las deducciones corresponde al conocimiento de los estudiantes, los modelos matemáticos o las fórmulas se deducen. De esta forma, se exhibe el origen de la ecuación, las variables involucradas cobran sentido y se facilita la comprensión para su manipulación, debido a que una de las principales dificultades al resolver problemas es que los alumnos no comprenden como emplear estos modelos. Además, permite relacionar la parte experimental con la formalización matemática, lo que muestra que el modelo matemático es una descripción de la física.

El uso de experimentos llamativos captura totalmente la atención de los estudiantes y ayuda a los que no están en etapa formal a comprender los fenómenos físicos ya

que inicialmente no se utilizan expresiones matemáticas en los mismos. Si se sigue esta metodología es indispensable contar con material suficiente para todos los estudiantes, si no es muy posible que se pierda la atención. Durante los experimentos demostrativos se logra menos participación que en los experimentos realizados en pequeños grupos, debido a que algunos estudiantes temen expresar sus ideas por temor a estar equivocados. Hay estudiantes que son muy participativos y el papel del profesor es el procurar que todos participen por igual, aun los que hablan poco.

Al principio los alumnos están acostumbrados a que el profesor sea quien tiene que hablar durante toda la sesión, para transmitir los conocimientos, así que les fue complicado adaptarse a la forma de trabajo descrita en esta propuesta. Como se trabajó a lo largo de un año con el mismo grupo fueron adaptándose paulatinamente a la dinámica que se iba ajustando. A tal grado, que no se percataron del momento en que ellos comenzaron a tomar el papel principal en el desarrollo de los temas, debido a que la mayoría del grupo comenzaba a interesarse más por las actividades y perdían el temor a participar.

Otro cambio que no percibieron fue que al inicio el profesor era quien resolvía los problemas de ejemplo y poco a poco se cedió a ellos la resolución de estos, con el apoyo y guía de sus compañeros y del profesor. Esto se logró ya que todo el tiempo se propicia el análisis e interpretación de los enunciados para determinar información no evidente, lo que les permitió desarrollar estrategias para resolver los problemas, además de lograr dar una interpretación de los resultados con base a los conceptos físicos.

El diseño de esta propuesta centrado en la contextualización permitió un cambio de actitud hacia la física, además logró generar un ambiente donde los alumnos podían expresar sus experiencias para facilitar la interpretación de los fenómenos físicos. El interés generado por las actividades motivó a los estudiantes a entrar más a clases, por lo que se redujo el ausentismo, que es uno de los principales problemas en el bachillerato. Otro factor que favoreció la asistencia es que las evaluaciones de tareas y trabajos se entregaban en los tiempos acordados para permitir aclarar

dudas en los resultados obtenidos y así tratar las deficiencias que pudieran tener. Además, al final de cada mes se realizaba una evaluación general de tareas y exámenes entregados para que los alumnos valoraran y tomaran conciencia del cumplimiento de las actividades. Esto permitió hablar con los alumnos que no cumplían con la entrega de las actividades y asistencia a clase, como estrategia preventiva. De esta forma, se logró establecer empatía con los estudiantes debido a que sentían que el profesor se preocupaba por ellos. Como resultado de estas medidas se observó una disminución en la deserción del curso, así como calificaciones más altas comparadas con el estándar de los cursos de física.

Fomentar el desarrollo de los modelos físicos para explicar los fenómenos permitió que los alumnos adquirieran ciertos conocimientos para poder describirlos con sus propias palabras, sin embargo, algunos de ellos no usaban el lenguaje adecuado o se encontraban limitados por su vocabulario. Esta forma de trabajo les agrado bastante a los alumnos, pues mencionan que no tenían que aprender de memoria los conceptos y podían explicarlos con ideas propias.

Los conocimientos adquiridos a lo largo de la estancia en MADEMS permitieron al autor de esta Tesis identificar problemas que surgieron en el desarrollo de las actividades y ajustarlas durante el proceso, por ejemplo.

- Trabajar un cierre a través de una discusión guiada que permita obtener generalizaciones de los resultados de las actividades experimentales.
- Proporciona una explicación global sobre los experimentos, para evitar que los alumnos sigan una “receta”.
- Colocar más estaciones en la “feria de ciencia” que equipos, para evitar que se aburran al tener que esperar.
- Emplear el método de integración en las clases teóricas para introducir los modelos matemáticos al propicia una discusión con base a las observaciones, resultados y conclusiones de las actividades experimentales.
- Percibir que cuando el profesor resuelve ejemplos suele simplificar demasiado y muchos alumnos no comprenden estos desarrollos

matemáticos, pero no se animan a preguntar, por lo que optan por la memorización de procedimientos.

- Enviar previamente los diagnósticos predispone a los alumnos al tema y buscan información sobre los conceptos.
- Cierta tipo de tareas como el empleo de las simulaciones ayudan a reforzar los aprendizajes.

## Comparación entre grupos

Durante la aplicación de la Práctica Docente 1 además del grupo propio se trabajó con dos grupos invitados, uno vespertino y otro matutino. En la tercera Práctica se trabajó con un grupo matutino extra. Cada uno de los grupos exhibe habilidades diferentes, reflejo de la forma de trabajo con sus profesores. Una de las principales dificultades de trabajar con un grupo invitado es que, algunos de los estudiantes consideran que no es necesario prestar atención a quien no es su profesor, ya que él no pone la calificación y están acostumbrados a la metodología del titular del grupo.

La forma de trabajo hizo que algunos estudiantes que habían abandonado el curso regresaran por los comentarios favorables de sus compañeros sobre el desarrollo de óptica. Esto generó un cambio de actitud hacia la física y, en general, comenzaron a asistir por interés, más que por acreditar el curso. Principalmente el desinterés en la clase radica en el manejo algebraico, pues muchos alumnos consideran que tienen problemas con los temas de matemáticas. El cambio de estrategia centrado en experimentos y ejemplos de la vida cotidiana generó la capacidad de establecer relaciones entre las expresiones algebraicas con los fenómenos ópticos y así dar sentido a la fórmula.

En un grupo, parte de los alumnos no se vieron interesados en los experimentos, justificando que eso no era hacer física, pues lo relevante de la asignatura es establecer ecuaciones para poder resolver problemas. Esta idea se fomenta por el desarrollo de sus cursos previos de física, cabe aclarar que estos estudiantes tienen

una base sólida en sus conocimientos de matemáticas, por lo cual no tenían problema para resolver los ejercicios; sin embargo, esto no implica que tengan menor dificultad con la construcción de los conceptos. Algo similar señala Knight en su libro “Five easy lessons” (2004). Tampoco se les facilita poder extraer información no evidente de los enunciados, ya que están acostumbrados a emplear únicamente datos evidentes proporcionados en los ejercicios.

## Autoevaluación de los alumnos

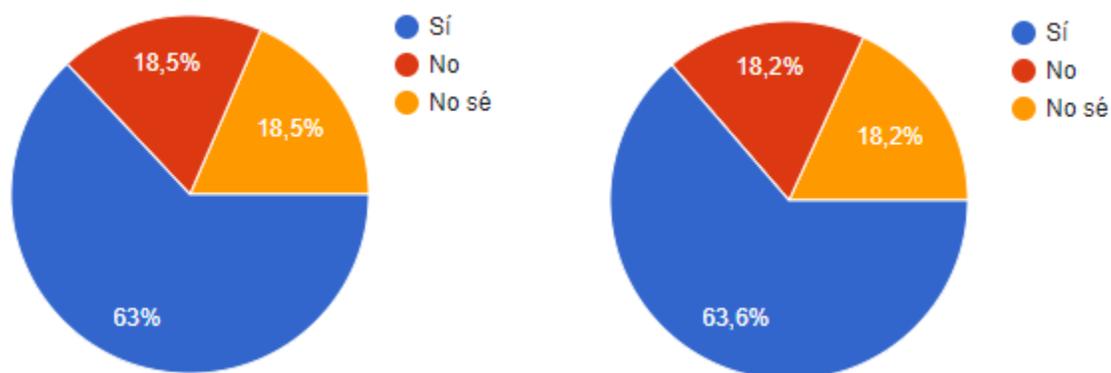
Al finalizar el semestre se entregó a los alumnos un formato que les permitiera realizar una reflexión sobre su desempeño, además al entregar los promedios se decidió dar una retroalimentación de su trabajo a cada uno, con la finalidad de resaltar aciertos y fallas, logros de aprendizaje y cambios de actitud. Esto permitió comentar con ellos las respuestas “no sé” en su autoevaluación, referidas a asistencia, participación, entre otras.

Los resultados que se muestran a continuación son de los 27 alumnos que tuve tanto en el curso de Física III, como en Física IV, esto con la finalidad de poder observar el cambio que se logra de un semestre al otro. Las gráficas manifiestan los resultados de todo el semestre, no únicamente la estrategia que se presenta en la Tesis. A continuación, se realiza un análisis de algunos aspectos de esta evaluación.

Como se comentó previamente, Física III y IV son optativos para 5° y 6° semestre del CCH, por lo cual se esperaba tener una población interesada en la Física. Sin embargo, muchos estudiantes llegan a estas materias debido a que las asignaturas que les interesan se encuentran saturadas. Esto provoca una baja motivación por asistir al curso, pero deben hacerlo para acreditar. La estrategia propuesta logró cambios favorables en la participación, aunque ellos no lo perciben, ya que las gráficas de participación de Física III y IV son prácticamente iguales. Se debe aclarar que en Física IV se inscribieron 6 alumnos que no cursaron siguiendo esta estrategia didáctica Física III, por lo que la comparación en las gráficas no puede

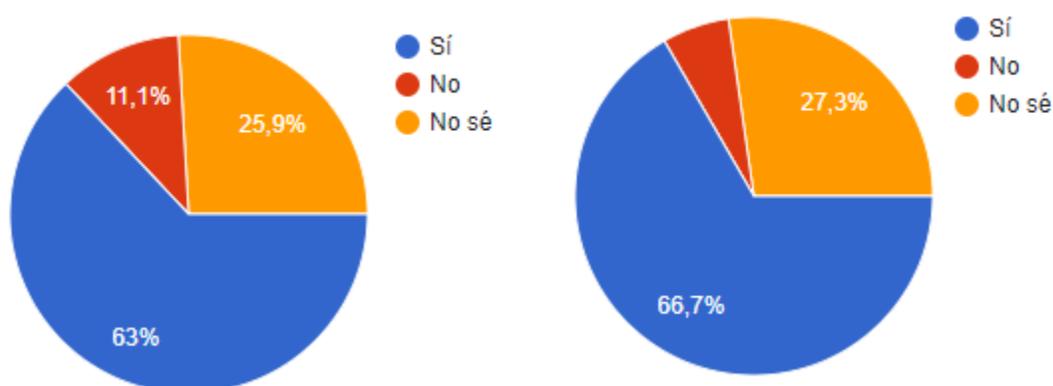
ser tan directa. Para efectos de la comparación estadística se utilizaron los datos de los alumnos que participaron a lo largo de todo el año escolar, esto es en Física III y IV.

Al preguntar sobre el “no sé”, explicaron que no participaron al principio, pero terminaron haciéndolo o que no participaron como otros compañeros, por lo cual no consideraron completa su intervención. Sin embargo, como se observa en la gráfica 1 la participación de los alumnos se mantiene en porcentaje mayor al 50% durante los dos semestres.



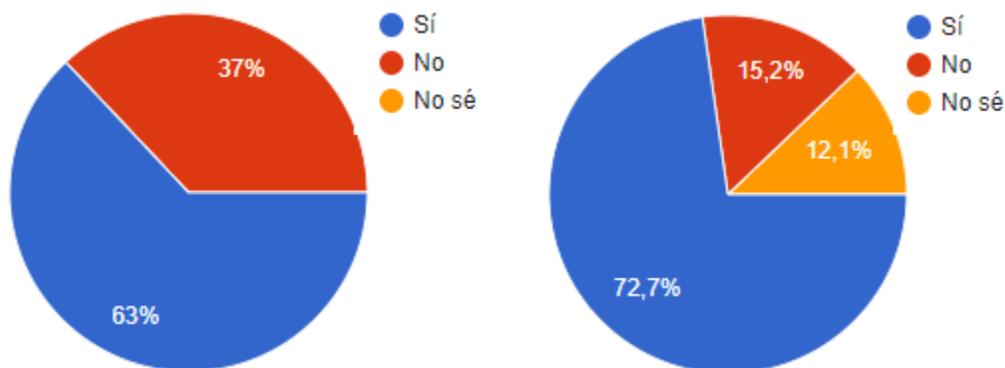
Gráfica 1: Participación. A) Física III. B) Física IV.

Las actividades propuestas exhiben una relación entre la Física y la vida cotidiana de los alumnos, además, al no verse limitados a una guía pueden experimentar lo que consideran necesario y comparten experiencias propias relacionadas con los fenómenos. Como resultado de esta libertad los alumnos realizan preguntas que favorece la discusión de las actividades. La gráfica 2 muestra la percepción de los alumnos realizar preguntas pertinentes en el curso. Nuevamente, la inseguridad de los alumnos hizo que no consideraran adecuadas las preguntas que realizaban.



Gráfica 2: Preguntas pertinentes relacionadas al tema. A) Física III. B) Física IV.

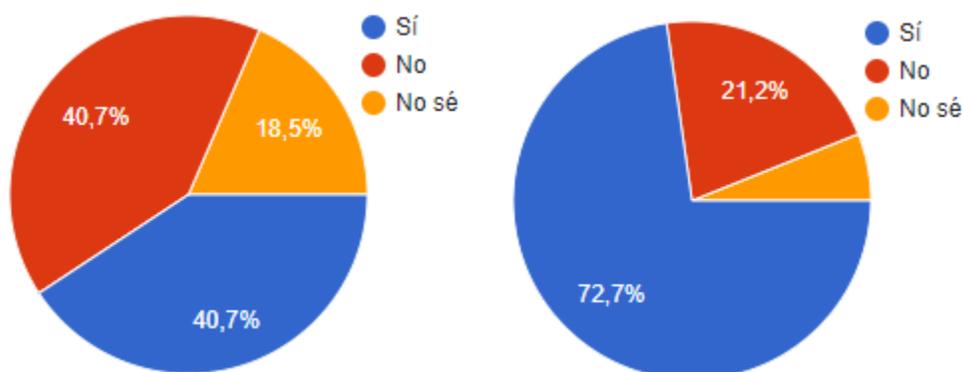
Al inicio del curso había un menor porcentaje en la entrega de tareas, debido a que los alumnos se encuentran con una baja motivación y justifican que esto jamás les será de utilidad en su vida. La revisión del cumplimiento en entrega de tareas que se realizó al final de cada mes ayudó a establecer empatía con los estudiantes, además de mejorar la entrega de estas. Esto se puede observar en la gráfica 3.



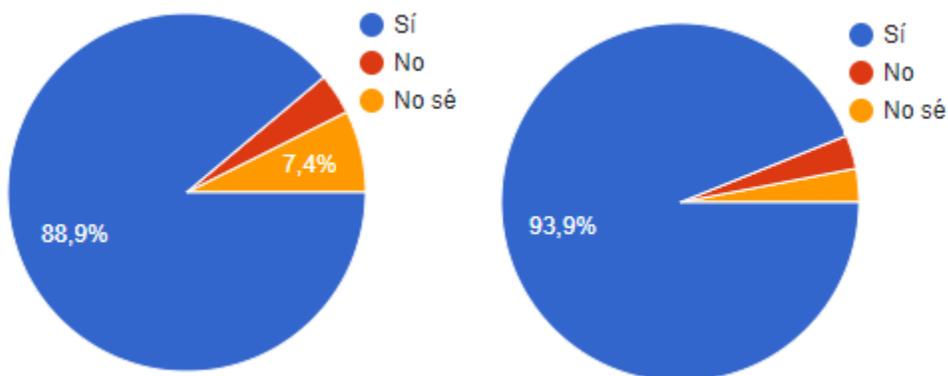
Gráfica 3: Entrega de tareas. A) Física III. B) Física IV.

Se propició mucho el trabajo entre pares que se ve reflejado en el compromiso con su equipo, esto se exhibe en las siguientes gráficas. Los alumnos se dieron cuenta que pegar las partes del trabajo no era igual que hacerlo en equipo, ya que la discusión propicia mayor comprensión. Aquellos que trabajan solos, por considerarse muy buenos, se percataron que explicarle a los demás les ayuda a aclarar ideas propias. Además, las explicaciones de los compañeros complementaban aspectos que no habían considerado. Las gráficas muestran la

evaluación hacia el trabajo de los compañeros y la autoevaluación de su participación en el equipo. Hay que mencionar que el trabajo en equipo es una de las competencias que se piden actualmente en todos los puestos laborales, y que se suele comentar que los físicos y los matemáticos no lo propician (Marbach-Ad, Hunt, & Thompson, 2019).



Gráfica 4: Evaluación del trabajo en equipo de los compañeros. A) Física III. B) Física IV.



Gráfica 5: Autoevaluación del trabajo en equipo. A) Física III. B) Física IV.

Como conclusión general de esta sección, la pregunta 12 sobre adquisición de conocimientos interesantes el 100% de los alumnos en los dos cursos contestan que sí. Todos consideran que pueden acreditar y su autoevaluación coincide con la calificación del profesor. Como puede notarse en las siguientes tablas, los únicos que no aprobaron fueron los que no asistieron o desertaron. Las calificaciones asignadas por el profesor son superiores a las que ellos se asignan.

Calificación	10	9	8	7	6	Total
Autoevaluación	5	12	9	1	0	27
Asignada	8	13	4	2	0	27

Tabla 1: Calificaciones del curso de física III.

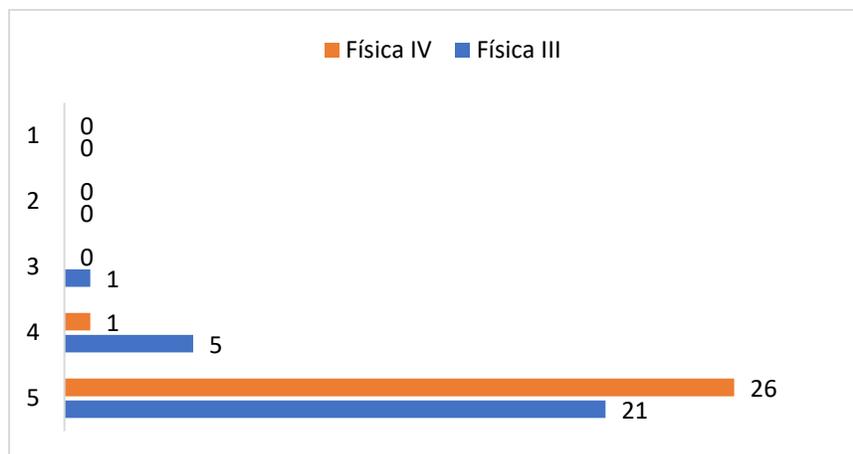
Calificación	10	9	8	7	6	Total
Autoevaluación	7	9	8	2	1	27
Asignada	10	10	5	1	1	27

Tabla 2: Calificaciones del curso de física IV.

## Evaluación del profesor

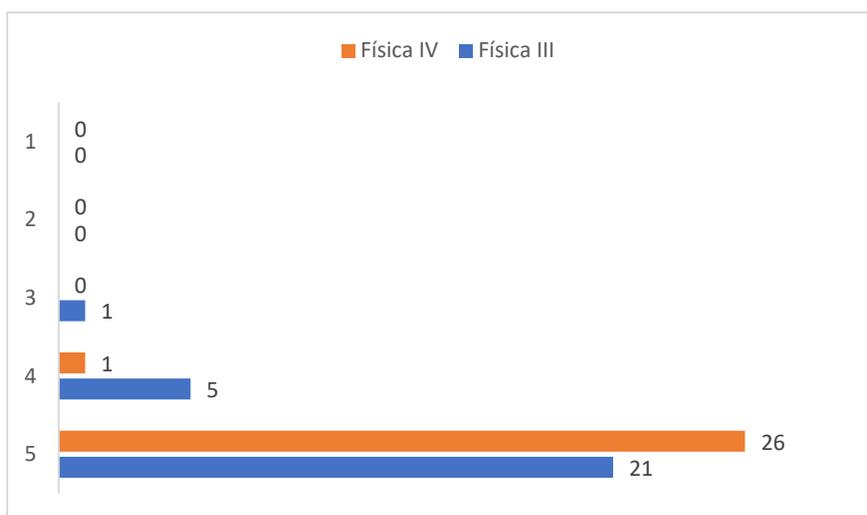
Este instrumento tiene como finalidad recabar información sobre el desempeño del profesor durante el semestre. Emplea una escala Likert de 1 (nunca) a 5 (siempre).

En la primera clase de los dos cursos se proporciona y analiza el temario de la asignatura, con la finalidad de mostrar los temas que deberán cubrirse a lo largo del ciclo, sin embargo, se realizan pequeños ajustes al programa indicativo para emplear la metodología descrita en este trabajo. Como se puede observar en la gráfica 5, los alumnos consideran una mejor organización de los temas en Física IV, debido a que ya se han familiarizado con la forma de trabajo. Algunos de los alumnos mencionan que durante Física III pensaron que la organización no era adecuada, por empezar con actividades experimentales ya que están acostumbrados a iniciar con fórmulas y problemas.



Gráfica 5: Organización adecuada de los contenidos.

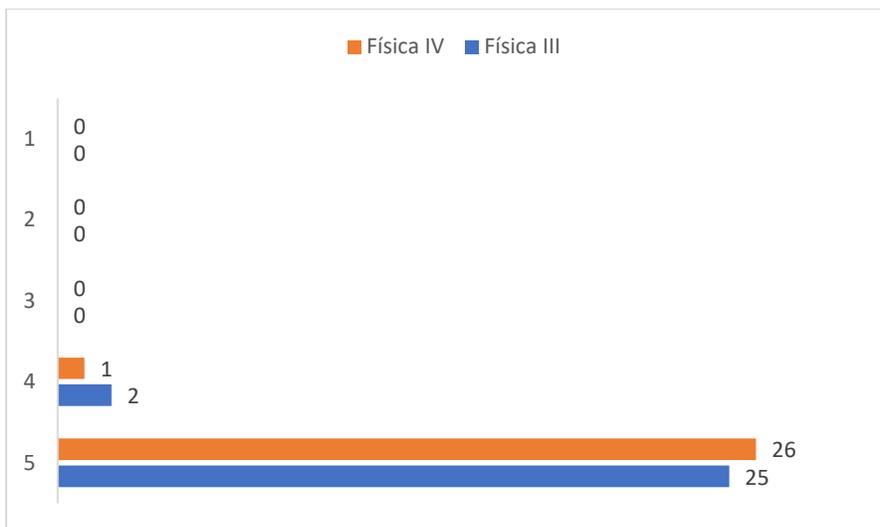
Dentro de esta propuesta se considera al alumno como el constructor de su propio conocimiento, por lo cual es importante quitarles el anonimato en clase. Esto resulta complicado, debido a que a algunos estudiantes no les gusta hablar frente a los demás, al no enfocar la participación únicamente a resolver problemas en el pizarrón o explicar algún fenómeno, sino también a contar experiencias personales para contextualizar los temas, se generó un cambio en su actitud. La gráfica 6 muestra la evolución que se logró en la participación, pues los alumnos relacionan esto con que el profesor es quien propicia la participación en la clase.



Gráfica 6: Propició la participación en clase.

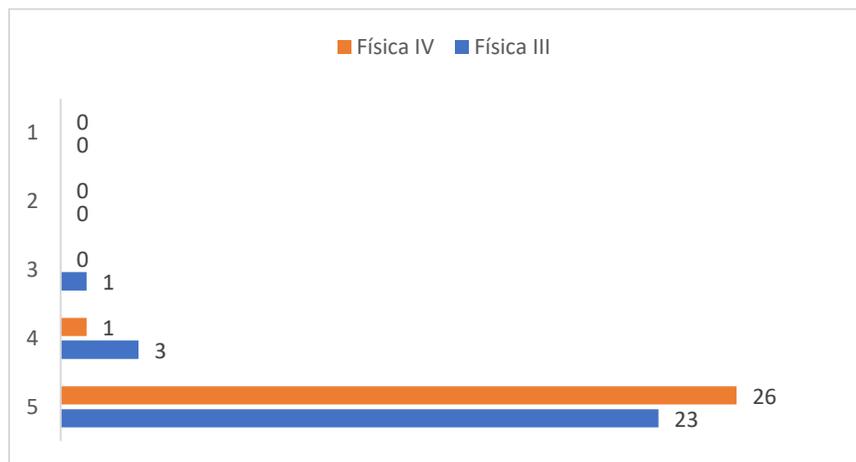
La implementación de los experimentos en esta propuesta, además de motivar a los alumnos busca fomentar su participación en la clase, al propiciar la libertad de probar sus hipótesis para desarrollar habilidades de análisis y reflexión. Como se

observa en la gráfica 7, los estudiantes consideran que esto les permitió lograr una comprensión más allá de la memorización de los conceptos y fórmulas. También se exhibe un cambio en la percepción del uso de los experimentos, lo cual es resultado de trabajar con esta dinámica a lo largo de los dos semestres.



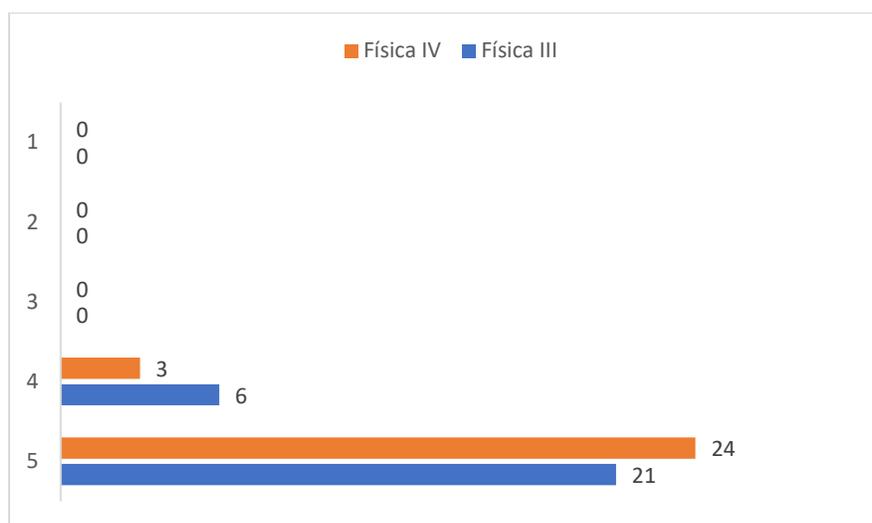
Gráfica 7: Los experimentos planteados permitieron comprender mejor el tema.

La gráfica 8 muestra que los alumnos piensan que el profesor ayudó a establecer conclusiones congruentes. Sin embargo, el uso de representaciones múltiples como la lingüística, gráfica, algebraica, etcétera, al relacionar la parte experimental con la formalización matemática, les permitió a los jóvenes establecer por si mismos conclusiones congruentes sobre los fenómenos físicos y así adquirir los conceptos necesarios para entender y explicar las teorías y leyes físicas.



Gráfica 8: Conclusiones congruentes a los temas expuestos en la clase.

Por último, al proceder todo el tiempo de lo concreto a lo general se favorece la construcción del modelo físico a partir de sus modelos intuitivos, los alumnos no sienten que el profesor impone sus ideas sobre las de ellos, además genera una comunicación bidireccional de los alumnos al profesor y del profesor a los alumnos que lleva a los alumnos a pensar que el profesor es quien se expresó claramente en las explicaciones (gráfica 9), pues en su mayoría lograron alcanzar los aprendizajes.



Gráfica 9: Se expresó claramente en las explicaciones.

## Opiniones sobre el desarrollo del curso

A continuación, se presentan algunas opiniones tomadas de la evaluación final. Ellas muestran que se estableció empatía entre el alumno y el profesor, les gustó la metodología de la experimentación a la formalización y la relación con la vida cotidiana, a pesar de que al inicio se resistían a los cambios de una clase tradicional a una clase más participativa, percibida por algunos como desordenada. Estas son algunas de las razones reportadas en la literatura como limitantes para que los profesores cambien la dinámica (Marbach-Ad, Hunt, & Thompson, 2019; Reigosa & Jiménez Aleixandre, 2000). Uno de los problemas detectados al inicio del trabajo de Tesis y que se pretendía abordar, es que el interés de los alumnos es acreditar y no aprender, en algunas de las opiniones se muestra este cambio de actitud:

*“Me gustó bastante la forma de impartir el curso, sentí que es bastante importante que como alumnos nos preguntemos acerca del tema que se imparte y que se deduzcan algunas cosas a partir de los conocimientos que tenemos, que básicamente fue lo que me gustó siempre de las clases del profesor”.*

*“Me gustó mucho las clases en verdad se me hicieron muy dinámicas hizo que no se me hiciera pesado mi semestre es Joven el profesor por lo cual tiene otras ideas de las clases y forma de manejarla, creo que se apego mucho al texto de SOY FiSICO y bueno creo que todos tenemos problemas para entender la física pero por qué nos enseñan muy tradicionalista cuando debemos empezar por óptica y más dinámico y eso exactamente hizo el profesor.”*

*“A pesar de que en un inicio me costó el acostumbrarme al estilo de la clase, el profesor y sus estrategias de enseñanza generan un ambiente de amor por la ciencia y un interés por querer conocer más. Me gustó y agrado bastante la forma en que llevo la clase, la importancia que le brinda a la parte experimental es algo que me gustó mucho, además de que ayuda mucho a la comprensión de la clase. Como sugerencias creo que sería bueno en ocasiones dejar más trabajos individuales y como complemento los que se hacen en colectivo, además de tratar de que la participación de los compañeros sea un poco más clara y que aprendan a expresar de forma estructurada sus ideas.”*

*“Sin dar alagos, me parece que fue de los mejores cursos que tuve porque fue una materia que siento deberían ser así, donde no todo sean ejercicios sin explicación. El tiempo en clase habían veces en las que se pasaba muy rápido el tiempo por lo interesante que iba yendo. Algo que quisiera comentar es que a veces se forma un desorden que siempre ha sido difícil de manejar sin verse enfadado pero que si es posible. Agradezco haber tenido un buen curso que no sentí pesado y que me gustara mucho.”*

*“Mis respetos, es un gran profesor, en lo personal pienso que cumplió al pie de la letra su principal objetivo: Hacernos ver la física desde otro punto muy distinto, y es que bueno, jamás había conocido o tenido a alguien que se apasionara tanto por la física, o también en otras materias.”*

*“Es un buen profesor que siempre ayudaba a todos en las dudas en cuanto a exámenes, tareas y prácticas. Siempre antes de empezar un tema realizaba una exposición o llevaba experimentos para el buen entendimiento de este, la clase nunca fue aburrida y en los días de práctica la pasábamos bien. Fue un muy buen curso de física.”*

*“Considero que la clase fue excelente con explicaciones claras y ejemplos didácticos. El contenido estaba organizado de buena manera y se entendía a la perfección el material de apoyo. Muy bueno en todo sentido.”*

*“Siga así profesor, es de las clases más interesantes que he tenido, la física ya me gustaba y gracias a usted he ampliado mi conocimiento sobre diversos temas y más con la práctica de sus experimentos. Muchas gracias por el curso profesor.”*

*“Es un excelente maestro, de hecho el mejor que me ha impartido física, sus clases no son iguales a otras, se nota esa esencia y amor que tiene por la docencia y porque nos quedemos con los conocimientos y no solo la calificación. Como persona, he aprendido mucho de usted, es una maravillosa persona y eso lo ayuda mucho en su trabajo de profesor. A mí parecer es una de mis mejores experiencias en CCH y en todo el ámbito escolar. Le deseo las mejores vibras y no tenga dudas en que es muy bueno, tiene un don para esto. Saludos.”*

*“Profesor lo quiero felicitar por el desempeño que tuvo en las clases y ese compañerismo hacia nosotros. Los jóvenes necesitamos a un docente como usted, que sea exigente con nosotros y consigo mismo, que nos oriente, apoye y guíe nuestro aprendizaje. Que sean las clases dinámicas y que invite a la participación del alumno. Gracias por ser un gran profesor y por llenarme de conocimientos, siga así y le aseguro que ninguno de sus alumnos se negará a tener un profesor como usted.”*

*“Lo único que puedo decir es que este curso, no solo el semestre, si no todo el año me gustó demasiado la clase, ya que el profesor siempre nos mantenía al tanto de las clases, su manera de enseñar es muy buena y además de que buscaba que con diferentes actividades aprendiéramos y claramente fue así-, por que sin duda alguna llevo un gran aprendizaje por parte del profesor y gracias a él entendí de una mejor forma los temas. Sin dudarlo me gustó mucho el curso.”*

*“El maestro tubo una buena recepción de trabajos y administro de manera inteligente ciertos temas, nos los facilito con ejemplos y los trabajos echos cubrieron lo necesario para comprenderlos.”*

*“Me gusto demasiado esta clase por que la forma de evaluación del profesor fue muy buena ademas de que me gusto su idea de querer enseñarnos de una nueva manera, una donde aprendamos con nuestra vida cotidiana y no sea la típica enseñanza de aprendernos todo, autores y problemas, si no que el profesor nos expuso de buena y excelente manera utilizando la vida como ejemplos.”*

*“Si fueron muy claros los experimentos que el profesor dio durante el curso, me ayudo mucho a comprender los temas que el profesor daba. Al inicio cuando veíamos la parte matemática del tema me costaba un poco entenderlo porque a mi se me complica mucho esa parte pero la forma de que el profesor dedujo las formulas me facilito entenderlas.”*

## Consideraciones finales

Se logró emplear elementos de la divulgación en un contexto de educación formal, lo que permitió a la mayoría de los estudiantes comprender los conceptos y leyes físicas, además de poder emplearlos en la explicación de fenómenos que observan día a día. Sin embargo, estas explicaciones se ven limitadas por el lenguaje que poseen, pues no todos logran formalizar adecuadamente.

Tanto las estrategias didácticas como la actitud del profesor influyen directamente en la motivación e interés por la clase. La forma de trabajo cambió la percepción inicial de los jóvenes hacia la física, aumentó su motivación por asistir a la clase, lo que favoreció que se involucraran en la construcción de su propio aprendizaje.

Relacionar la parte experimental con la formalización matemática, mostró que el modelo matemático es una descripción de la teoría física, de esta forma se evita que los experimentos queden únicamente como un juego. La deducción de las fórmulas ayudó a los alumnos a comprender las variables involucradas, lo que facilitó la manipulación de éstas.

Uno de los principales problemas para resolver ejercicios es que los alumnos no entienden lo que tienen que realizar, por lo cual no logran emplear adecuadamente las fórmulas, así que promover el análisis e interpretación de los enunciados para determinar información no evidente, favoreció el desarrollo de habilidades y estrategias para resolver problemas, además de fomentar la interpretación de los resultados con base a los conceptos físicos. Uno de los comentarios de los alumnos fue que al deducir la ecuación le quedó claro el origen de la ecuación y el significado de las variables involucradas para su manipulación al resolver los problemas planteados. Otro alumno expresó que logró relacionar la parte experimental con la formalización matemática, lo que le permitió por primera vez entender que el modelo matemático es una descripción de la física. En términos de la investigación educativa, el alumno logró relacionar el modelo legal con el modelo objeto (Gutierrez, 2014).

Los alumnos tienen dificultad para expresar sus ideas al redactar los reportes de las actividades experimentales, siendo más evidente en las conclusiones. Por ello, el siguiente paso en mi actividad docente es el de ayudar a aplicar los conocimientos que adquieren en las asignaturas de talleres de lectura y redacción, al enfatizar la escritura de los reportes experimentales, ya que también esta es una competencia necesaria para la vida laboral.

En general, los resultados obtenidos en las evaluaciones reflejan los aprendizajes alcanzados por el trabajo, esfuerzo y dedicación realizados por cada uno de los alumnos durante el desarrollo del curso. El conjunto de todos los elementos descritos en el trabajo influyó, evidentemente en la acreditación de los dos cursos, pues solo no aprobaron los que no asistieron y las calificaciones obtenidas fueron mayores al promedio histórico reportado en estas asignaturas.

# Referencias

---

Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2008). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electronica de Investigación En Educación En Ciencias*, 1 (December), 40–49.

Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273320452005>

Alcubierre, M. (mayo de 2005). Soy Físico. ¿Cómo ves?, 78, 10-14.

Arandia, E., Zuza, K., & Guisasola, J. (2016). Actitudes y motivaciones de los estudiantes de ciencias en Bachillerato y Universidad hacia el aprendizaje de la Física. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 13(3), 558–573.

Byun, T., & Lee, G. (2014). Why students still can't solve physics problems after solving over 2000 problems. *American Journal of Physics*, 82(9), 906–913. <https://doi.org/10.1119/1.4881606>

Carretero, M. (1993). Constructivismo y educación. Edelvives. Zaragoza.

Ceberio, M., Guisasola, J., & Almudi, J. M. (2005). Revisión de las investigaciones sobre propuestas didácticas en resolución de problemas de física. *Enseñanza de las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Número Ext (1982), 1–5.

Chernicoff, L., & Echeverría, E. (2012). ¿Por qué enseñar ciencia a través de la indagación? un caso en la universidad autónoma de la ciudad de México (UACM). *Educación Química*, 23(4), 432–450. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30131-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30131-3)

Crujeiras, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de

conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de Las Ciencias*, 33(1), 63–84. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1469>

Colin, P., Chauvet, F., & Viennot, L. (2002). Reading images in optics: Students' difficulties and teachers' views. *International Journal of Science Education*, 24(3), 313–332. <https://doi.org/10.1023/B:LOGI.0000031375.18295.30>

Colmenares, A. M., & Piñero, M. L. (2008). La Investigación Acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Año*, 14(27), 96–114. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/761/76111892006.pdf>

Eggen, P., & Kauchak, D., (2009), Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento, Tercera edición, Fondo de Cultura Económica, México

García-Molina, R. (2011). Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 370-392.

Garriz, A. (2010). Indagación: Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educacion Quimica*, 21(2), 106–110.

Gil, D., Furió C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez -Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M. & Pessoa de Carvalho, A.M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2)

Guisasola Aranzábal, J., ... & Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.

Greer, A. J., & Bierman, J. D. (2005). Challenge laboratories. *The Physics Teacher*, 43(8), 527-529.

Guisasola, J., Ceberio, M., Almudí, J. M., & Zubimendi, J. L. (2011). La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, 29(3), 439–452.

Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos. Aproximaciones y alternativas. *Bio-Grafía*, 7(13), 37–66.

Gutiérrez, R. (2017). Construcción del Conocimiento Espontáneo y del Conocimiento Científico I: ¿Existe Alguna Conexión? *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de Las Ciencias.*, 4331–4336.

Halloun, I. A. (2007). Model-centered, assessment-guided learning and instruction in science. In *Teaching science and new technologies in education* (pp. 12–29). Greece.

Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(1), 45-59.

Jaime, E. A., & Escudero, C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 29(3), 371-380.

Jou, D., Llebot, J. E., & Pérez García, C. (2009). *Física para ciencias de la vida*. McGraw-Hill Interamericana.

Justi, R. (2007). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 24(2), 173–184. Retrieved from

<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/75824>

Knight, R. D. (2004). Five easy lessons: Strategies for successful physics teaching.

Madsen, A., Mckagan, S. B., & Sayre, E. C. (2015). How physics instruction impacts students' beliefs about learning physics: A meta-analysis of 24 studies. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11, 010115. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.010115>

Marbach-Ad, G., Hunt, C., & Thompson, K. V. (2019). Exploring the Values Undergraduate Students Attribute to Cross-disciplinary Skills Needed for the Workplace: An Analysis of Five STEM Disciplines. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09778-8>

Masters, M. F., & Grove, T. T. (2010). Active learning in intermediate optics through concept building laboratories. *American Journal of Physics*, 78(5), 485-491.

Mayer, R., (2011) *Applying the Science of Learning*, (1st Edition), USA, Pearson/Allyn & Bacon.

Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., & Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M.C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruíz, C., Sánchez, J., (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 11-36.

Nivalainen, V., Asikainen, M. A., Sormunen, K., & Hirvonen, P. E. (2010). Preservice and inservice teachers' challenges in the planning of practical work in physics. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393-409.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>

Otero, M. R. (2015). Emociones, sentimientos y razonamientos en Didáctica de las Ciencias. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 1(1).

Pozo, J. I., & Gómez- Crespo, M. Á. (1998). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata.

Pozo, J. I. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Ediciones Morata.

Reigosa Castro, C. E., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284.

Reynoso, E. (2000). El museo de las ciencias: un apoyo a la enseñanza formal (tesis de maestría). Facultad de filosofía y letras, UNAM.

Scott, P. (1998). Teacher Talk and Meaning Making in Science Classrooms: a Vygotskian Analysis and Review. *Studies in Science Education*, 32(1), 45–80. <https://doi.org/10.1080/03057269808560127>

Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (21), 91-117.

Sokoloff, D. R., Laws, P. W., & Thornton, R. K. (2007). RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory. *European Journal of Physics*, 28(3), S83.

Szott, A. (2014). Open-ended Laboratory Investigations in a High School Physics Course: The difficulties and rewards of implementing inquiry-based learning in a physics lab. *The Physics Teacher*, 52(1), 17-21.

Trumper, R. (2006). Factors affecting junior high school students' interest in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 47–58. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-0355-6>

Truyol, M. H., & Gangoso, Z. (2010). La selección de diferentes tipos de problemas de física como herramienta para orientar procesos cognitivos. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 15(3), 463–484.

Viennot, L. (2002). Razonar en física: la contribución al sentido común. Antonio Machado.

Viennot, L. (2006). Teaching rituals and students' intellectual satisfaction. *Physics Education*, 41(5), 400–408. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/41/5/004>

Viennot, L. (2008). Teaching physics: research-based suggestions and teachers' reactions, toward a better interaction? *Latin American Journal of Phys. Education*, 2(1), 21–28.

Villarreal, C. A., & Segarra, M. P. (2017). La experimentación para detonar el interés en la física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 11.

Williams, L. J., Gerace, W. J., Dufresne, R. J., (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseanza de Las Ciencias*, 20(3), 387–400.

# Anexo 1

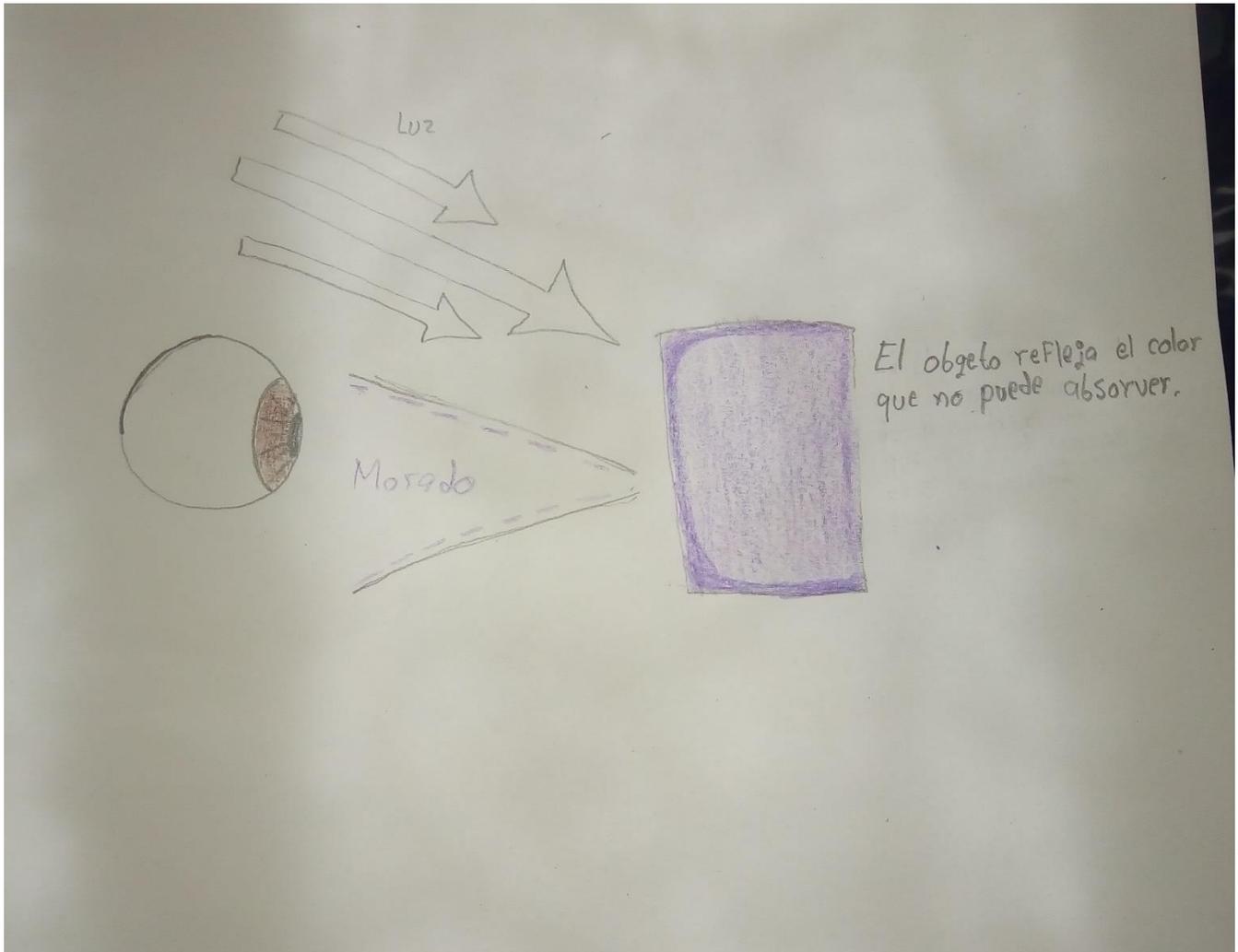
## Óptica

## Anexo 1.1: Diagnóstico

1. Realiza un diagrama (dibujo) indicando los elementos físicos para mostrar cómo vemos. Explica
2. Traza un diagrama (dibujo) de cómo te ves en un espejo. Explica en qué parte se forma la imagen.
3. ¿Qué tipo de lente se requiere para quemar una hoja? ¿Formará algún tipo de imagen?
4. ¿Qué entiendes por imagen real?
5. ¿Qué entiendes por imagen virtual?
6. Explica qué es una fibra óptica y bajo qué principio de física funciona.
7. ¿Qué es el color?
8. ¿Cuántos y cuáles son los colores primarios?

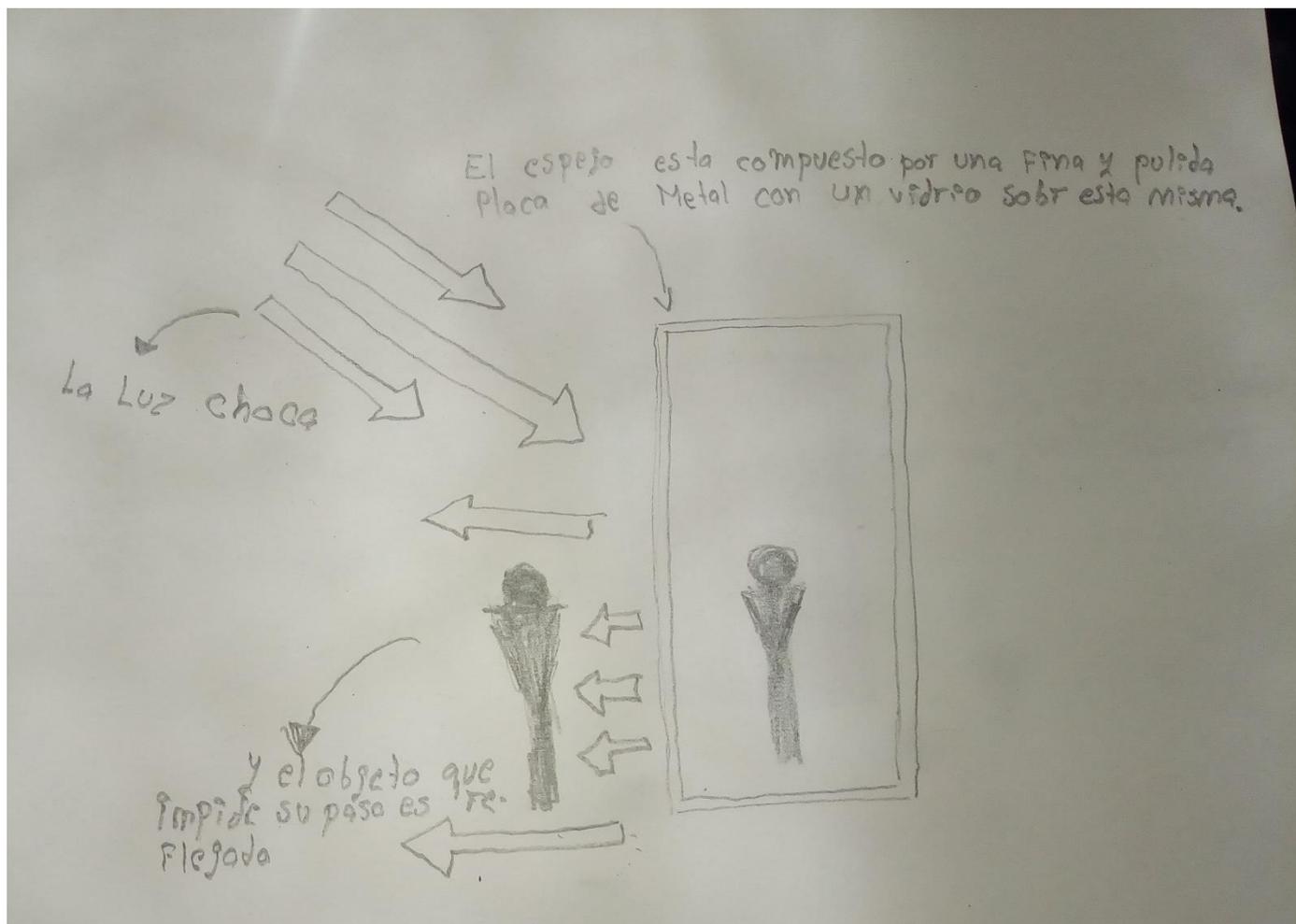
## Anexo 1.1: Diagnóstico

Realiza un diagrama (dibujo) indicando los elementos físicos para mostrar ¿cómo vemos? Explica \*



## Anexo 1.1: Diagnóstico

Traza un diagrama (dibujo) de cómo te ves en un espejo. Explica en qué parte se forma la imagen. \*



## Anexo 1.1: Diagnóstico

¿Qué tipo de lente se requiere para quemar una hoja? ¿Formará algún tipo de imagen? \*

uno aumentado, ejemplo: una lupa o unos lentes.

¿Qué entiendes por imagen real? \*

Es la imagen tal y como la percibimos en nuestro ambiente natural o cotidiano.

¿Qué entiendes por imagen virtual? \*

es una imagen creada por una maquina u/o ordenador

Explica qué es una fibra óptica y bajo qué principio de física funciona. \*

la fibra óptica es un material el cual puede crear descomponer colores(?).

¿Qué es el color? \*

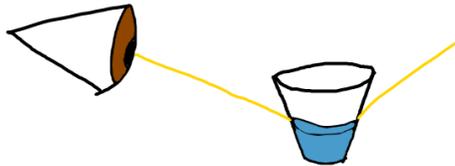
El color nace de la luz blanca o la luz como tal y todo los colores conforman a esta, al descomponer la nacen estos y son susceptibles para el ojo humano, es decir podemos ver en los objetos el tono de luz que no es posible absorber (filtrar o reflejar).

¿Cuántos y cuáles son los colores primarios? \*

rojo, azul y amarillo.

## Anexo 1.1: Diagnóstico

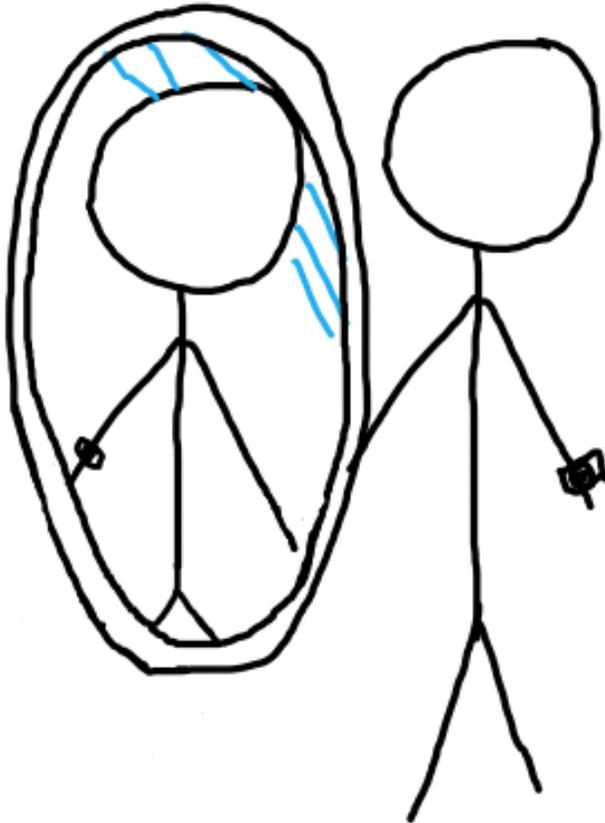
Realiza un diagrama (dibujo) indicando los elementos físicos para mostrar ¿cómo vemos? Explica \*



Los rayos de luz pasan por los objetos, los cuales reflejan los rayos  
Después. nuestros ojos captan los rayos y los transforman en imágenes

## Anexo 1.1: Diagnóstico

Traza un diagrama (dibujo) de cómo te ves en un espejo. Explica en qué parte se forma la imagen. \*



Cuando nos observamos en un espejo,  
la orientación cambia

## Anexo 1.1: Diagnóstico

¿Qué tipo de lente se requiere para quemar una hoja? ¿Formará algún tipo de imagen? \*

Uno que concentre los rayos del sol en un solo punto, que los reflecte de tal manera que se concentren en algún punto. La lupa es un ejemplo de ello, por lo que se necesita de un lente que aumente la imagen que vemos

---

¿Qué entiendes por imagen real? \*

Una imagen sin alteración por lentes

---

¿Qué entiendes por imagen virtual? \*

Una imagen que se puede modificar mediante el uso de algunos lentes que transformen la imagen

---

Explica qué es una fibra óptica y bajo qué principio de física funciona. \*

Es un medio por el cual podemos pasar información

---

¿Qué es el color? \*

Se trata de la variación de un haz de luz cuando pasa por un objeto

---

¿Cuántos y cuáles son los colores primarios? \*

Son 3: Rojo, Amarillo y Azul

---

## Actividad experimental

# Refracción y reflexión

Mi objetivo en la clase, era saber diferenciar refracción y reflexión, lo cual, a través de este documento, pretendo entender los fenómenos que caracterizan a cada uno, además de identificar si podrían observarse los dos al mismo tiempo.

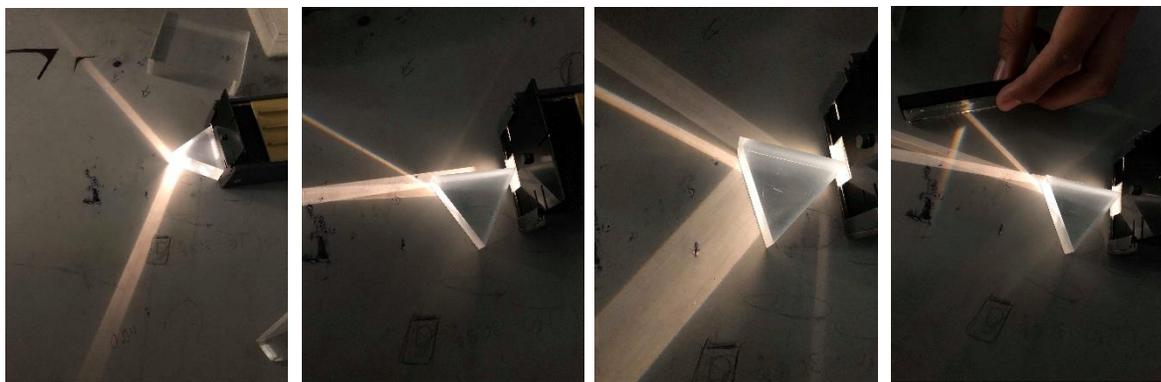
Antes de comenzar cabe aclarar que no sabía las diferencias entre uno y otro, pero suponía que la refracción era la desfiguración de una figura u objeto, al momento de pasar por otro medio, por ejemplo, el agua. La reflexión hasta el momento de la clase no sabía identificarla.

### Refracción

“...cuando la luz se desvía oblicuamente al pasar de uno a otro medio, a tal desviación se le llama refracción.”

(Hewitt, 2007)

Los experimentos en donde sentí que pude observar este fenómeno, fueron los siguientes:



Yo sentí que eran estos porque al momento de que

pasaba la luz a través del objeto, en este caso un triángulo, pude observar que la luz se “dividía”, lo cual como lo mencioné antes, caracteriza a la refracción.

En la cuarta foto (izquierda a derecha), se observa que se coloca otro objeto, para que la luz regrese o podríamos decir que se refracta la luz al momento de incidir con ese objeto.

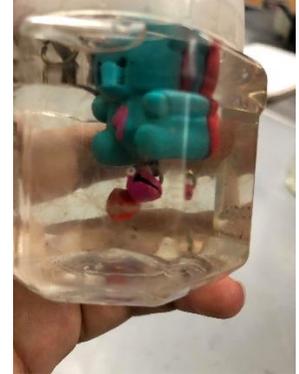
## Anexo 1.2: Resumen de los experimentos de reflexión y refracción



Inconscientemente, al hacer este trabajo, observé que colocamos la luz que emite nuestro celular, a través de este envase para observar lo que contenía y percibí que en la superficie de la mesa se observa cómo la luz no conservó su “forma original”, es decir, no se conservó en línea recta.

Este bote originalmente contenía bolitas de gel del tipo como las que contiene el frasco de la foto anterior. Me faltó tomarle foto antes de agregarle el agua al recipiente, como se muestra en la foto, pero se observa como la figura sufre una ligera deformación porque la forma del contenedor permite dar otra perspectiva.

Cuando el recipiente no contenía agua y sólo estaban las bolitas de gel, no se podía observar la figura, podía observar algunos colores que forman parte de la misma.



### Reflexión

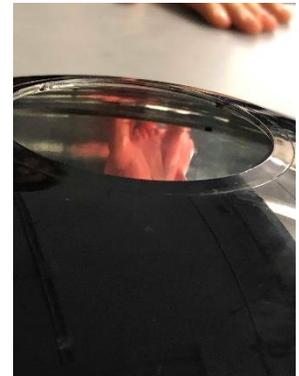


Considere este como reflexión porque en el caso de la lámpara verde, la luz que emitimos a través de la lámpara, no se deformó en el contenedor, que contenía agua.

Originalmente, la figura del puerquito, estaba dentro de estos discos (los cuales no recuerdo el nombre), verlo por fuera, parecía que la figura estaba por de los discos, lo cual no era cierto, como se puede observar en la segunda foto.



dentro de pero al encima observar



Considere este como reflexión porque la luz que entra por la superficie que no es negra, se esparce por todo el interior de estos discos, permitiendo que la figura sobresalga.

## Anexo 1.2: Resumen de los experimentos de reflexión y refracción

### Espejos

En este apartado la reflexión también forma parte de esto, porque a través de los espejos podemos practicar este fenómeno.



Para mí, esto fue un poco raro porque cuando teníamos la lámina normal, podíamos vernos “normales” de repente con algunas deformaciones debido a la inestabilidad de la lámina, pero cuando doblábamos la lámina, se podía apreciar como la imagen se invertía, además de que se hacía más pequeña la imagen.

El espejo que se muestra en la imagen del lado derecho, tenemos un espejo plano, en el cual nos vemos “normal”, vemos la imagen con un tamaño real.



En este caso, tenemos un espejo convexo, lo podemos deducir porque este tipo de espejos nos permite observar más de lo normal, es decir, amplía la visión, aunque aquí es poco lo que tiene de concavidad.

Este es el mismo tipo de espejo que el anterior (convexo), pero aquí observamos que como la superficie es mayor, amplía aún más la visión, además de que alarga las figuras. En esta imagen en comparación con la demás podemos ver la deformación y el alargamiento del cuadro que aparece alado de mí.



## Anexo 1.2: Resumen de los experimentos de reflexión y refracción



Tenemos este caso contrario, un espejo cóncavo, el cual podemos observar a simple vista que desfigura el rostro, a pesar de ser un espejo amplio, además de que permite visualizar menos.

El tipo de espejo es el mismo que la anterior foto, es decir, un espejo cóncavo y podemos ver que es la mitad de una esfera, además de que en el centro agranda la imagen mientras que en los bordes se ve muy desfigurado.



### Bibliografía

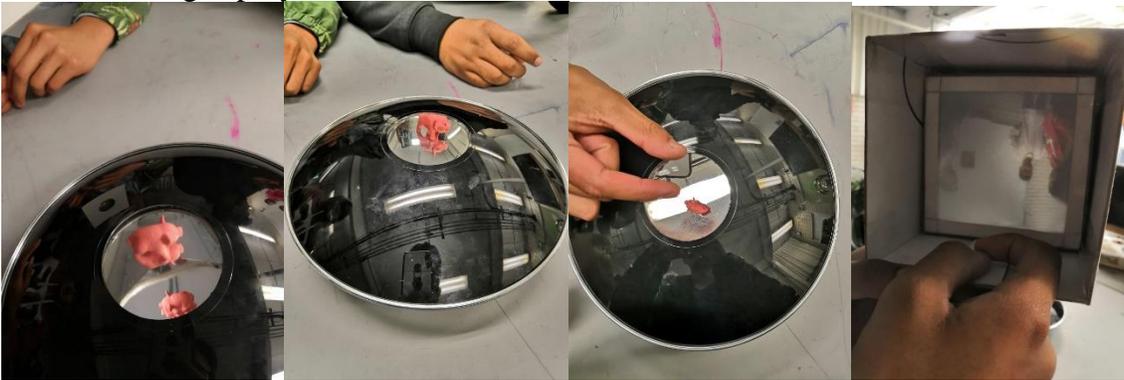
Hewitt, P. G. (2007). Física conceptual. Mexico: Pearson.

## Experimentos de óptica Refracción y reflexión

En la clase hicimos 6 experimentos relacionados con óptica, es decir, con los fenómenos de reflexión y refracción.

Por lo que entendí, en la refracción de la luz los rayos hacen que la imagen real se voltee. Mientras que la reflexión hace que el rayo de luz proyectado en una superficie “rebote” con el mismo ángulo.

El 1er experimento fue el “puerquito”, el cual consistía en dos espejos con forma de platos y se ponía uno encima del otro para crear la ilusión de que el juguete estaba fuera de los espejos. También se nos proporcionó una caja con una lente y otra pieza deslizante, teníamos que mover ésta pieza para enfocar la imagen proyectada.



En este experimento el fenómeno que se presenta es el de refracción, ya que la imagen real está volteada con respecto al objeto. Los espejos y la lente son convergentes.

El segundo experimento era un recipiente de acrílico con agua y jabón en su interior, una barra de acrílico y un rayo láser. Teníamos que ver la manera en que el rayo no saliera del recipiente, y ver de qué lado de la barra el rayo recorría mayor distancia.



La forma en la que el rayo no salía del recipiente fue acomodándolo de tal manera que “rebotara” varias veces dentro de él, pero sólo en el agua. La causa de que el láser no pasara del agua al aire fue que son diferentes medios. Del lado en que el rayo recorría mayor distancia en la barra de acrílico, fue del lado donde empezaba con una torcedura, ya que esto hace que el rayo rebote mayor número de veces, y, por lo tanto, la distancia recorrida sea mayor. Éste experimento corresponde al fenómeno de reflexión total interna.

## Anexo 1.2: Resumen de los experimentos de reflexión y refracción

El 3er experimento eran 3 recipientes, uno con bolitas de hidrogel y agua, otro con bolitas de hidrogel y aire, y el último tenía bolitas de hidrogel con un juguete. Lo que teníamos que hacer era buscar la manera en que el juguete se distinguiera claramente, lo que hicimos fue echarle agua para que las bolitas se volvieran casi invisibles.



No entendimos muy bien si esto pertenece a refracción o a reflexión, pero concluimos que es a refracción, ya que a simple vista no hay ningún rayo de luz que “rebote” (como en el caso de la reflexión).

El 4to eran unas láminas y un espejo plano, éste consistía en ver a qué distancia del espejo plano teníamos que ponernos para vernos de cuerpo completo, y en doblar las láminas para ver su comportamiento. Se concluyó que es imposible vernos de cuerpo completo en un espejo tan pequeño, por lo menos necesitamos un espejo de la mitad de nuestro cuerpo para que esto sea posible.



Éste pertenece al fenómeno de reflexión, ya que los rayos “rebotan” en el espejo y lámina, y se forma una imagen.

El 5to experimento eran espejos de diferentes tipos, teníamos que ver el comportamiento de cada uno.

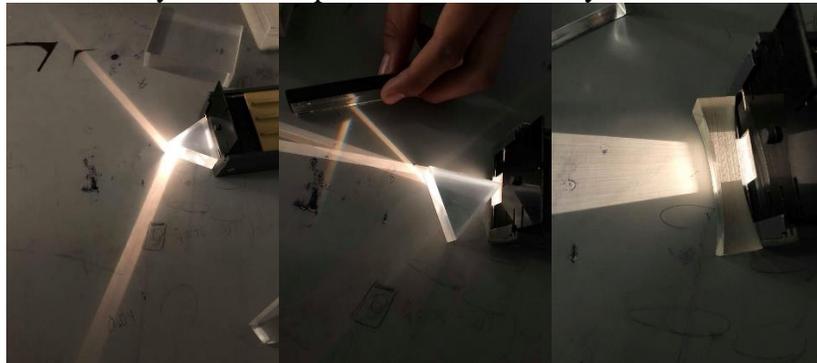
## Anexo 1.2: Resumen de los experimentos de reflexión y refracción



Concluimos que éstos pertenecen al fenómeno de reflexión porque los rayos de luz rebotan en los espejos y forman una imagen, pero son convergentes y divergentes.



El último experimento tenía una lámpara y varias piezas transparentes para ir jugando con ellas y ver el comportamiento de los rayos de luz.



Éste pertenece a los dos fenómenos, reflexión y refracción, ya que cada pieza refracta de diferente forma los rayos de luz, la convergente une a los rayos en un punto y la divergente los separa. Hablamos de reflexión cuando colocamos un espejo y lo colocamos en un rayo refractado para que “rebote”.

# FORMACIÓN DE IMÁGENES

### INTRODUCCIÓN:

La formación de imágenes es el tema que se abordará a continuación, este reporte se da gracias a que vamos a ir analizando los diferentes fenómenos que se nos presentarán, además nuestro estudio principal será el comportamiento de los lentes convergentes y divergentes, por lo tanto, manifestarán imágenes diferentes una de otra.

### MARCO TEÓRICO:

**Lente convergente:** Estas lentes se llaman así ya que todos los rayos de luz que pasen por ellas convergen en un punto el cual se llama foco, la forma de la parte central es más gruesa y de las orillas es más delgada.

**Lente divergente:** La forma del centro de estos lentes es más delgada y de las orillas es más gruesa, cada rayo de luz que pase por el tomara otra dirección hacia las partes de afuera del lente.

**Efecto lupa:** Este efecto recibe ese nombre porque es más común hacerlo con una lupa pero se puede hacer con cualquier lente convergente, esto consta en que los rayos de luz pasan por el lente y se centran en su foco el cual tiene un objeto que es inflamable, la cantidad de calor que recibe y que es centrada en un solo lugar hace que se incendie el objeto.

**Imagen real:** Es una imagen que pasa por un sistema óptico y que se convierte en convergente no es visible a la vista humano, pero se requiere de una pantalla para que esta imagen pueda ser proyectada y sufre una doble inversión, mientras más el objeto se encuentre con menor distancia focal esta imagen será amplificada y viceversa.

**Imagen virtual:** Es la imagen que pasa por un sistema óptico y esta se convierte en divergente, esta imagen si se puede ver con la vista humana pero no se puede proyectar en una pantalla. no se sufre ningún tipo de inversiones

**Foco:** Es el punto donde todos los rayos de luz convergen, o sea, se juntan; este tiene una dimensión espacial.

**Distancia focal:** Es la distancia que comprende desde el centro de una lente hasta el foco, en las lentes convergentes, la distancia focal es positiva, en las divergentes es negativa.

### MATERIALES:

Lupa

Hoja

Celular

Plastilina

Lente

Hoja seca

Flexómetro

Plastilina

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

#### RESULTADOS:

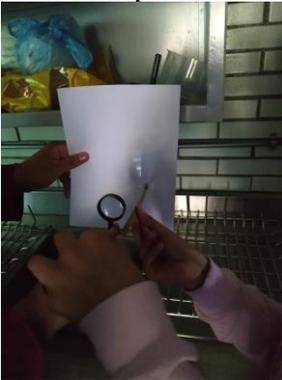
**Hipótesis 1:** Al observar un objeto cercano con la lupa, su tamaño aumentará. Entre más se aleja se define un poco más la imagen. Cuando veamos los objetos lejanos no se verá bien.

**Resultado:** La hipótesis del objeto cercano se cumple, mientras que al ver a lo lejos, la imagen se voltea conforme se aleja la lupa de nuestro campo visual porque es una lente convergente



**Hipótesis 2:** Cuando la lupa esté cerca de la hoja se formará un punto de luz y conforme nos sepáremos, el punto de luz va a crecer con menos definición e intensidad y se irá perdiendo.

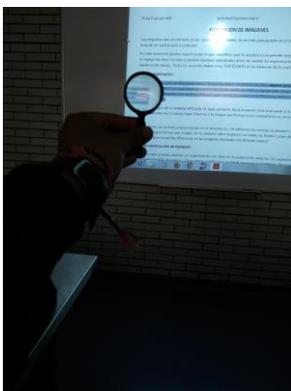
**Resultado 2:** Aquí logramos ver que en el foco, es donde se muestra la imagen con más definición y se confirma la hipótesis de la definición de la imagen. La imagen que vemos es la misma que las de nuestros compañeros.



**Hipótesis 3:** No se obtienen los mismo resultados, ya que es un tipo de lente diferente (conocemos que hay divergente y convergente), el convergente junta los rayos de la luz y el divergente los dispersa.

**Resultado 3:** Se confirma la hipótesis, los resultados fueron diferentes porque la lente que nos fue proporcionada fue divergente.

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1



**Hipótesis 4:** La hoja seca se encenderá, ya que la lupa centra la luz del sol que recibe en el punto llamado foco, el cual está en la parte de afuera de dicha lupa.

**Resultado 4:** Si se cumplió la hipótesis, ya que la hoja se quemó por la concentración de los rayos en el foco, este foco se encontrará al poner la lupa a 15 centímetros de la hoja, ahora conocemos que es la lente que ocupamos es convergente y que transmitirá una concentración de los rayos del sol a la hoja. \*Se proyecta la imagen reducida del sol\*.

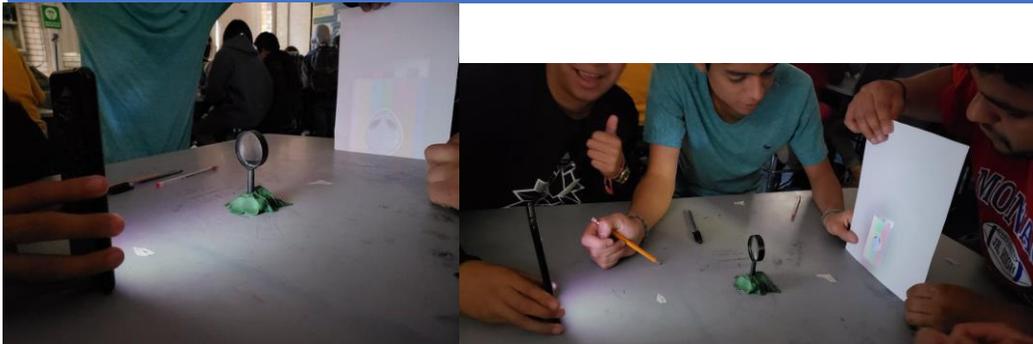
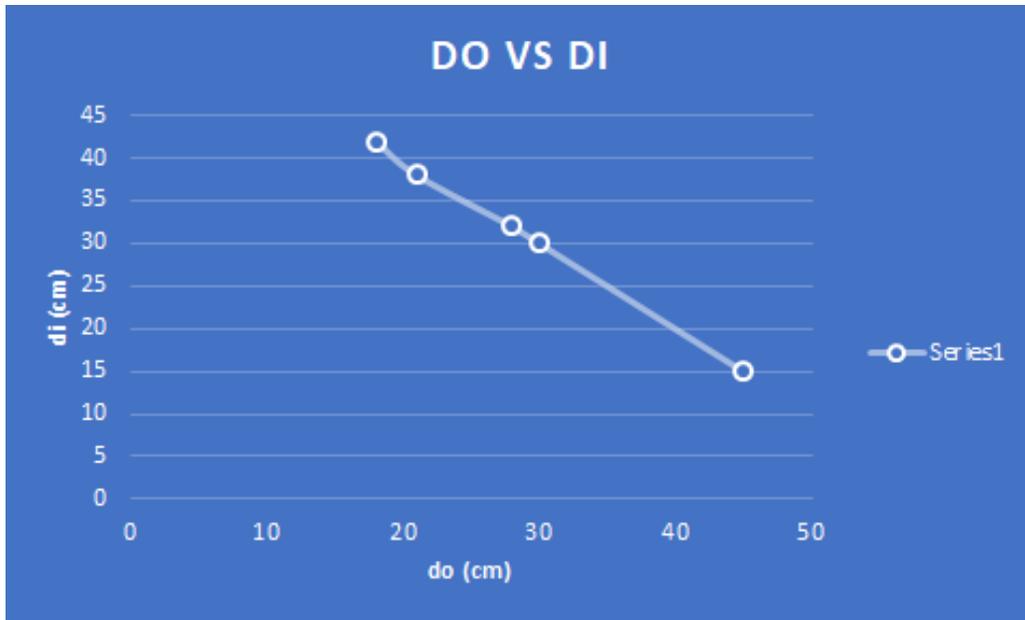


**Hipótesis 5:** Si colocamos la hoja cerca de la lente, la imagen proyectada será más nítida y se irá distorsionando conforme se aleja la hoja de la lente.

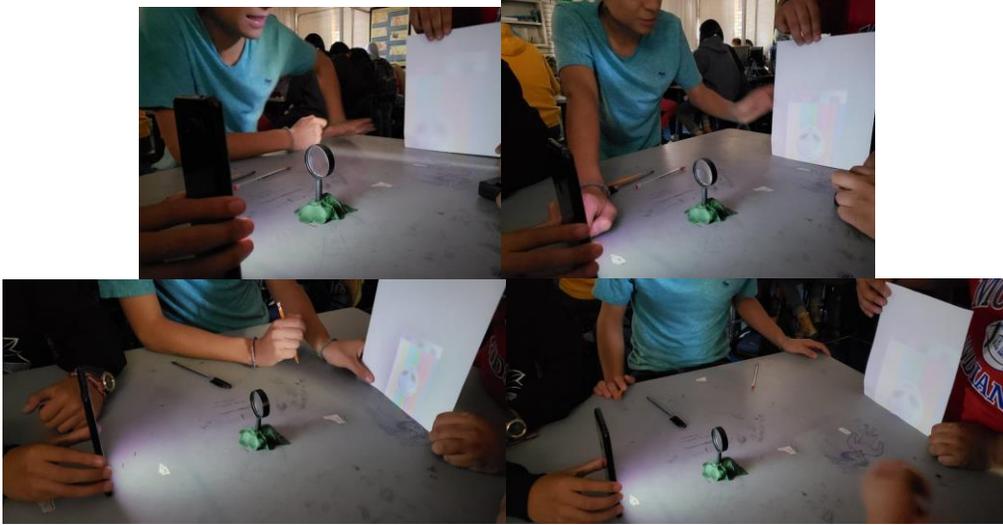
**Resultado 5:**

TELÉFONO	HOJA
F1 - F2 18cm	F3 42cm
F1 - F2 21cm	F2 - F3 38cm
F1 -F2 28cm	F2 - F3 32cm
F2 30cm	F2 30cm
F3 45cm	F1 15cm

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1



### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

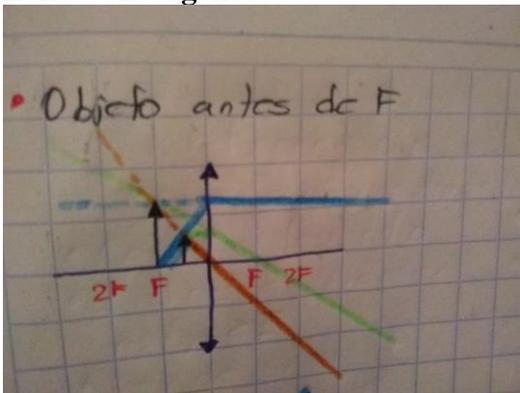


Con base en las gráfica se observa que al teléfono encontrarse en una menor distancia focal la imagen se proyectará de formas amplificada y al estar en una distancia mayor focal esta será reducida.

Al teléfono estar en  $2F$  la imagen proyectada tiene el mismo tamaño, se llegó a este resultado ya que durante el experimento fuimos alejando y acercando el teléfono junto con la hoja y coincide en  $2F$ , pero quedará mejor explicado en los esquemas de formación de imagen que se realizaron en clase.

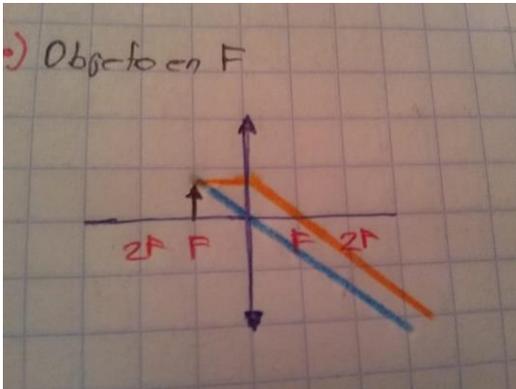
#### Esquemas de formación de imágenes.

##### Lente convergente

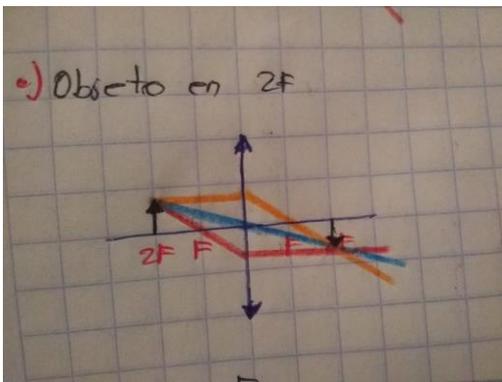


En este esquema el objeto se encuentra antes de  $F$  y podemos ver que la imagen virtual reflejada se observa del lado izquierdo.

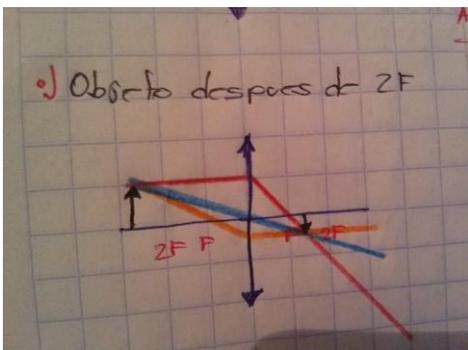
### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1



El objeto se encuentra justo en  $F$  y como se observa no se proyecta ninguna imagen, eso explica porque no logramos tener una imagen cuando el teléfono estaba en  $F$ .

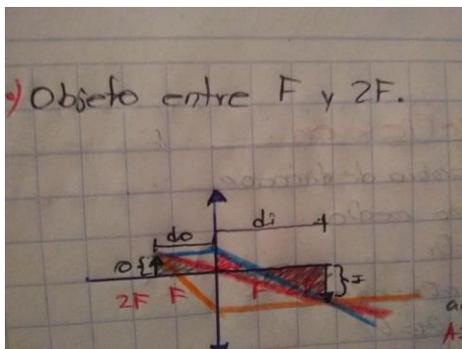


Cuando el objeto se pone a una distancia focal de  $2F$  la imagen es proyectada con el mismo tamaño pero esta ya es una imagen real ya que se proyecta invertida, este diagrama explica lo que se dijo en la interpretación de la gráfica.



Si el objeto está después de  $2F$  la imagen proyectada será real pero esta sufrirá una modificación al reducirse en tamaño y estar más cerca del lente.

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1



Si el objeto está entre  $F$  y  $2F$  la imagen será una real pero al estar el objeto cerca del lente la distancia de imagen será mayor que la del objeto.

#### Lente divergente



En el caso de que la lente sea divergente no importa en donde se encuentre el objeto ya que la imagen se refleja en el lado derecho del lente y con una reducción de esta.

#### CONCLUSIONES:

Esta parte del ensayo es para captar todas las ideas que fuimos construyendo durante la realización de los experimentos, como ya lo mencionaba anteriormente, jugamos con todos los fenómenos que se nos manifestaron.

Para comenzar tenemos que mencionar que gracias al experimento que hicimos en campo con la lupa y la hoja seca, pudimos observar el foco, este punto es aquel en donde todos los rayos de luz se van a intersectar logrando así una mayor intensidad y por eso la hoja se fue quemando.

Otra parte importante de los experimentos fue que con el celular y la hoja jugamos con la distancia focal, es decir la distancia a partir del lente hasta el punto donde intersectan los rayos de luz (foco). A todo esto también se debe de mencionar que las imágenes proyectadas y que se pueden invertir proviene en una imagen real, mientras que las que no son proyectadas ni mucho menos invertidas son imágenes virtuales, esto se da antes de la distancia focal, como pudimos observar en este experimento.

## Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

### Formación de imágenes

#### -Objetivo.

En el presente reporte de practica se intentará observar lo realizado en clase, analizar y comprender lo que son las imágenes de tipo real y las imágenes de tipo virtual, junto con sus respectivas diferencias entre ellas, esto para así adentrarnos a lo que son las lentes (las lupas, por ejemplo) y así entender los fenómenos que se estarán presentando durante las actividades realizadas en clase.

#### -Óptica geométrica.

El tema de óptica lo hemos relacionado con "ÓPTICA GEOMÉTRICA" porque creemos que esta es el estudio de las imágenes, producidas por refracción o por reflexión de la luz. Nos parece muy interesante, porque abarca fenómenos ya antes mencionados como refracción y reflexión que junto con los tipos de lentes convergentes y divergentes serán los encargados de formar imágenes reales o virtuales con ciertas características.

Nos parece importante definir a los fenómenos ópticos como:

#### -REFLEXIÓN:

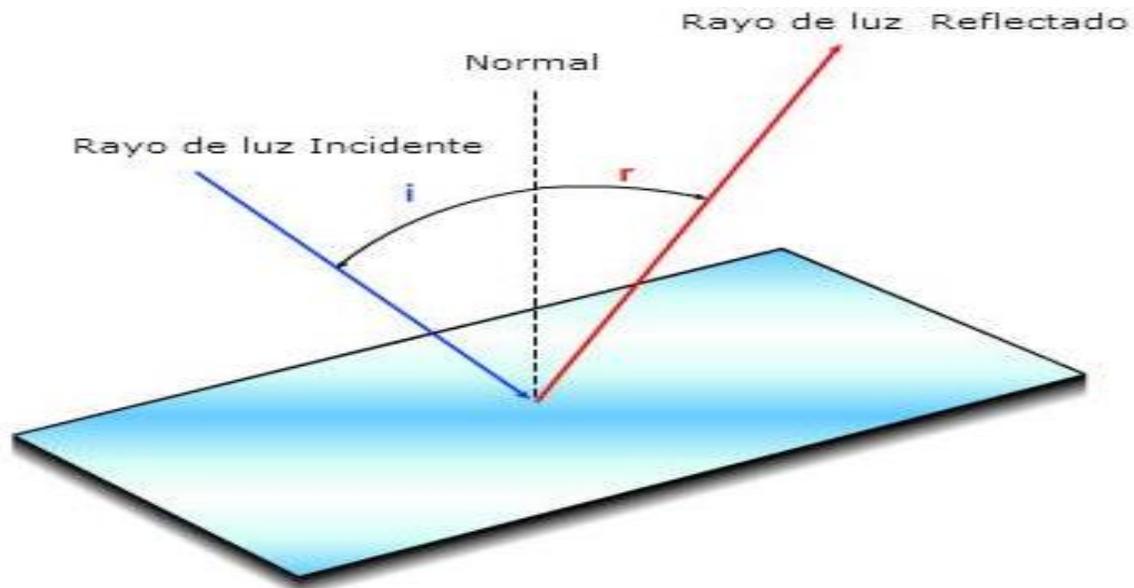
De manera general definiremos la reflexión de la luz como un cambio, alteración o modificación de la dirección que experimenta la luz cuando choca o impacta con un objeto y que por así decirlo hace que el rayo de luz "rebote".

Además, como dato extra el fenómeno de reflexión hace que tengamos la posibilidad de ver objetos que no emiten luz propia.

Consideramos que es importante destacar algunos elementos que componen al fenómeno de "Reflexión" como:

- **Rayo incidente:** Definido como el rayo de luz que choca en la superficie.
- **Rayo reflejado:** Es el rayo que sale de la superficie, es decir, el rayo reflejado.
- **Normal:** Es una línea imaginaria que es perpendicular a la superficie.
- **Ángulo de incidencia:** El ángulo que forman el rayo incidente y la línea normal.

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1



**Ángulo de reflexión:** Es el ángulo que forman la línea normal y el rayo reflejado.  
Un esquema para que podamos entender mejor:

#### -REFRACCIÓN:

De igual manera, en términos generales definimos al fenómeno de refracción de la luz como cambio o alteración de la dirección que sufre la luz cuando pasa de una sustancia transparente a otra, al principio puede sonar confuso, pero con un ejemplo quedaría más claro como:

El aire, pasa a otro, como el agua.

Como datos interesantes, destacamos primero, en que los rayos de luz que cambian o son alterados de su dirección se llaman "**rayos refractados**".

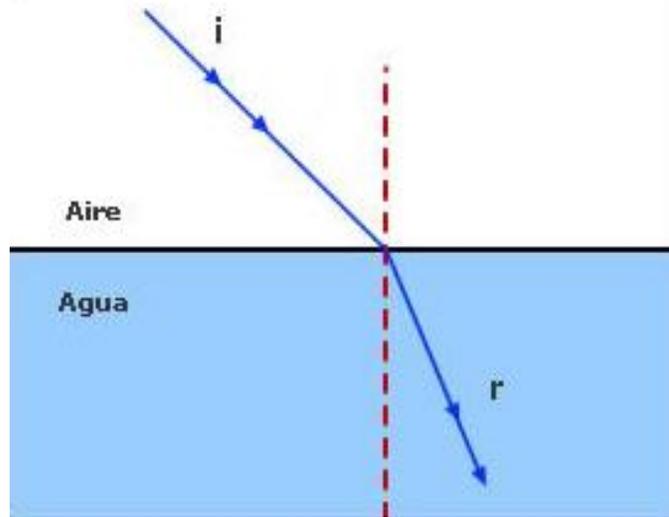
Segundo, todos (o por lo menos la mayoría de las personas) se han percatado de que al meter o introducir una cuchara en un vaso con agua parece que se dobla o se corta, y esto se debe a que los rayos de luz se desvían de su dirección, lo que entendimos fue porque los rayos viajan más lentos al pasar del aire al agua, es decir, donde existen menos partículas (el aire), al agua, donde hay más.

Creemos que es importante mencionar los elementos que hacen que el fenómeno de REFRACCIÓN sea posible como:

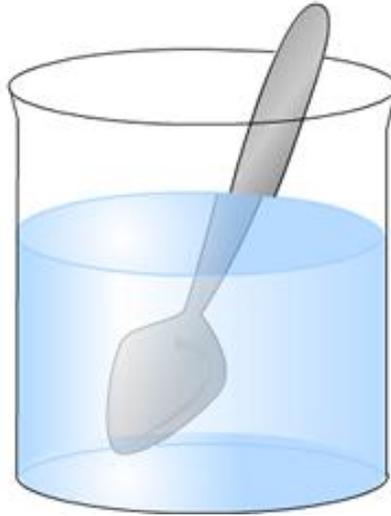
- **Rayo incidente:** Lo definimos como el rayo que choca sobre la superficie de ambos medios en forma oblicua (es decir, que forma con otra línea (rayo refractado) un ángulo que no es recto).
- **Rayo refractado:** Es el rayo que atraviesa el medio y cambia su dirección y también su velocidad.
- **Normal:** Es una línea imaginaria que es perpendicular a la superficie.
- **Ángulo de incidencia:** Es el ángulo que forman el rayo incidente y la normal.

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

-Ángulo de refracción: Es el ángulo que forman la línea normal y el rayo refractado.



Un esquema para que podamos entender mejor:



### -LAS LENTES.

Todos sabemos que son objetos transparentes de vidrio, cristal o plástico, que están compuestos por dos superficies, y que es curva al menos una de ellas.

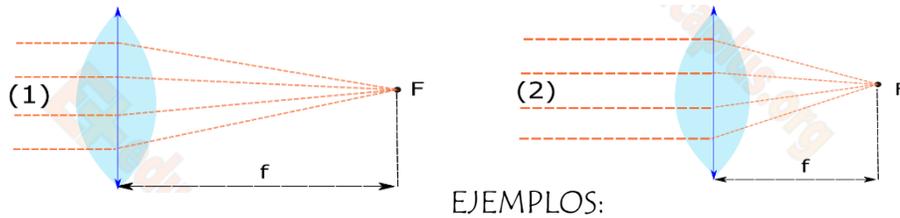
Hemos comprendido que una lente óptica tiene la capacidad de refractar la luz y formar una imagen.

Existen 2 tipos de lentes, que nos parecen muy interesantes y explicarlos, sobre todo.

**-LENTE CONVERGENTES (TAMBIÉN CONOCIDOS COMO CONVEXOS):**

Comprendimos que las lentes convergentes se caracterizan porque son más gruesas por el centro que por el borde, y hacen converger (es decir, se unen en un punto varias líneas) en un punto los rayos de luz que las atraviesan. Ese punto se llama foco (F) y la separación entre él y la lente se conoce como distancia focal (f).

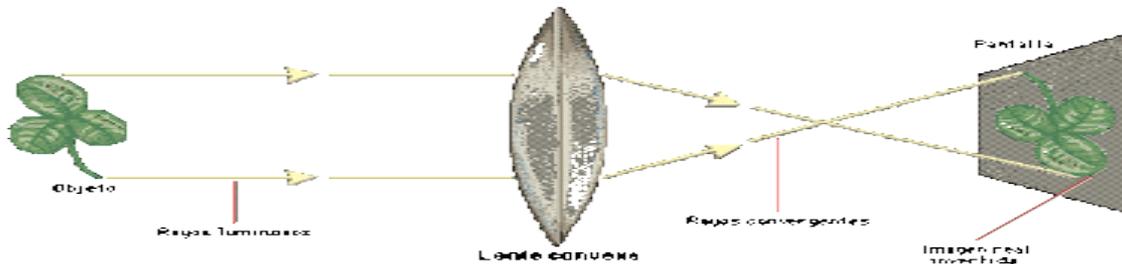
### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1



En esas imágenes se puede observar que la lente 2 tiene menor distancia focal que la 1. Concluimos, en que la lente 2 tiene mayor potencia que la 1.

También entendimos que la potencia de una lente es la inversa (también recíproca) de su distancia focal, que se mide en dioptrías (P) y la distancia focal la medimos en metros, tal y como lo vimos en la última parte de la clase pasada.

Investigando encontramos un dato que nos pareció importante de mencionar y es que el ojo humano es un ejemplo de lente convergente porque tiene la capacidad de poder cambiar de forma según quiera enfocar objetos que estén a una u otra distancia, es decir, cuando observamos un objeto que está cerca, la lente se hace más gruesa; por el contrario, cuando miramos un objeto que está más alejado ésta se hace más delgada. Y comprendimos en que esto ocurre gracias a los músculos del ojo y que, por tanto, cuando no son capaces de enfocar los objetos cercanos diremos que existe hipermetropía. Concluimos en que una lente convergente forma una imagen real e invertida.



**ES LA REPRESENTACIÓN DE UNA LENTE CONVERGENTE.**

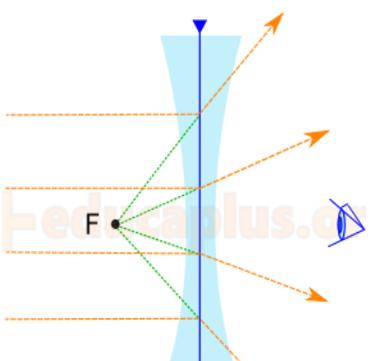
**-LENTES DIVERGENTES (TAMBIÉN CONOCIDOS COMO CÓNCAVOS):**

Estas lentes son lo contrario que las lentes convergentes, se caracterizan por ser más delgadas en la parte central que en los extremos y están curvadas hacia dentro.

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

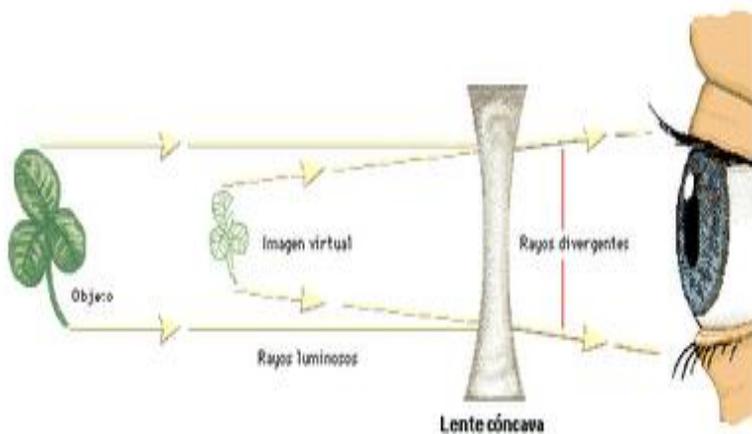
Estudiando un poco más, comprendimos que el comportamiento de la luz cuando atraviesa una lente cóncava, ésta se desvía hacia fuera, es decir, diverge (separándose poco a poco) formando imágenes virtuales (no son imágenes reales como en el caso de las lentes convergentes) y que en este caso la imagen del objeto que se percibe es más pequeña y está situada delante del objeto.

Un ejemplo de este tipo de lente es el que utilizan los miopes, es decir, las personas que tienen problemas para percibir los objetos que se encuentran más alejados y estas lentes son las encargadas de formar la imagen del objeto de forma nítida en la retina.



Por ejemplo:

Si observamos por una lente divergente da la sensación de que los rayos proceden del punto F. A ese punto se le llama foco virtual y como dato extra es que en las lentes divergentes la distancia focal se considera negativa.



REPRESENTACIÓN DE UNA LENTE DIVERGENTE.



#### -LAS IMÁGENES:

También aprendimos que una imagen óptica es una figura formada por el conjunto de puntos donde convergen (unen) los rayos que provienen de fuentes directas del objeto tras su interacción con el sistema óptico.

Por ejemplo, cuando todos los rayos de un objeto puntual que pasan por el sistema óptico convergen (es decir, se unen en un punto varias líneas), decimos que dicho punto es la imagen del objeto. En el caso de los objetos no puntuales, los distintos puntos de la superficie del mismo convergerán en distintos puntos de la imagen formando una réplica del objeto original.

La imagen puede ser clasificada en cuanto a:

Orientación:

### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

**Derecha:** Tiene la misma orientación

**Invertida:** Tiene la orientación contraria

**Tamaño:**

**Aumentada:** Es más grande que el objeto

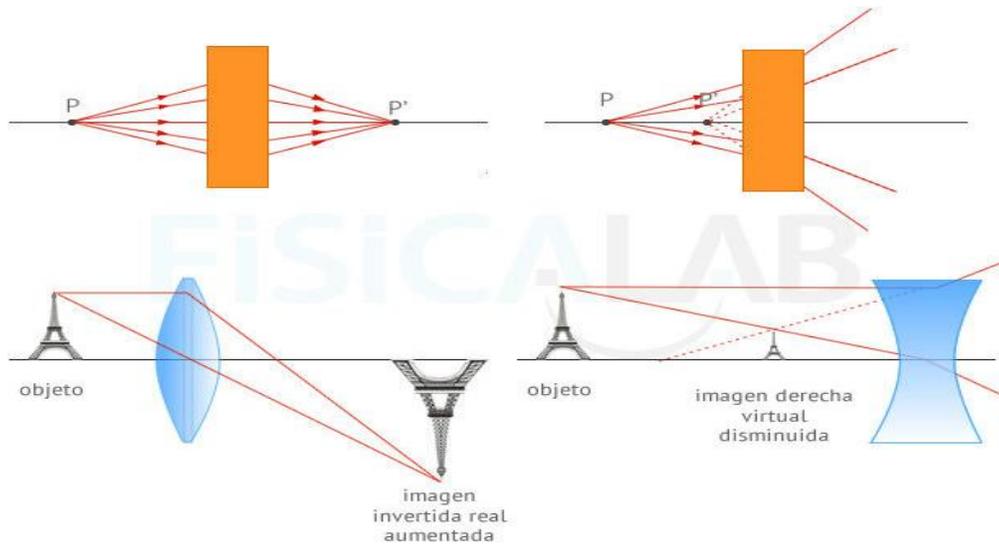
**Tamaño original:** Es tan grande como el objeto

**Disminuida:** Es más pequeña que el objeto

**A la procedencia de los rayos:**

**Real:** La imagen es real cuando los rayos convergen después de reflejarse o refractarse en el sistema óptico.

**Virtual:** Se forma cuando, los rayos que pasan por el sistema óptico divergen (separan). Por ejemplo, un ejemplo es el caso de la imagen formada por un espejo plano. Las



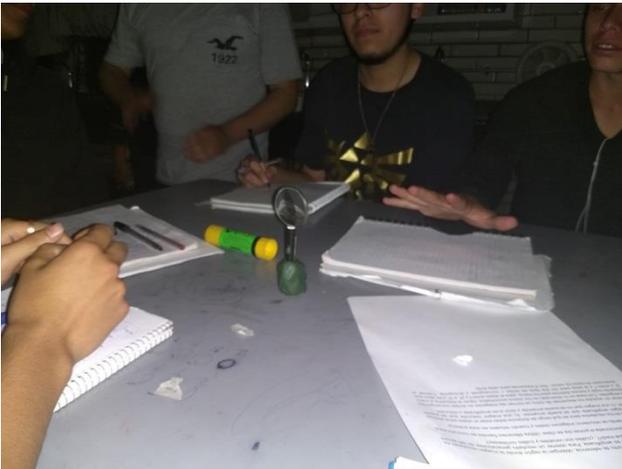
imágenes virtuales no se pueden proyectar.



### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

#### -LOS EXPERIMENTOS:

Sobre el experimento al que llamamos "el proyector" utilizamos dos lupas casi idénticas en tamaño, distancia focal y diámetro. Posteriormente lo que hicimos fue considerar una separación de forma paralela entre sí para que, con la ayuda de un objeto, en este caso un teléfono celular, para que se pueda proyectar una imagen generada en la pantalla y reflejada en una hoja de papel. A esto se abrió una discusión u observación de la relación con el ojo humano, con lo que son las corneas, cristalinos y retina que cumplen con la misma función; también se comentó que estos mismos principios son usados en lo que son los proyectores.



Por otra parte, se pudo observar el fenómeno de la refracción en otro experimento el cual era el redirigir la luz de un rayo láser solamente con agua en una botella. En este experimento se trató de ver cómo dentro del "tubo de agua" que se formaba en el agujero de la botella (el chorro de agua) ocurría una refracción varias veces, dando el efecto visual de que el haz de luz cambiaba de dirección.

Uno más fue el de un "holograma" que no es uno ya que es simplemente un tipo de reflejo el cual nos da la ilusión de estar un objeto, un muñeco de una foca, en la parte superior de un "creador de hologramas".

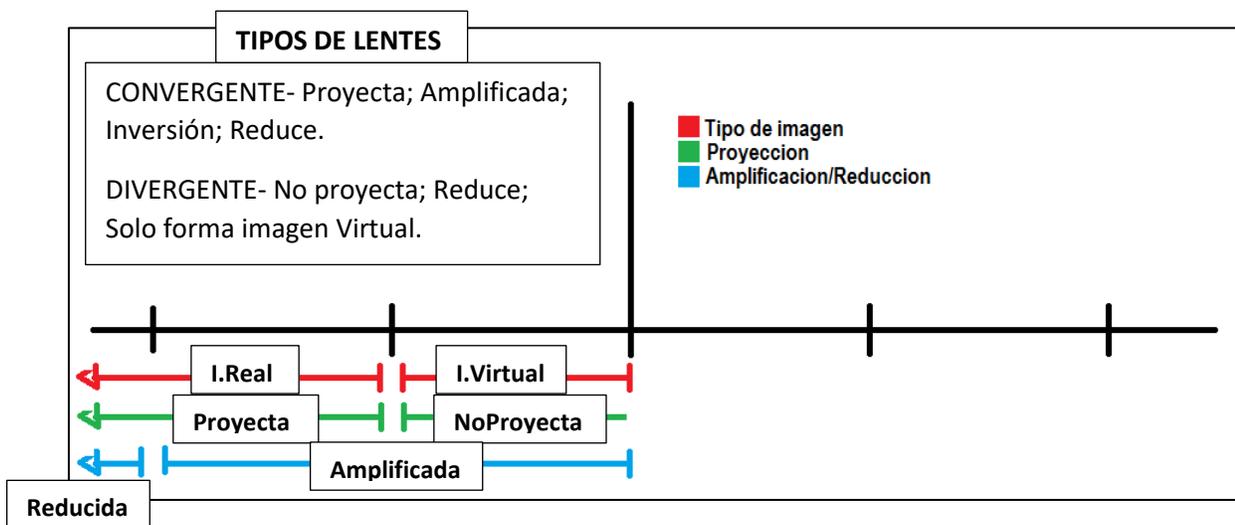


### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

#### CONCLUSIONES:

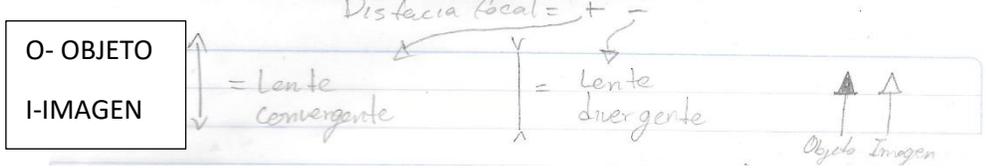
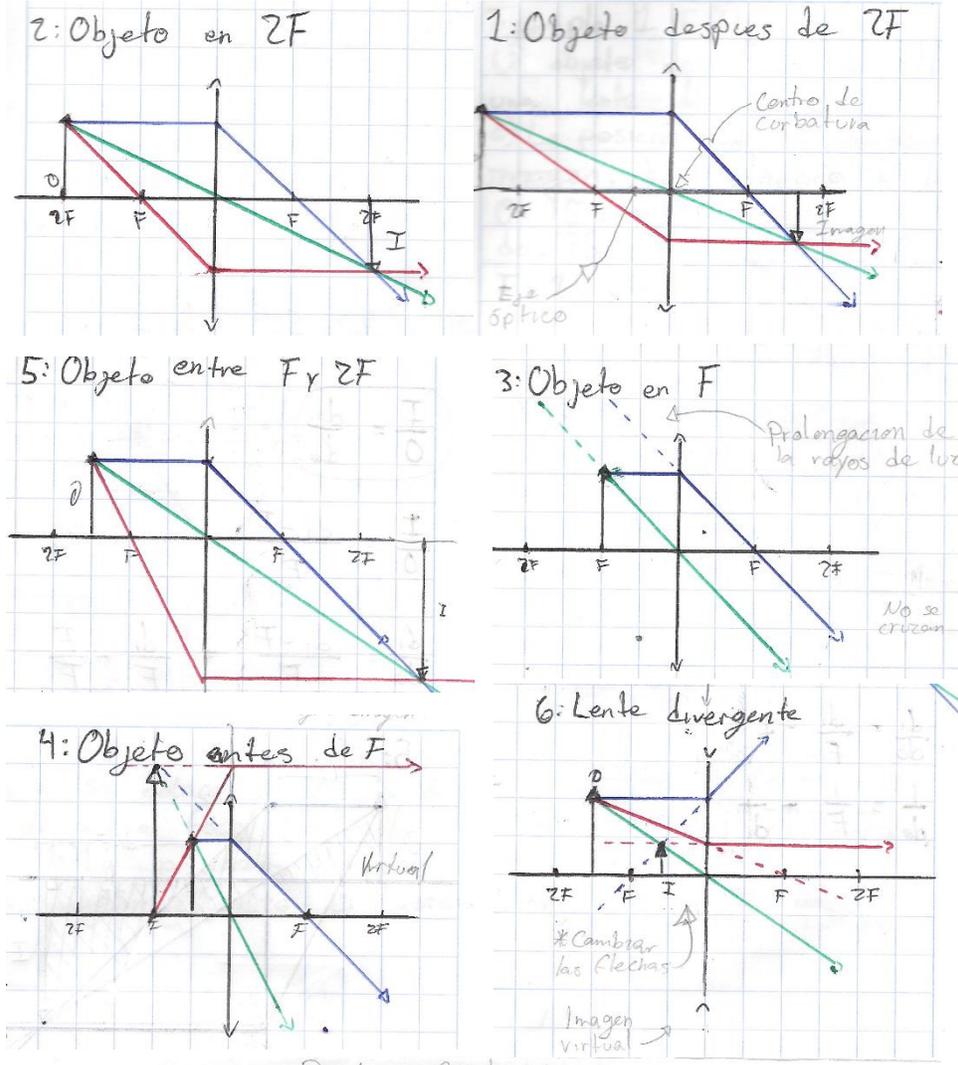
HASTA EL MOMENTO NOS HA PARECIDO MUY INTERESANTE EL TEMA DE ÓPTICA, PORQUE ESAMOS COMPRENDIENDO DE MEJOR MANERA CÓMO ES QUE SE FORMAN LAS IMÁGENES ASÍ COMO TAMBIÉN SUS CARACTERÍSTICAS Y LOS FACTORES QUE INTERVIENEN PARA DICHA IMAGEN PUEDA FORMARSE Y QUE PUEDA INTERPRETARSE POR MEDIO DE NUESTROS CEREBROS LA GRAN CANTIDAD DE INFORMACION ENTRANTE POR NUESTROS OJOS; YA QUE EN CLASES PASADAS MEDIANTE DEMOSTRACIONES HEMOS OBSERVADO COMO SE FORMAN Y DEFROMAN LAS IMÁGENES A TRAVÉS DE ESPEJOS Y LENTES TANTO CONVERGENTES Y DIVERGENTES, TAMBIÉN APRENDIMOS A ENTENDER QUÉ ES UNA IMAGEN REAL Y VIRTUAL. CON RESPECTO A LAS LENTES; NOS HA PARECIDO MUY INTERESANTE ESTUDIARLAS PORQUE POR EJEMPLO GRAN PARTE DE LA POBLACIÓN MUNDIAL USA LENTES PARA CORREGIR DEFECTOS ÓPTICOS O VISUALES Y NOS HA SORPRENDIDO CÓMO GRACIAS A ESTOS INSTRUMENTOS ÓPTICOS HACEN QUE EL RAYO DE LUZ CORRIJA LA VISIÓN DE LA PERSONA, ESTE TEMA SE USA EN NUESTRAS VIDAS COTIDIANAS AUN MAS DE LO QUE CREEMOS REALMENTE.

FINALMENTE REALIZAMOS UN DRIAGRAMA EN EL CUAL INTENTAMOS EXPLICAR Y ENTENDER LAS PROPIEDADES DE LA IMÁGENES GENERADAS POR UN OBJETO EN UNA LENTE. (SUJETA A ERRORES) EN DIFERENTES POSICIONES RESPECTO A LA DISTANCIA FOCAL (F). MEDIANTE NUESTRAS OPINIONES Y OBSERVACIONES DIMOS A LA CONCLUSION QUE, SEGÚN LA POSICION DEL OBJETO RESPECTO A F, EL COMPORTAMIENTO DE LA IMAGEN CAMBIA.



### Anexo 1.3: Reporte de la actividad experimental 1

IGUALMENTE SE REALIZARON UNOS DIAGRAMAS PARA INTENTAR EJEMPLIFICAR EL DIAGRAMA ANTERIOR UTILIZANDO TRES RAYOS QUE PARTEN DESDE EL OBJETO HACIA LA LUPA PARA ASI DAR COMO RESULTADO UNA IMAGEN, QUE DEPENDIENDO DE SU POSICION SE PUEDEN DAR DIFERENTES PROYECCIONES, Y TAMBIEN NO PROYECCIONES. A CONTINUACION LOS ESQUEMAS EJEMPLO REALIZADO.



### Anexo 1.4: Problema de lentes

**PROBLEMA 5** FECHA: 01-Abril-2019

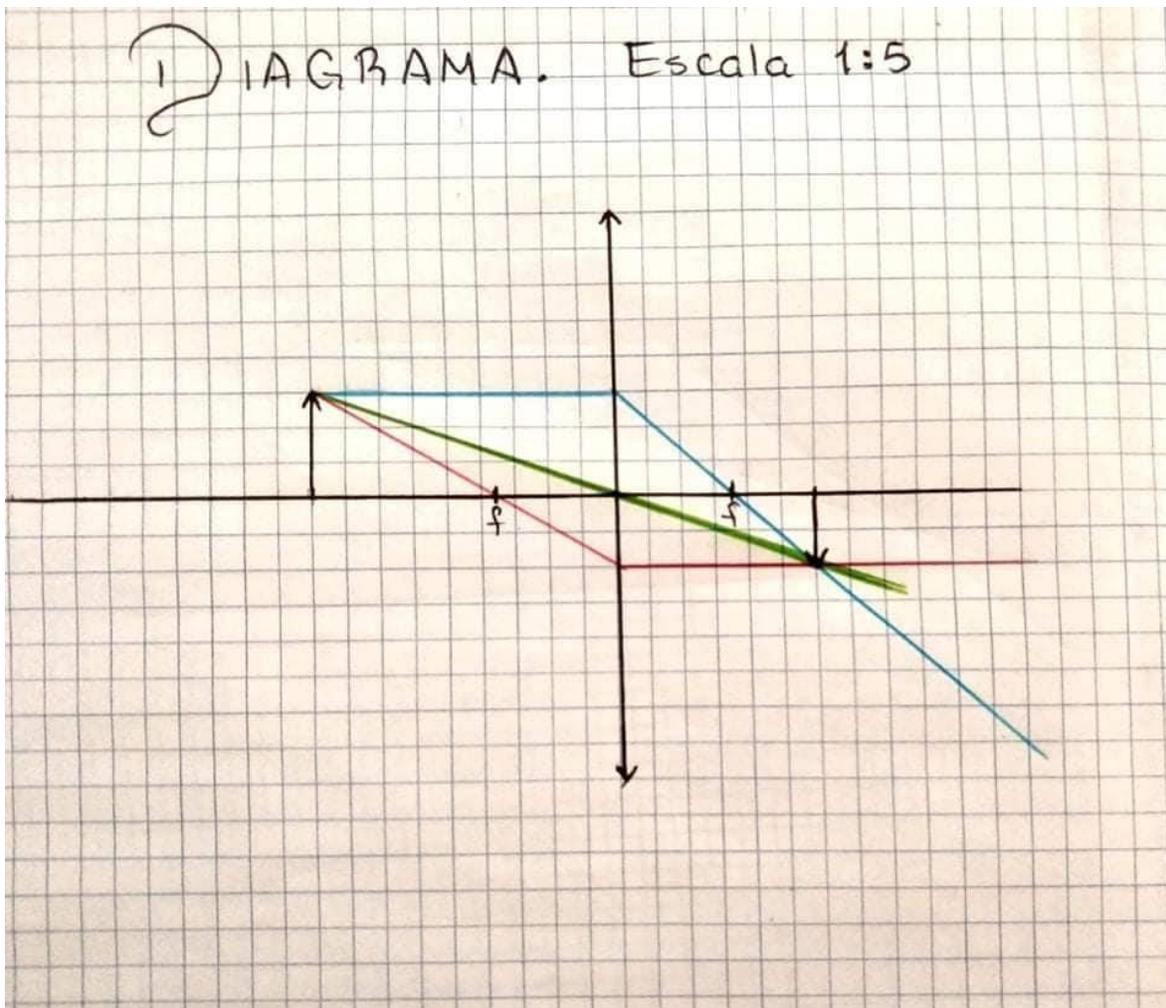
Un objeto de 15 cm de altura se coloca a 45 cm de una lente, la cual produce una imagen a 30 cm a la derecha de la lente:

- Calcula la distancia focal de la lente.
- El tamaño de la imagen.
- Realiza el diagrama.

La lente forma una imagen real, en donde  $d_o = 45 \text{ cm}$  y  $d_i = 30 \text{ cm}$ . Como la imagen se forma a la derecha, la lente es convergente.

Datos	Fórmulas
$d_i = 30 \text{ cm}$ $d_o = 45 \text{ cm}$ $O = 15 \text{ cm}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$ $A = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{I}{O}$
a)	$\frac{1}{f} = \frac{1}{45 \text{ cm}} + \frac{1}{30 \text{ cm}} = \frac{2+3}{90 \text{ cm}} = \frac{5}{90 \text{ cm}}$ $\Rightarrow f = \frac{90 \text{ cm}}{5} = 18 \text{ cm}$
b)	$\frac{I}{O} = \frac{d_i}{d_o} \Rightarrow I = O \left( \frac{d_i}{d_o} \right) = 15 \text{ cm} \left( \frac{30 \text{ cm}}{45 \text{ cm}} \right) = \frac{450 \text{ cm}^2}{45 \text{ cm}}$ $I = 10 \text{ cm}$

Anexo 1.4: Problema de lentes

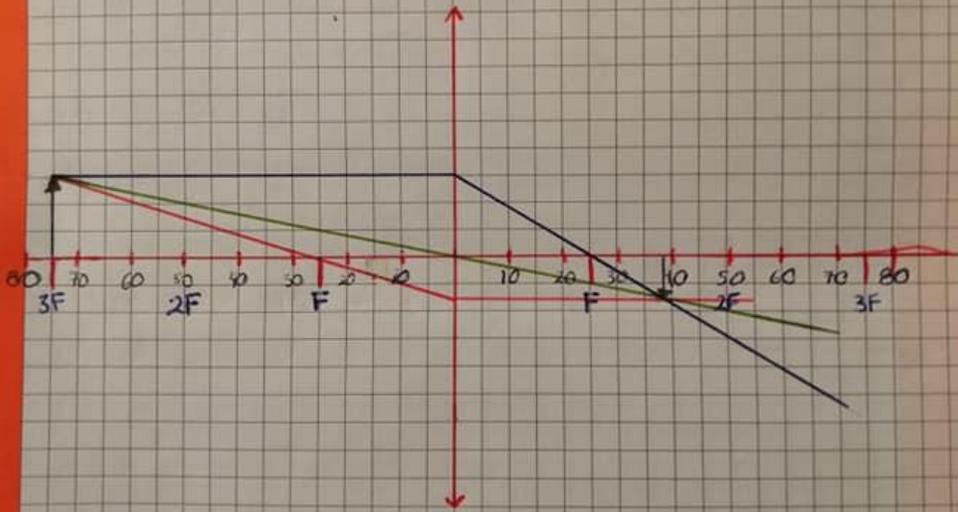


## Anexo 1.4: Problema de lentes

### Problema 1

**Análisis:** Tenemos una imagen invertida, entonces hablamos de una lente convergente, por lo tanto, forma una imagen real. La distancia focal es de 25 cm y el objeto está a 75 cm, por lo que podemos deducir que este objeto se encuentra después de  $2F$ . Teniendo estos datos, esperamos una reducción negativa, a la imagen estará entre  $F$  y  $2F$ ,  $O = 75 \text{ cm} > I = x \text{ cm}$

**Programa:** c) cuadro a 5 cm (1:5)



a) La posición de la imagen

Nos está pidiendo la distancia a la imagen

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad \frac{1}{d_i} = \frac{1}{25 \text{ cm}} - \frac{1}{75 \text{ cm}} = \frac{3 - 1}{75 \text{ cm}} = \frac{2}{75 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{25 \text{ cm}} = \frac{1}{75 \text{ cm}} + \frac{1}{d_i} \quad d_i = \frac{75}{2} \text{ cm} = 37.5 \text{ cm}$$

#### Anexo 1.4: Problema de lentes

b) El tamaño de la imagen

$$\frac{I}{O} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$I = \frac{-d_i}{d_o} \cdot O$$

$$I = - \frac{37.5 \text{ cm}}{75 \text{ cm}} \cdot 15 \text{ cm} = - \underline{\underline{7.5 \text{ cm}}}$$

## Anexo 1.4: Problema de lentes

Equipo 7.1

- 1) Una lente amplifica -1.5 veces el tamaño de un objeto. Si la imagen se forma 45 cm delante de la lente y tiene un tamaño de -9 cm, a) Encuentra donde se coloca el objeto. b) El tamaño del objeto. c) Realiza el diagrama.

① Análisis ② Operaciones ③ Esquema

- ① Al leer que la amplificación es negativa y menor a 1 podemos deducir y especular que el ejercicio trata de una imagen real ya que la amplificación (A) al ser negativa y al ser un número menor que 1, entonces la imagen estará de forma invertida y aumentada. Estas especulaciones son propiedades de la imagen real, por lo que pensamos que se va a proyectar, de manera invertida y aumentada.

Datos:

- ②  $\rightarrow O = ? = 6 \text{ cm}$   
 $d_o = ? = 30 \text{ cm}$   
 $\rightarrow I = -9 \text{ cm}$   
 $d_i = 45 \text{ cm}$   
 $A = -1.5$   
 $\rightarrow F = ? = 18 \text{ cm}$

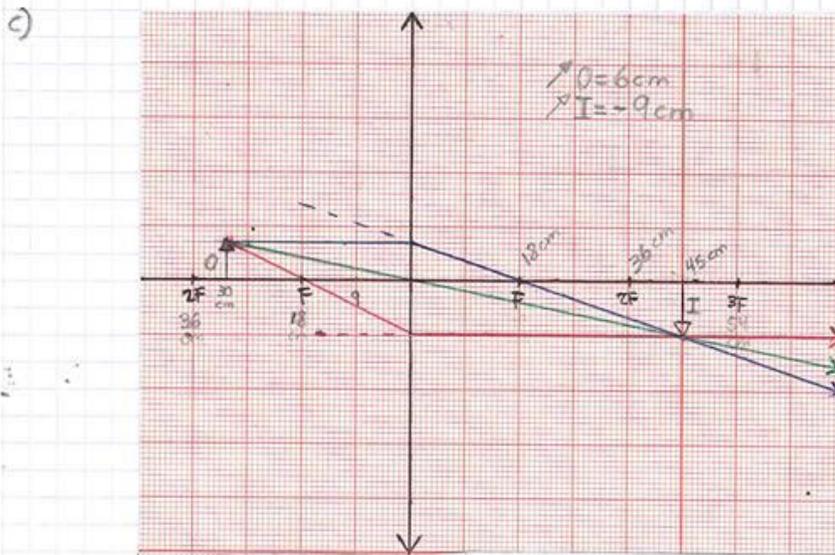
$$A = \frac{I}{O} = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$a) A = -\frac{d_i}{d_o} \Rightarrow d_o = -\frac{d_i}{A} = -\frac{45 \text{ cm}}{-1.5} = 30 \text{ cm}$$

$$b) A = \frac{I}{O} \Rightarrow O = \frac{I}{A} = \frac{-9 \text{ cm}}{-1.5} = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{30 \text{ cm}} + \frac{1}{45 \text{ cm}} = \frac{45 + 30}{1350 \text{ cm}} = \frac{75}{1350 \text{ cm}}$$

$$F = \frac{1350 \text{ cm}}{75} = 18 \text{ cm} \rightarrow \text{lente Convergente}$$



## Anexo 1.5: Funcionamiento del ojo

La luz entra por la córnea, pasa por la pupila, el cristalino, el humor acuoso y el vítreo, hasta llegar a la retina. La córnea por ser curva y tener un índice de refracción mayor que el aire, refracta la luz. El astigmatismo es producido por alguna deformidad en la curvatura de la córnea.

La pupila es la encargada de regular la luz que llega a la retina, los músculos (dilatador y esfínter pupilares) son los que la hacen más grande o más pequeña, así entre más intensidad luminosa menor será el diámetro de la pupila.

“El cristalino es una lente biconvexa asimétrica, constituido por múltiples capas”, éste modifica su curvatura para enfocar a imagen en la retina, es decir, es el encargado de realizar el ajuste fino. Si el objeto que se está viendo es lejano el cristalino tomará una forma más aplanada, y si el objeto es cercano el cristalino estará más redondeado. Sin embargo, si el objeto está muy cerca del ojo ya no es posible enfocarlo, en promedio lo más cercano que puede estar para enfocarlo es de 25 cm, para un ojo normal, por que la imagen ya no se formaría en la retina. Las cataratas se deben a que con el tiempo el cristalino se va opacando.

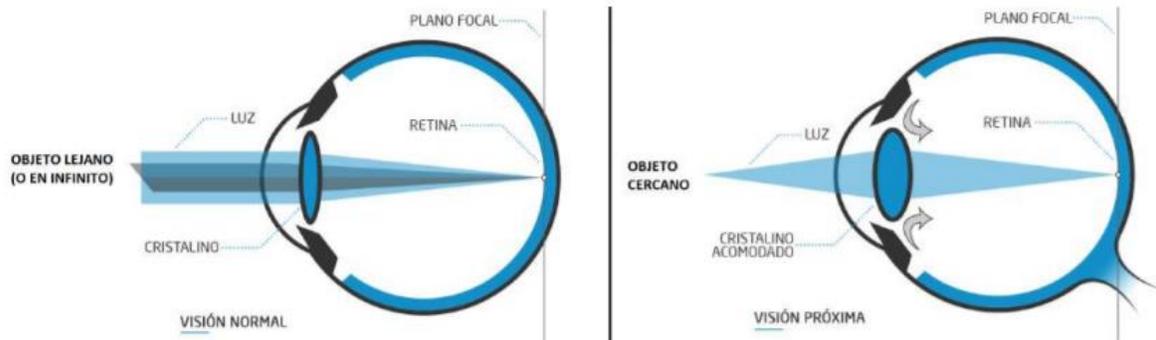
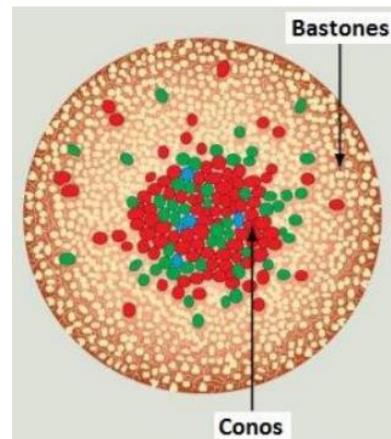


Figura 2.1

Acomodación del cristalino en función de la distancia al objeto a enfocar en la retina.

La retina es la que funciona como pantalla, en ella se forma la imagen real. Se transforma la energía luminosa en estímulos nerviosos, para que el nervio óptico codifique y transmita la información. En la capa interna de la retina están las células y fibras nerviosas, y en la parte externa los conos y bastones (fotorreceptores). Los conos sirven para el color y los bastones para el blanco y negro.

En el interior de las células fotorreceptoras hay proteínas sensibles a la luz: rodopsina en los bastones y conopsina en los conos. Cuando un rayo de luz choca con las proteínas, transmiten su energía.



### REFERENCIA

- Dimieri L. (2015). Aspectos físicos de la visión humana (Tesis de licenciatura).

## Anexo 1.6: Problema de ojo

B) En el modelo simplificado del ojo (lentes sueltas en aire) se considera que un ojo normal tiene 44 dioptrías de potencia para el punto cercano y 40 dioptrías para el punto lejano.

Una persona que utiliza unas lentes de  $-40\text{cm}$  de distancia focal.

a) ¿que tipo de defecto tiene?

tiene ojo miope, significa que las cosas lejanas no puede ver, esto se debe a que la imagen la percibe antes de tal forma que los objetos al ser lejanos se distinguen muy poco.

b) ¿cual es la distancia de su punto proximo sin lentes?

$$44\text{D} - P_L = P_M \quad \left| \begin{array}{l} \frac{1}{d_o} = P_M - \frac{1}{(25\text{cm})} \\ \parallel \\ \frac{1}{d_o} = P_M - 40\text{D} \end{array} \right. \quad \left( \frac{1}{25\text{m}} = 40\text{D} \right)$$

$$P_M = 44\text{D} - (-2.5\text{D})$$

$$P_M = 44\text{D} + 2.5\text{D}$$

$$P_M = 46.5\text{D}$$

Tiene ojo miope con lo cual sabemos que no puede ver de lejos y que la potencia de la lente es de  $-44\text{D}$ .

$$\frac{1}{d_o} = (46.5\text{D}) - 40\text{D}$$

De tal forma que buscaremos la potencia del ojo miope y los datos se sustituyen para el punto proximo.

$$\frac{1}{d_o} = (46.5\text{D}) - 40\text{D}$$

$$\frac{1}{d_o} = 6.5\text{D}$$

$$d_o = \frac{1}{6.5\text{D}} \quad \left( D = \frac{1}{m} \right)$$

$$d_o = \frac{1}{6.5}$$

$$d_o = 0.1538\text{m}$$

$$d_o = (0.1538)(100\text{cm})$$

$$d_o = 15.38\text{cm}$$

## Anexo 1.6: Problema de ojo

c) ¿Serán útiles esas lentes para ver de cerca?  
Sí, ya que la persona recibe las imágenes antes de tal forma que entre más lejos más borrosa se ve y la lente va a corregir esa percepción haciendo que su potencia sea a la del ojo normal.

## Anexo 1.6: Problema de ojo

- 2) a) ¿Qué lentes se deben prescribir a una persona cuyo punto próximo está a 10 cm del objeto? Proporcionar la potencia expresada en dioptrías de dichas lentes correctoras

$$P_p = 10 \text{ cm}$$

$$P_H = \frac{1}{10 \text{ cm}} + \frac{1}{25 \text{ cm}} = \frac{2.5 + 10}{25 \text{ cm}} = \frac{12.5}{25 \text{ cm}} = \frac{1250}{25 \text{ m}} = 50 \text{ D}$$

$$P_L = 44 \text{ D} - 50 \text{ D} = -6 \text{ D}$$

Debe de utilizar lentes divergentes con -6 D

- b) ¿Qué tipo de defecto tiene?

La persona tiene miopía porque su punto próximo es de 10 cm y esto es menor a los 25 cm de punto próximo de una persona normal, por lo tanto su distancia focal es menor y no llegará a la retina del ojo.

Al comenzar el ejercicio nos percatamos que la persona tendría miopía por el punto próximo menor al de un ojo normal.

Además sólo eran 10 cm esto nos indicaría que el lente debería ser uno con gran potencia para corregir la vista

## Formación de imágenes múltiples

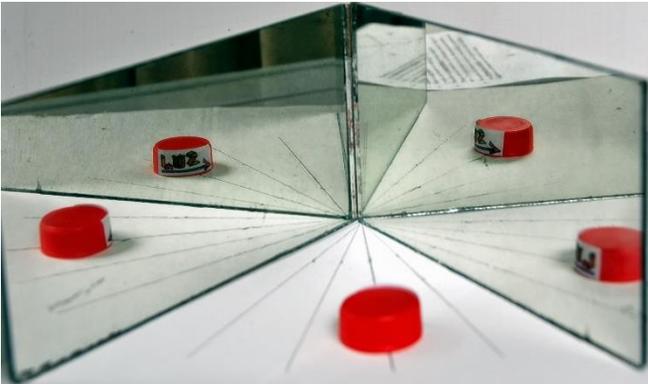
### INTRODUCCIÓN:

Como lo hemos visto en clase, las propiedades ópticas de los espejos y las lentes se basan en los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz, por ejemplo, los principales usos de los espejos y las lentes son en instrumentos ópticos como, por ejemplo: los microscopios, los telescopios, las cámaras, entre otros más.

### LOS ESPEJOS:

Definimos a los espejos como una superficie pulida y plana en la que al incidir la luz ésta se refleja, siguiendo las leyes de la reflexión.

Los espejos pueden ser:



### PLANOS:

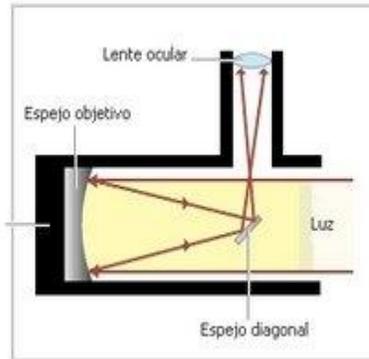
Estos se caracterizan porque solo tienen una superficie plana muy pulida que puede reflejar la luz que le llega con una capacidad reflectora de la intensidad de la luz incidente. Los espejos planos se utilizan con mucha frecuencia

prácticamente en cualquier lado porque por ejemplo son los que usamos para mirarnos ubicados en lugares públicos, los que utilizan las mujeres para maquillarse, etc. En ellos vemos nuestro reflejo, una imagen que no está distorsionada y además como dato extra la imagen formada por un espejo plano es virtual simétrica respecto al plano del espejo.

## Anexo 1.7: Reporte de la actividad experimental 2

### CURVOS O TAMBIÉN CONOCIDOS COMO ESPEJOS ESFÉRICOS QUE PUEDEN SER:

#### -ESPEJOS CÓNCAVOS:



Entendimos que un espejo cóncavo también llamado espejo convergente es un tipo de espejo que son curvados hacia adentro y que amplían las imágenes en forma virtual y que su orientación puede presentarse derecha o invertida, respectivamente, para imágenes virtuales y reales, dependiendo de la posición del objeto en relación con el espejo por ejemplo los

espejos cóncavos se emplean en los telescopios ya que la imagen virtual que forman siempre es más amplia que la real.

#### -ESPEJOS CONVEXOS:



El espejo convexo podría decirse que son lo contrario a los espejos cóncavos porque tienen una curvatura hacia afuera y su función es, generar una vista más amplia del objeto que reflejan, creo que es debido a su capacidad para hacer que

los rayos de luz se alejen y no choquen entre sí, las imágenes que reflejan no son reales. Un ejemplo de espejo convexo son los espejos ubicados en las puertas delanteras de un automóvil para proporcionarle al conductor una imagen virtual de los objetos y vehículos que hay a su alrededor y así tener una mejor visión.

## Anexo 1.7: Reporte de la actividad experimental 2

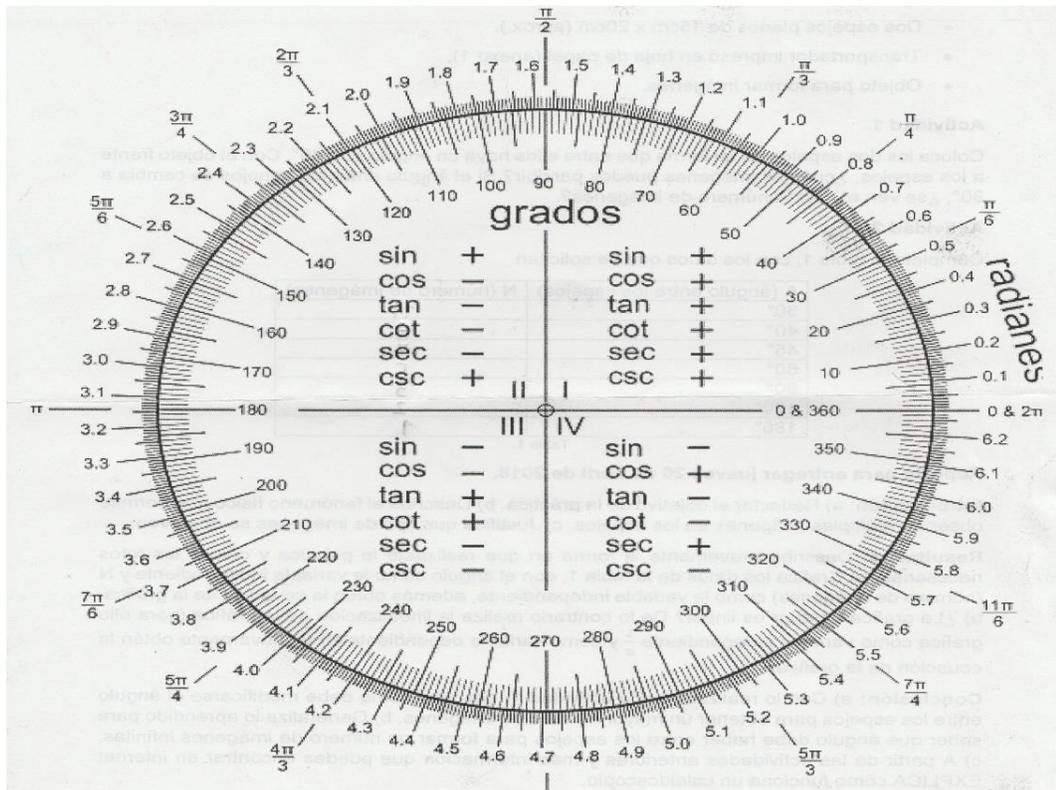
### EN EL LABORATORIO:

En la clase se realizó una práctica sobre los espejos donde mediante dos espejos planos y un compás se estuvieron colocando en determinados grados para formar un número específico de imágenes y estos fueron los resultados según la tabla.

Completa la tabla 1, con los datos que se solicitan.

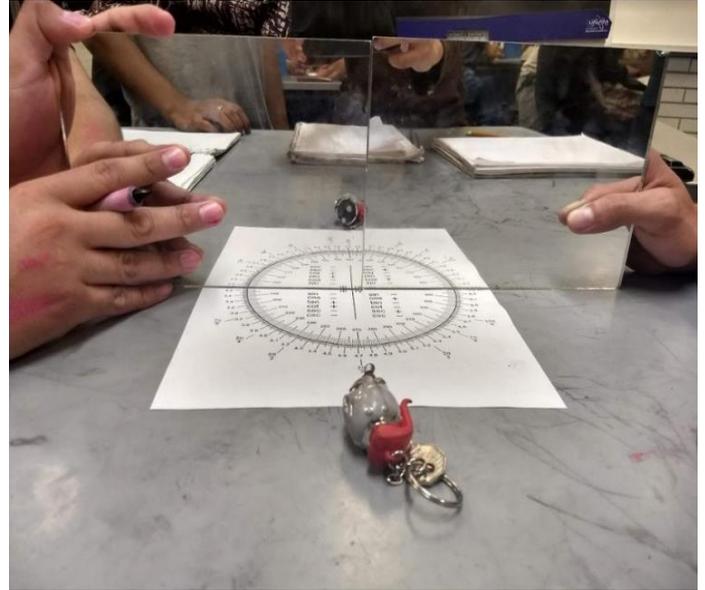
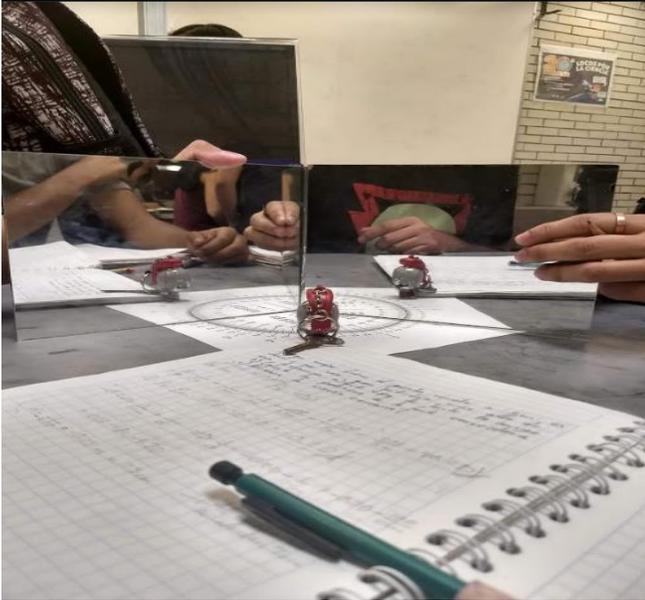
A (ángulo entre los espejos)	N (número de imágenes)
30°	11
40°	8
45°	7
60°	5
90°	3
120°	2
180°	1

Tabla 1.



## Anexo 1.7: Reporte de la actividad experimental 2

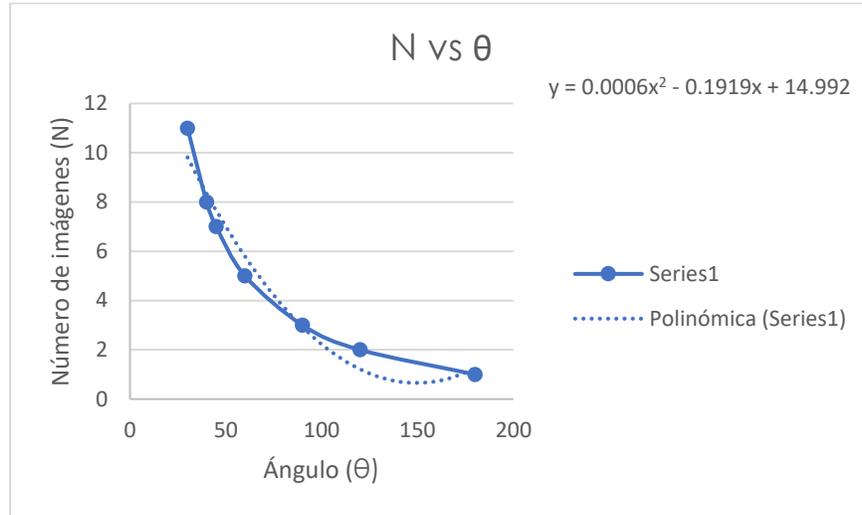
EVIDENCIAS:



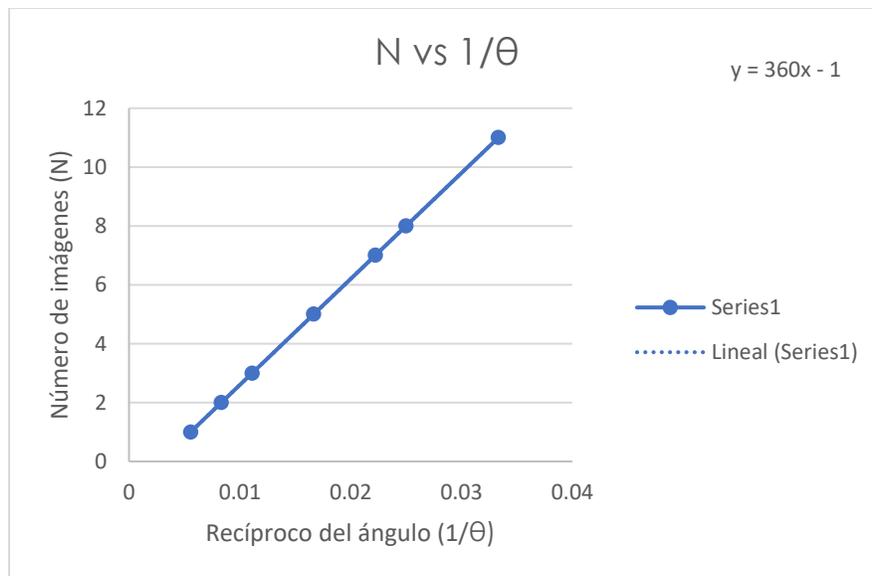
## Anexo 1.7: Reporte de la actividad experimental 2

### Análisis de resultados

Al graficar la tabla de resultados obtenidos en el laboratorio nos quedó la siguiente gráfica y mostramos la ecuación de la relación.



Pero en la hoja que nos dio el profesor nos decía que si la gráfica no era lineal debíamos realizar un cambio en la gráfica y en lugar de usar el ángulo debemos graficar con  $1/\text{ángulo}$ . Esta fue la gráfica que obtuvimos al hacer esto.



Donde ya tenemos una línea recta y una ecuación más sencilla.

## Anexo 1.7: Reporte de la actividad experimental 2

### CONCLUSIONES:

Los espejos curvos se comportan muy similar a las lentes, pero en los espejos tenemos reflexión y ya no refracción. Este cambio hace que cuando ponemos dos espejos uno enfrente del otro la luz vaya de un espejo al otro y regrese muchas veces, por lo que ya no se corrige solamente la imagen como en el caso de las lentes y ahora tenemos que las sucesivas reflexiones que se producen debido a la incidencia de la luz sobre los espejos permiten la formación de múltiples imágenes de un mismo objeto. Pero cabe destacar que a medida que el ángulo entre los espejos disminuye, aumenta el número de imágenes ya que también aumenta las reflexiones producidas. Así que podemos decir que para tener imágenes infinitas los espejos deben tener un ángulo de cero entre ellos es decir deben estar paralelos.

### ES DECIR:

La formación de múltiples imágenes sigue la siguiente fórmula:  $N = 360^\circ/a - 1$ , donde "a" es el ángulo mínimo necesario para la formación de N imágenes, si "N" es el número de imágenes que queremos formar.

### NOTA:

Cuando "N" tiende a infinito, el ángulo es cero (espejos paralelos) se observan infinitas imágenes. Otra forma de expresar la fórmula es:  $N^\circ \text{ imágenes} = (360^\circ - a/a)$  (tomando siempre números enteros).

## Anexo 1.7: Reporte de la actividad experimental 2

### EL CALEIDOSCÓPIO:

En términos generales cuando observamos el visor de un caleidoscopio vemos una figura reproducida cientos de veces por cierto número de espejos que se reflejan unos a los otros creando una visión infinita de un espejo dentro de un espejo. Después de la práctica entendimos que la distancia de grados entre los espejos crea diferentes reproducciones de lo que encontramos en el centro. Por ejemplo, si dentro de un caleidoscopio los espejos se encuentran a  $45^\circ$  uno del siguiente se crean ocho imágenes duplicadas, cuando están a  $60^\circ$  se hacen seis y cuando estos se encuentran a  $90^\circ$  se verán cuatro y así sucesivamente según el n° de grados en el que se encuentren los espejos.



## Anexo 1.8: Problema de espejo

### Problema 2

Un espejo esférico forma una imagen invertida de un objeto en forma de lápiz sobre una pantalla situada a una distancia de 420 cm delante del espejo. Si el objeto mide 5 cm y la imagen ha de tener una altura de 30 cm. Determinar: **A)** A qué distancia del espejo debe colocarse el objeto. **B)** El radio de curvatura del espejo. **C)** Explique qué tipo de espejo se usó. **D)** Realiza el diagrama.

#### Análisis

Si se forma una imagen invertida de mayor tamaño que el objeto, este debe situarse entre  $R$  y  $F$ . Nuestra distancia a la imagen será la posición de la pantalla, como la imagen está invertida, tendrá una altura negativa. Como la distancia al la imagen es positiva, será una imagen real. La imagen se forma detrás del espejo. La imagen y objeto están a la izquierda del espejo.

Para sacar el radio de curvatura del espejo podremos que sacar la distancia focal y multiplicarla por dos ya que  $R = 2F$ .

$$a) -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O}$$

$$-\frac{420 \text{ cm}}{d_o} = \frac{30 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$d_o = -\frac{420 \text{ cm}(5 \text{ cm})}{30 \text{ cm}} = -70 \text{ cm}$$

$$b) \frac{1}{F} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

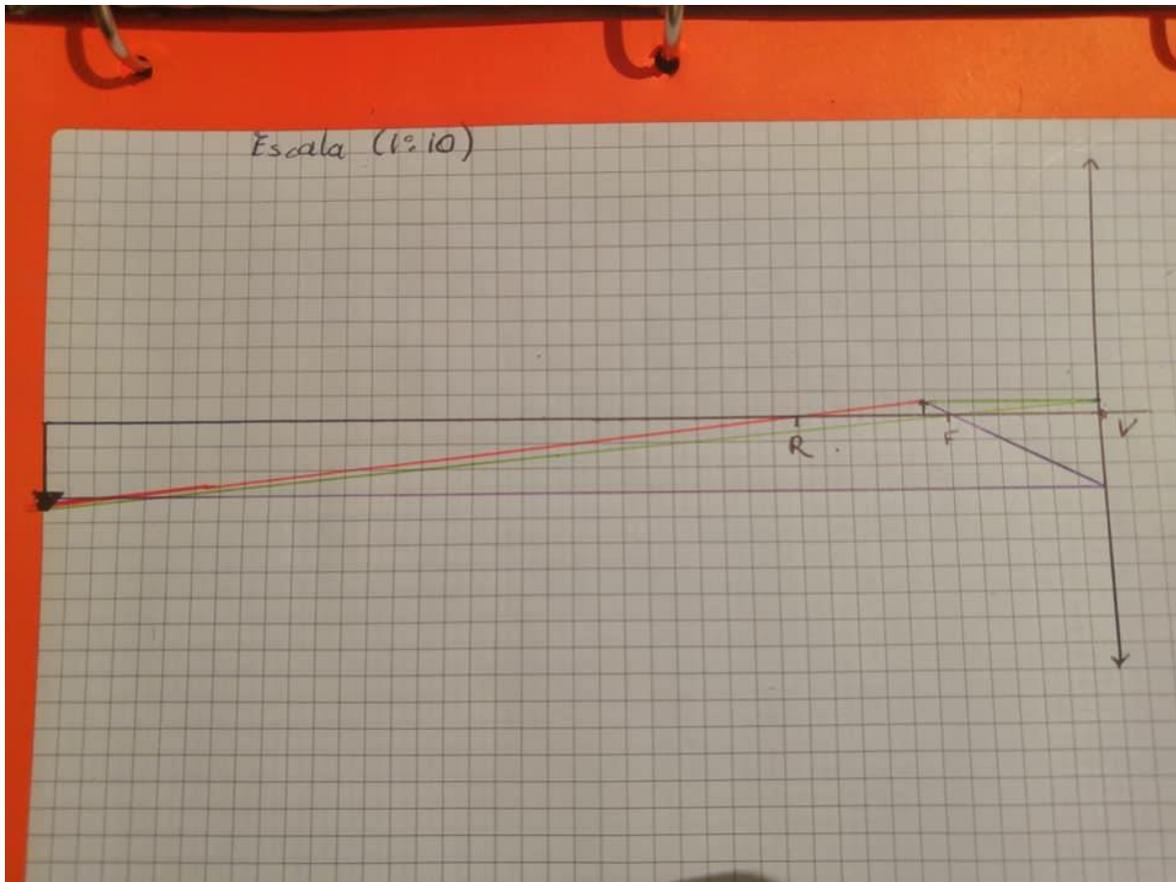
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{-70 \text{ cm}} + \frac{1}{420 \text{ cm}} = -\frac{1}{60 \text{ cm}}$$

$$F = -60 \text{ cm}$$

$$2F = 2(-60 \text{ cm}) = 120 \text{ cm} = R$$

c) Es un espejo cóncavo, ya que se forma una imagen invertida y real. Tanto el objeto como la imagen están a la izquierda del espejo.

### Anexo 1.8: Problema de espejo



## Anexo 1.8: Problema de espejo

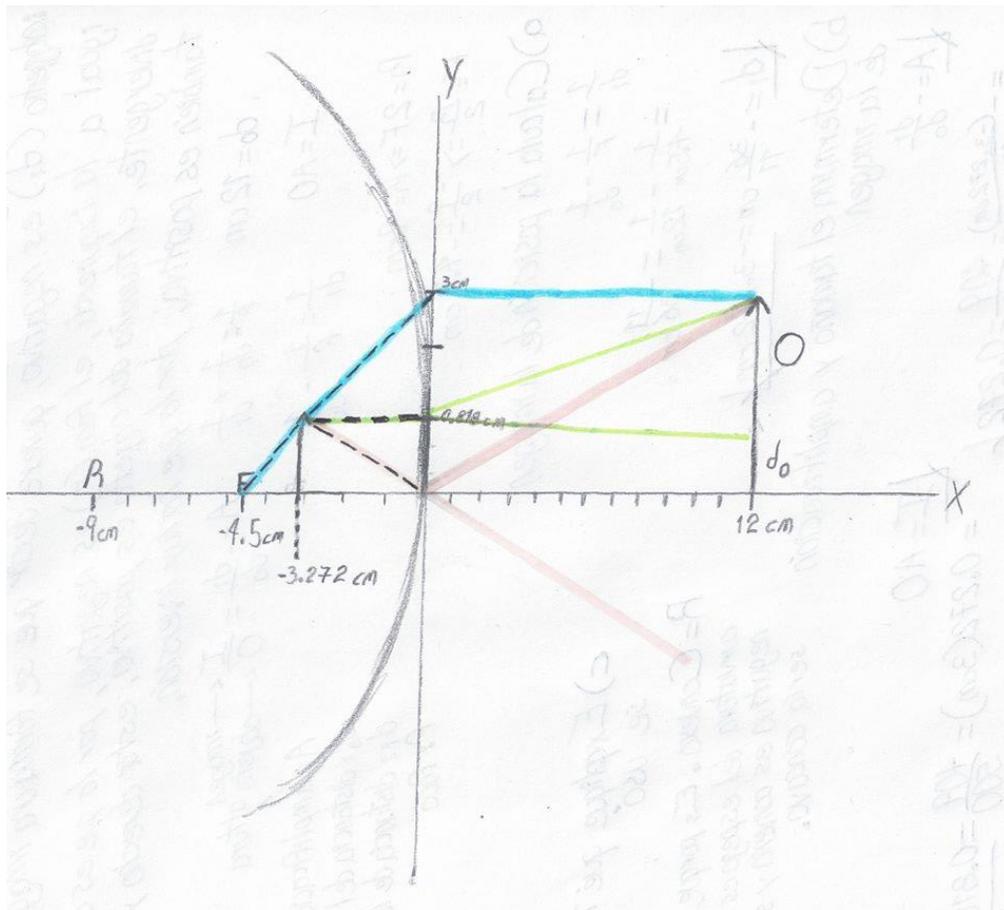
### Equipo 6 – Problema 6 ¶

Se coloca un objeto de 3 cm de altura a 12 cm enfrente de un espejo con radio de curvatura de -9 cm. ¶

¶

### Análisis de datos ¶

Para comenzar, tenemos que la distancia del objeto ( $d_o$ ) es positivo, por lo tanto, es un objeto real que se encuentra a la derecha. Distancia de la imagen ( $d_i$ ) es negativo, quiere decir que se forma una imagen virtual a la izquierda, el foco (F) es negativo, por lo que es un espejo divergente y también convergente, el tamaño del objeto es positivo, está derecho y la imagen también es positiva, por lo que no hay inversión. Por regla, en espejo convexo, el objeto es más grande que la imagen, eso siempre. ¶



### Anexo 1.8: Problema de espejo

condiciones dadas

$$d_o = 12 \text{ cm} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad A = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{I}{O} \leftarrow \begin{array}{l} \text{imagen} \\ \text{altura} \end{array}$$

$$I = AO \quad \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o}$$

A: amplificación  
 $d_o$ : distancia del objeto  
 $d_i$ : distancia de la imagen  
 f: foco

$$R = 2F \Rightarrow R = -9 \text{ cm}$$

$$F = \frac{R}{2} \Rightarrow \frac{-9}{2} = -4.5 \text{ cm}$$

a) Calcula la posición de la imagen

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o} \\ = \frac{1}{-4.5 \text{ cm}} - \frac{1}{12 \text{ cm}} = -\frac{11}{36 \text{ cm}}$$

$$\sqrt{d_i = -\frac{36}{11} \text{ cm} = -3.272 \text{ cm}}$$

b) Determina el tamaño y amplificación de la imagen

$$\sqrt{A = -\frac{d_i}{d_o}}$$

$$= -\frac{(-3.272 \text{ cm})}{12 \text{ cm}} = \frac{409}{1500} = 0.272$$

$$\sqrt{I = AO}$$

$$= 0.272(3 \text{ cm}) = \frac{409}{500} = 0.818$$

c) Explique qué tipo de espejo se usó

R = Cóncavo. Es porque el radio de curvatura del espejo es negativo, al ser negativo es cóncavo y si fuera positivo, sería convexo.

## Anexo 1.8: Problema de espejo

Equipo 5.

Empleando un espejo curvo, la imagen de cierto objeto es (de) real, invertida y del doble de altura de este y forma a 150 cm del espejo. Si la imagen tiene una altura de 200 cm determina:

A) ¿A qué distancia se encuentra el objeto?

$$A = -2 \quad A = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o} \quad -2 = \frac{-1.5}{d_o}$$

$d_i = 200 \text{ cm} = 2 \text{ m}$   
 $d_i = 150 \text{ cm} = 1.5 \text{ m}$   
 $d_o = ?$

$$d_o = \frac{-1.5 \text{ m}}{-2} = 0.75 \text{ m}$$

El objeto se encuentra a 0.75 m del espejo ←

B) Radio de curvatura del espejo.

$$d_i = 1.5 \text{ m} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{3}{2}} + \frac{1}{\frac{3}{4}} = \frac{2}{3} + \frac{4}{3} = \frac{6}{3} = 2$$

$d_o = 0.75 \text{ m}$   
 $f = ?$

$$R = 2f = 2 \left(\frac{1}{2}\right) = 1$$

C) Explique el tipo de espejo que se usó.

El espejo que se utilizó es cóncavo por las características que se nos presenta al inicio del problema. Estas nos dice que la imagen es real, invertida y mide el doble de altura del objeto. Esto nos dice que hubo un aumento una característica que pudimos observar del espejo cóncavo en una de las prácticas.

D) Realiza el diagrama.



## Anexo 1.9: Resumen de teoría del color

Esta clase consistió en la explicación sobre las teorías acerca del color. Para ello, primero el equipo número 6 pasó a presentar su proyecto, el cual consistió en la teoría del color. La exposición estuvo entretenida sin embargo no había comprendido bien, ya que mencionaron algo acerca sobre la luz y el pigmento hablando de tonalidades del color, nombraron los colores primarios para cada teoría y la combinación de estos. De hecho, ya sabía un poco acerca de su exposición porque mis compañeros habían participado en una actividad en la explicada y ese día me dieron una pequeña explicación y simplificación con una lámpara colocando una espeje de acrílico con las tonalidades de los colores primarios. Regresando a la exposición en la clase, el profesor les prestó un "laser" con el cual se proyectaban los seis colores de la teoría del color a base de tonalidades de luz (teoría aditiva). También, en su exposición explicaron sobre las ondas electromagnéticas (espectro electromagnético) y las cuales son visibles para los seres vivos (tanto ~~seres~~<sup>seres</sup> como animales).

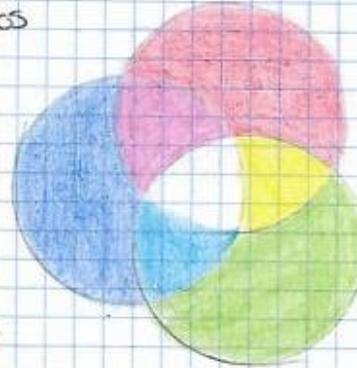
Después, el profesor colocó unos proyectores (3) de los colores primarios; estos colores se reflejaban en el pizarrón y pudimos observar la combinación de todos los colores y llegamos a la conclusión de que la combinación de los 6 colores forman el blanco, en esta teoría hay ausencia del color negro debido a que no hay espacio entre la combinación de un color y el otro. Esta dinámica sirvió mucho para entender mejor la combinación de colores. Por último, el profesor nos prestó 6 "plaquitas" con los diferentes tonos de color y nosotros las teníamos que ver a través de la luz de las lámparas, incluso podíamos colocar 2 o 3 placas y observar la tonalidad del color que se iba formando.

## Anexo 1.9: Resumen de teoría del color

Para una mejor explicación de la teoría del color, el día de hoy mis compañeros del equipo 6 nos presentaron su investigación sobre esta teoría; Quiénes participan en ella (colaboraciones), experimentos, teorías y resultados.

El experimento que nos presentaron nos demostró que los colores se pueden mezclar no solo con pinturas sino que por medio de la proyección de luces podemos lograr el efecto de combinar colores. Los colores primarios para esta demostración fueron; Rojo, Azul y Verde (RGB). Al combinar la luz Verde y Azul nos dio el color cian, con la mezcla de Verde y Amarillo Rojo nos da el color Amarillo y por último del azul y rojo observamos Magenta. Para concluir esta parte del experimento se mezcló el cian, amarillo y magenta dándonos como resultado el blanco.

Como complemento, compañeros del equipo pasaron cuando el proyector estaba en uso, uno para ver el tipo de sombra y a mi compañera para ver cómo cambiaba su sudadera con la mezcla de luces.



Con un tipo de láminas que el profesor nos aportó que eran de los 6 colores tales vistas, los usamos como un tipo de gafas, en donde al hacer diferentes combinaciones, veíamos de diferente forma las luces blancas y el ambiente.

El último experimento elaborado fue con un pequeño pedazo de "CD" en donde lo colocamos en la cámara del celular y podíamos ver las luces, y observar los colores que se forman cerca de ellas.

# Anexo 2

## Cuerpo rígido

## Anexo 2.1: Ensayo del artículo “Soy Físico”

### Ensayo del artículo Soy físico de Miguel Alcubierre

Como parte de los Físicos, Miguel Alcubierre, quien es egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM, nos da a conocer un gran artículo “Soy físico” publicado en la revista ¿Cómo ves? Este artículo contesta a preguntas que nos ayudan a acercarnos un poco más a la física, en pocas palabras, contribuye a ver a esta ciencia de una manera más amigable.

En la parte de la introducción Miguel Alcubierre nos cuenta sus experiencias en la juventud con la física, acercándonos de una forma agradable y muy interesante a la física, haciéndonos seguir leyendo el texto y no querer parar, cumpliendo la función de la introducción.

Continuando con el texto, nos explica algunos conceptos de la física que son fáciles de digerir, dándonos la explicación de que la física se encuentra a nuestro alrededor, pero no logramos darnos cuenta de ello. Algo que también me agrada es la charla que se forma con el lector pasando de algo que puede ser complicado a algo sencillo de comprender, nunca perdiendo el objetivo de aumentar nuestro conocimiento.

El siguiente punto habla de la ciencia, ya no solo de física, siempre aproximándonos al maravilloso mundo de lo desconocido, se desvía un poco para explicarnos que la física se tiene que explicar con modelos matemáticos para simplificar lo complejo de la naturaleza, “Las matemáticas son la versión más sofisticada y exitosa de un divertido juego que consiste en inventar universos imaginarios completamente consistentes” (Alcubierre, s.f.p.11) una vez más, de forma amena y lo más sencillo posible.

En conclusión, me resultó muy interesante, agradable y el uso de las ilustraciones realizadas por Rapi Diego fueron una de las razones por las que este artículo me fascina, otra de las causas por las que me agrada fue el uso de lenguaje y el acercamiento que se tiene con el lector. Recomiendo este artículo a cualquier persona que desee ver a la física desde otra perspectiva.

## Ensayo Crítico. "Soy Físico"

En este Artículo podemos notar como el hablar de la Física, para muchas personas es hablar de algo extremadamente complicado, y que a su vez tiene que ver con números y ecuaciones matemáticas, cuando en realidad no es así, Miguel Alcubierre nos muestra un Panorama completo de su afición por la Física, desde un punto en el que ni siquiera penso que le podría llegar a gustar, ya que era muy básica y con poca dinámica, (tal es el caso de la Física en la Secundaria), hasta un punto en el que su pasión fue bastante que ahora mismo es una de las personas mas destacadas en la Física, bueno, un investigador con muchos conocimientos.

Pero bueno, hablando más sobre el artículo, queda claro que el proposito principal de Alcubierre es motivar al lector a estudiar Física, verla desde un punto de vista menos "Cansado", y mas "Creativo", ya que como el menciona, la Física no solo son ecuaciones matemáticas y teorías aburridas, sino una forma creativa de ver el como se forman las cosas, o dar una explicación a lo que sucede a nuestro alrededor. Claramente tambien tiene su punto matemático, pues sino no podría llamarse Física, habla de que las matemáticas, si, son complicadas, pero las podemos ver de una forma mas simple para explicar temas o problemas muy complejo, claro que las matemáticas son un tipo de lenguaje, y de los mejores a decir verdad.

Por último, el texto también señala que muchas veces no observamos o nos es difícil darnos cuenta de la relación de la Física con otras ciencias, bueno no precisamente ciencias, sino con otras asignaturas, tal es como la Creatividad que se utiliza mucho en el Arte y diseño, y claro que tiene mucho que ver, un artista hace y desase obras, un Físico hace y desase teorías, gracias a la experimentación, un Diseñador crea y construye instrumentos con base a conocimientos Físicos, ya que un Automóvil sin ruedas, es imposible que funcione, y un avión sin alas, es imposible que vuele.

## Ensayo crítico a “SOY FISICO”

La lectura de este texto me a resultado muy interesante y graciaa en algunos casos, por las diferentes cosas que dice que son reales

Me pareció interesante por qué el texto aclara muchas dudas que un estudiante que busca escojer alguna materia pueda leer ya que nos habla desde cómo ven las demás personas a un físico, parte de la historia de la física y sobre todo lo que se a podido hacer con la física. Este texto no solo incluye a la física sino que también nos habla sobre las matematicas, diciéndonos que no solo la gente que sabe del arte se pueden considerar como personas cultas, sino que también se le puede considerar culto a alguien que sabe sobre la ciencia

Hay una frase que me gustó del texto que es “**las matemáticas son verdaderamente un arte**” porque si lo analizamos esta frase tiene mucho sentido, el aplicar las matemáticas es algo que no todos tienen la habilidad pero que quienes lo hacen bien pueden llegar a sorprender mucho

Sin duda es un gran ejemplo el que nos da Miguel Alcubierre con sus experiencias, dándonos así la confianza de creer lo que nos dice porque son cosas que el ya vivió y a aprendido de ellas. Si fuera un poco más largo el texto estaría mejor ya que siento que es un poco corto pero definitivamente a sido de mi agrado este texto

## Anexo 2.2: Diagnóstico centro de masa

### Diagnóstico

1. Entre tres personas cargan una barra de 100 kg de peso, colocados dos en los extremos y uno al centro. ¿Quién cargará el mayor peso de la barra? O ¿El peso se reparte en partes iguales?
2. ¿Por qué no se puede levantar una persona al estar sentado sin despegar la espalda del asiento?
3. ¿Cómo deberías colocar un plato circular para equilibrarlo sobre un clavo? ¿Podrías hacer lo mismo con un CD?
4. ¿Cuál es la diferencia entre centro de masa y centro de gravedad?
5. Al jugar en un subibaja habrás notado que el niño de mayor peso siempre levanta al de menor peso, ¿habrá alguna forma para que queden a la misma altura o equilibrado?

## Anexo 2.2: Diagnóstico centro de masa

1. Entre tres personas cargan una barra de 100 kg de peso, colocados dos en los extremos y uno al centro. ¿Quién cargará el mayor peso de la barra? O ¿El peso se reparte en partes iguales?

El peso no se reparte en partes iguales, y es el del centro, es decir, la persona que se encuentra en medio la que carga más.

2. ¿Por qué no se puede levantar una persona al estar sentado sin despegar la espalda del asiento?

porque el centro de masa de las personas esta en el abdomen, y para levantarnos debemos de mover nuestro centro de masa para poder cambiar de un punto a otro.

3. ¿Cómo deberías colocar un plato circular para equilibrarlo sobre un clavo? ¿Podrías hacer lo mismo con un CD?

El plato se debe de colocar sobre el tornillo justo en su centro (El centro de la circunferencia), por lo cual no se puede hacer con un CD ya que este no tienen su centro dentro de la figura, ya que tiene un hoyo dentro de su circunferencia.

4. ¿Cuál es la diferencia entre centro de masa y centro de gravedad?

El centro de masa es el centro que tiene cada objeto, para encontrar un punto de equilibrio, y el centro de gravedad no estoy segura, pero creo que es donde se concentra nuestra fuerza de atracción (porque todo tiene atracción)

5. Al jugar en un subibaja habrás notado que el niño de mayor peso siempre levanta al de menor peso, ¿habrá alguna forma para que queden a la misma altura o equilibrado?

Debemos de saber que un sube y baja es una balanza por lo cual solo se equilibrara si los pesos son iguales o si movemos un peso cerca o lejos de el centro de la balanza; con la otrca

## Anexo 2.2: Diagnóstico centro de masa

1. Entre tres personas cargan una barra de 100 kg de peso, colocados dos en los extremos y uno al centro. ¿Quién cargará el mayor peso de la barra? O ¿El peso se reparte en partes iguales?

el que carga más es la persona de en medio, por consiguiente el peso no se reparte en partes iguales

---

2. ¿Por qué no se puede levantar una persona al estar sentado sin despegar la espalda del asiento?

porque no tiene ningún impulso, necesita cambiar su ángulo respecto a la silla y aplicar una torca lo suficientemente fuerte para levantarse

---

3. ¿Cómo deberías colocar un plato circular para equilibrarlo sobre un clavo? ¿Podrías hacer lo mismo con un CD?

el centro del plato debe apoyarse sobre el clavo, no porque su centro de masa cae fuera de él

---

4. ¿Cuál es la diferencia entre centro de masa y centro de gravedad?

no sé

---

5. Al jugar en un subibaja habrás notado que el niño de mayor peso siempre levanta al de menor peso, ¿habrá alguna forma para que queden a la misma altura o equilibrado?

si, cambiar el punto de apoyo, hay que colocarlo más cercano al niño de mayor peso

---

## Anexo 2.2: Diagnóstico centro de masa

1. Entre tres personas cargan una barra de 100 kg de peso, colocados dos en los extremos y uno al centro. ¿Quién cargará el mayor peso de la barra? O ¿El peso se reparte en partes iguales?

el de en medio, no se reparte en partes iguales.

---

2. ¿Por qué no se puede levantar una persona al estar sentado sin despegar la espalda del asiento?

es ahí donde se encuentra el centro de masa o apoyo y se necesita echar para adelante para que una persona se pueda levantar

---

3. ¿Cómo deberías colocar un plato circular para equilibrarlo sobre un clavo? ¿Podrías hacer lo mismo con un CD?

poner el clavo justo en el centro o punto de equilibrio del plato, en el CD no se puede ya que carece de punto de equilibrio

---

4. ¿Cuál es la diferencia entre centro de masa y centro de gravedad?

el centro de masa es el punto medio de dicho objeto en masa y el centro de gravedad es el punto de equilibrio donde se puede mantener sin caerse

---

5. Al jugar en un subibaja habrás notado que el niño de mayor peso siempre levanta al de menor peso, ¿habrá alguna forma para que queden a la misma altura o equilibrado?

que las distancias de los tubos del subibaja sean diferentes, el de menor peso tiene que tener un tubo mas largo y el de mayor peso uno mas corto

---

## Anexo 2.3: Ejemplo de reporte de la actividad experimental

### Objetivo.

Entender el concepto de centro de masa y utilizar sus fórmulas en problemas de la vida real que se presentan de forma cotidiana. Así como verificar de forma experimental el centro de masas de algunas figuras.

### Hipótesis.

El centro de masa en una figura regular es el centro geométrico y en una irregular se sitúa cerca de dónde hay mayor masa.

### Introducción.

¿Qué es el centro de masa? El centro de masa es el punto en donde se considera que está concentrada toda la masa de un cuerpo para estudiar determinados aspectos de su movimiento. ¿Lo vemos en la vida cotidiana? En efecto, estamos en constante contacto con el centro de masa, algunos ejemplos en los que lo vemos reflejados son caminar, bailar, agacharnos, levantarnos de una silla etc.

En esta práctica explicaremos por qué estamos en contacto con el centro de masa y el centro de gravedad.

#### Marco teórico

Como lo mencionamos, el centro de masa es el punto en donde se considera que está concentrada toda la masa de un cuerpo para estudiar determinados aspectos de su movimiento. Todo objeto cuenta con un centro de masa sin importar cual sea su forma, y es posible calcularlo. El centro de masa nos ayuda a encontrar el punto en donde se concentran las fuerzas que actúan sobre una figura asimétrica o geométrica. Para objetos regulares, el centro de masa coincide con el punto medio geométrico, sin embargo, para objetos irregulares el centro de masa ya no es el punto medio, ahora el centro de masa es cercano a la parte donde se halla mayor cantidad de masa. Este centro no siempre está dentro de la figura, también lo podemos encontrar en el exterior tal es el caso de una dona, un balón o un disco.

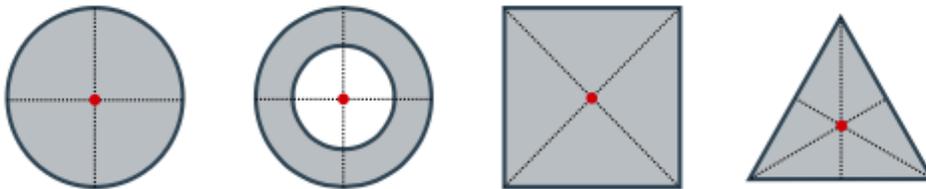


Fig 1. Centro de masa para algunas figuras geométricas regulares (puntos rojos)

### Anexo 2.3: Ejemplo de reporte de la actividad experimental

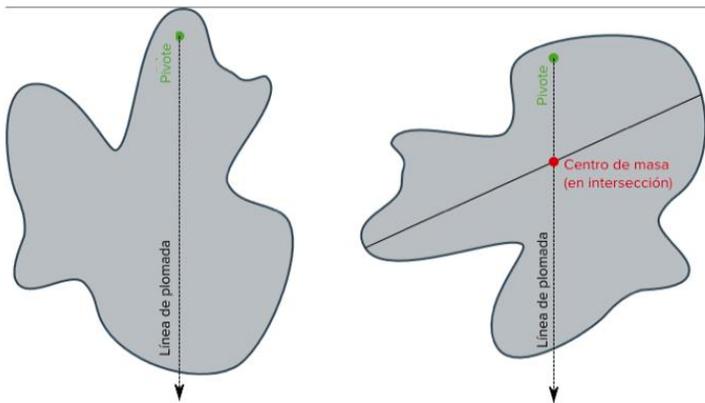


Fig 2. Método plomada.

Un método para encontrar el centro de masa en una figura plana irregular (siempre y cuando se pueda suspender) es el método de plomada, este consiste en poner un hilo sobre un punto cualquiera y suspender la figura, trazar la línea, repetir los pasos en otro punto. El punto de intersección de rectas es el centro de nuestra figura.

#### ¿Cómo podemos encontrar el centro de masa de cualquier objeto?

Se utiliza el sistema de marco o sistema de referencia, es decir un sistema de coordenadas utilizado para hacer cálculos. Un sistema de referencia tiene un conjunto de ejes (x, y) y un origen (punto cero). En la mayoría de los problemas, el sistema de referencia está fijo y se escoge un punto de origen conveniente, pero arbitrario.

En general, una forma de encontrar de manera separada este centro es a lo largo de cada eje, es decir:

Para las posiciones del eje X:

$$X_{cm} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2}{m_1 + m_2}$$

Y del mismo modo para el eje Y:

$$Y_{cm} = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2}{m_1 + m_2}$$

Juntos estos dos dan las coordenadas ( $Cm_x$   $Cm_y$ ) del centro de masa del objeto.

#### ¿Qué es el centro de gravedad?

El centro de gravedad es el punto de aplicación resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas masas. En otras palabras, es el punto en el que se concentra el peso de un cuerpo, de forma que si el cuerpo se apoyara en ese punto, permanece en equilibrio.

El centro de gravedad está exactamente en la misma posición que el centro de masa. Ambos términos se usan de manera intercambiable, ya que suelen estar en la misma posición.

### Anexo 2.3: Ejemplo de reporte de la actividad experimental

El centro de masas coincide con el centro de gravedad sólo si el campo gravitatorio es uniforme; es decir, viene dado en todos los puntos del campo gravitatorio por un vector de magnitud y dirección constante.

#### Material.

- Lápiz
- Tijeras
- Un pedazo de cartón
- Un clavo
- Estambre
- Rondana pequeña
- Una hoja de papel tamaño carta

#### Procedimiento.

##### *Primer experimento.*

1. Se dibuja y se corta una figura irregular en el cartón.



2. Teniendo la figura, agarramos el clip y desdoblamos una patita, y le hacemos un hoyo a la figura de una esquina.

Posteriormente realizamos otro hoyo en otra esquina.



3. Con el estambre, se amarra la rondana y lo demás lo colgamos en la patita del clip ya dentro de la figura. Marcamos la línea y hacemos lo mismo en el otro hoyo.

4. Finalmente, el punto en donde se intersecan las líneas, tenemos que hacer una pequeña perforación con el clavo, y así lograr mantener la figura equilibrada con el clavo debajo de ella.



## Anexo 2.3: Ejemplo de reporte de la actividad experimental



*Segundo experimento. (ver video para los dobleces en específico)*

1. En una hoja tamaño carta, se dobla y se corta de tal forma que tengamos un cuadrado.



2. Hacemos unos pequeños dobleces.



3. Cuando la figura nos quede así, procedemos a hacer otros dobleces por la parte frontal.



a hacer otros

4. Finalmente, debes darle curvatura en las alas y quedará así.

alas y



### Análisis de resultados.

En el primer experimento después de trazar las dos líneas desde sus puntas nos da lo que sería su centro de masa, ya que al poner el clavo donde se intersecan estas líneas, la figura se equilibra. Con lo cual podemos comprobar de que este sería su centro de masa. En tanto al centro de gravedad, el cual también pudimos analizarlo en el experimento de la silla y con nuestros compañeros cargando un galón de agua con la cabeza recargada en la pared, observamos que se trata de la zona (en este caso del cuerpo de los compañeros) sobre la cual la gravedad actúa con mayor fuerza. Al levantarse de la silla, empujaron su

### Anexo 2.3: Ejemplo de reporte de la actividad experimental

cuerpo hacia adelante para balancearnos en esa dirección y de esta forma, nuestro cuerpo se mueve con él y su centro de gravedad cambia.

En el segundo experimento, podemos apreciar que después de darle una curva a las alas y poner el pico sobre la yema del dedo, o la punta del cúter, este se equilibra sin caerse.

Queda suspendido en el aire y no importa de qué manera se mueva la superficie, este se sigue equilibrando en su pico. Con lo cual podemos comprobar que la forma del pájaro y la curvatura de sus alas le dan su centro de gravedad y este se equilibre.

#### Conclusión.

En conclusión, en el centro de masa, hay casos donde se tiene una figura que es regular, cuando los lados son iguales el centro de la figura también es el centro de masa, pero a diferencia de ellas, en las figuras irregulares no ocurre de la misma manera, ya que en este caso no es tan fácil deducirlos, puesto que el centro se encuentra en la intersección de la línea recta que es perpendicular al suelo cuando esta se deja colgando sobre una esquina. El centro de masa de una figura irregular le permite permanecer sobre él apoyándose sobre un objeto puntiagudo sin caerse, de tal manera que la parte con mayor concentración de masa y menor tamaño que da arriba, y la que tiene mayor tamaño, es decir, la masa se distribuye en mayor área queda hacia abajo, por lo que hace contrapeso y compensa la diferencia.

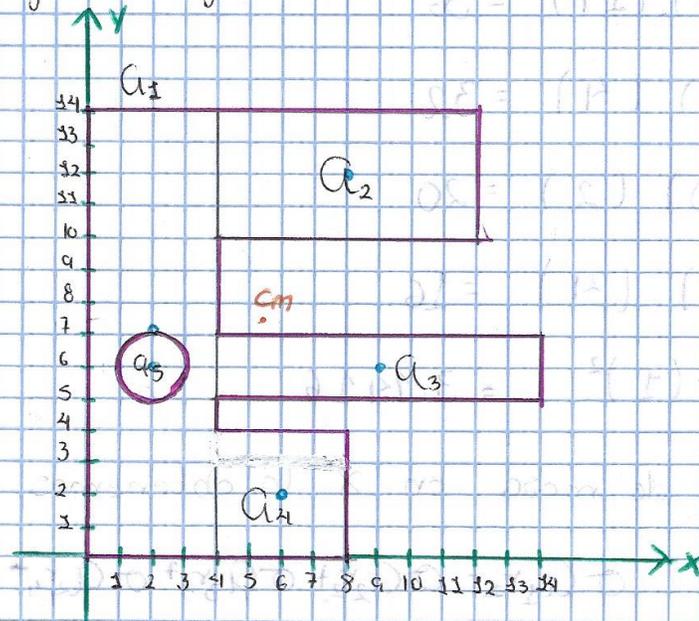
En tanto el centro de gravedad, concluimos que las mujeres y los hombres no tienen igualmente ubicado el centro de gravedad; cuando un hombre recarga su cabeza contra la pared, formando un ángulo obtuso desde el estómago a las rodillas, e intenta levantarse cargando un galón de agua no podrá, dado que su centro de masa se encuentra en un punto más compacto, por lo que le es difícil lograrlo, en cambio, con una mujer ocurre algo distinto; dado que la cadera de una mujer es más ancha, su centro de gravedad se encuentra más disperso y por lo tanto, al levantarse le es más sencillo cargar el galón.

#### Fuentes.

- s/a. (2016). *¿Que es el centro de masa? (artículo) / Khan Academy. Septiembre de 2018, de Khan Academy Sitio web:*  
<https://es.khanacademy.org/science/physics/linear-momentum/center-of-mass/a/what-is-center-of-mass>
- Bautista Ulises. (2012). *Centro de gravedad. Septiembre, 2018, de SlideShare Sitio web:* <https://es.slideshare.net/sesbeats/centro-de-gravedad-11765083>
- Manuel Forner Gumbau. (2006). *Problemas resueltos de centros de gravedad y momentos de inercia. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I.*
- <https://www.youtube.com/watch?v=wXtSPZQ2JCM> (URL pájaro equilibrista)

## Anexo 2.4: Ejemplo de problema de centro de masa

Determina el centro de masa de la siguiente figura plana y regular y densidad uniforme.



Para determinar el centro de masa de esta figura decidimos dividirlo en cuatro figuras regulares pero en el rectángulo más grande tiene un orificio en forma de círculo.

Por lo que hay que restar el área del círculo al rectángulo.

Formulas

$$Cm_x = \frac{\sum m_i \cdot r_i}{\sum m_i} \quad \sigma = \frac{m}{a}$$

Al dividirlo en figuras regulares, sabemos que el centro de masa es igual al centro geométrico. Como en el problema no nos dan la masa usaremos la fórmula para densidad superficial.

## Anexo 2.4: Ejemplo de problema de centro de masa

Encontramos las áreas para las figuras

$$A_1 = (21)(14) = 56$$

$$A_2 = (8)(4) = 32$$

$$A_3 = (10)(2) = 20$$

$$A_4 = (4)(4) = 16$$

$$A_5 = \pi(1)^2 = 3.1416$$

El centro de masa en  $x$  lo obtenemos

$$C_{m_x} = \frac{\sigma A_1 r_1 + \sigma A_2 r_2 + \sigma A_3 r_3 + \sigma A_4 r_4 - \sigma A_5 r_5}{\sigma A_1 + \sigma A_2 + \sigma A_3 + \sigma A_4 + \sigma A_5}$$

Como el problema dice que la densidad es uniforme por lo que al factorizarla se elimina  $\sigma$ .

$$C_{m_x} = \frac{(56)(2) + (32)(8) + (20)(4) + (16)(6) - (3.1416)(2)}{(56) + (32) + (20) + (16) - (3.1416)}$$

$$C_{m_x} = \frac{(112) + (256) + (80) + (96) - (6.2832)}{(120.8584)}$$

$$C_{m_x} = \frac{637.7168}{120.8584} = 5.28$$

$$C_{m_x} = 5.28$$

## Anexo 2.4: Ejemplo de problema de centro de masa

De la misma manera calculamos el centro de masa para y

$$C_{my} = \frac{(56)(7) + (32)(12) + (20)(6) + (16)(2) - (3,1416)(6)}{(56) + (32) + (20) + (16) - (3,1416)}$$

$$C_{my} = \frac{(392) + (384) + (120) + (32) - (18,8496)}{(120,8584)}$$

$$C_{my} = \frac{909,1504}{120,8584} = 7,52$$

$$C_{my} = 7,52$$

$$C_m = (5,28, 7,52)$$

el centro de masa queda fuera de la figura.  
por lo que la figura no se puede equilibrar

## Anexo 2.5: Diagnóstico torca y equilibrio traslacional y rotacional

### Diagnóstico

1. Al aplicar fuerza sobre un cuerpo, ¿qué puede pasarle?
2. Para cambiar una llanta se requiere de una herramienta para aflojar los birlos, ¿cómo es su forma? ¿por qué no los podemos aflojar con las manos?
3. ¿Cómo funciona una balanza de brazos iguales?
4. Cuando la gravedad actúa sobre un objeto, éste sufre una aceleración y cae. ¿La caída es infinita?
5. ¿Por qué en general la manija o picaporte se colocan en el extremo opuesto de las bisagras?

## Anexo 2.5: Diagnóstico torca y equilibrio traslacional y rotacional

---

1. Al aplicar fuerza sobre un cuerpo, ¿qué puede pasarle?

Existe una aceleración la cual hace que el cuerpo se mueva en dirección de la fuerza.

---

2. Para cambiar una llanta se requiere de una herramienta para aflojar los birlos, ¿cómo es su forma? ¿por qué no los podemos aflojar con las manos?

La forma de la herramienta es una cruz, no la podemos aflojar con las manos porque no tenemos la suficiente fuerza y porque no creamos una torca que nos permita que sea más fácil el aflojarlos.

---

3. ¿Cómo funciona una balanza de brazo iguales?

---

4. Cuando la gravedad actúa sobre un objeto, éste sufre una aceleración y cae. ¿La caída es infinita?

No, se frena hasta que otro objeto la frene o modifique su dirección.

---

5. ¿Por qué en general la manija o picaporte se colocan en el extremo opuesto de las bisagras?

Porque hace que sea más fácil el abrir la puerta ya que si estuviera más cerca de las bisagras se tendría que aplicar una mayor fuerza. A mayor distancia menor fuerza.

---

## Anexo 2.5: Diagnóstico torca y equilibrio traslacional y rotacional

1. Al aplicar fuerza sobre un cuerpo, ¿qué puede pasarle?

Puede tener movimiento, deformarse, detenerse.

---

2. Para cambiar una llanta se requiere de una herramienta para aflojar los birlos, ¿cómo es su forma? ¿por qué no los podemos aflojar con las manos?

Se llama llave de cruz, y tiene forma de cruz, no se pueden aflojar con las manos porque están demasiado apretados y necesitamos una distancia considerable para hacerlo.

---

3. ¿Cómo funciona una balanza de brazo iguales?

Es una balanza que tiene un centro de masa, allí podemos equilibrar los objetos a diferentes distancias.

---

4. Cuando la gravedad actúa sobre un objeto, éste sufre una aceleración y cae. ¿La caída es infinita?

No, se mantiene hasta que toca el suelo u otro elemento que lo detenga.

---

5. ¿Por qué en general la manija o picaporte se colocan en el extremo opuesto de las bisagras?

Para ocupar menor fuerza al abrir la puerta, ya que, a mayor distancia, se aplica menor fuerza.

---

## Anexo 2.5: Diagnóstico torca y equilibrio traslacional y rotacional

1. Al aplicar fuerza sobre un cuerpo, ¿qué puede pasarle?

cambie su posición

---

2. Para cambiar una llanta se requiere de una herramienta para aflojar los birlos, ¿cómo es su forma? ¿por qué no los podemos aflojar con las manos?

por que la llave de cruz tiene unos brazos más largos y esto permite que se aplique menos fuerza

---

3. ¿Cómo funciona una balanza de brazo iguales?

usa el equilibrio de dos cuerpos y no se bien

---

4. Cuando la gravedad actúa sobre un objeto, éste sufre una aceleración y cae. ¿La caída es infinita?

no, hasta que una fuerza se cruce

---

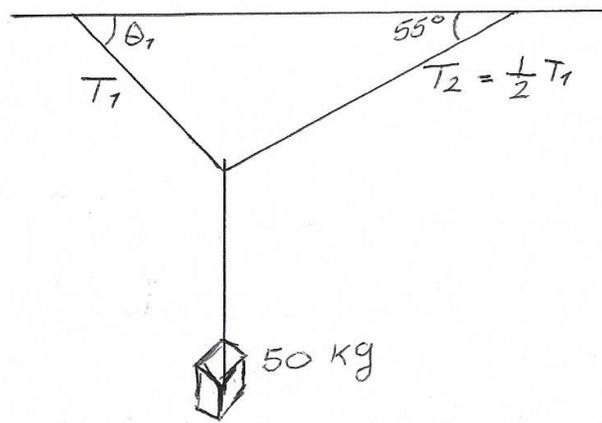
5. ¿Por qué en general la manija o picaporte se colocan en el extremo opuesto de las bisagras?

para estar más lejos de donde se da vuelta y hacerlo con mayor facilidad

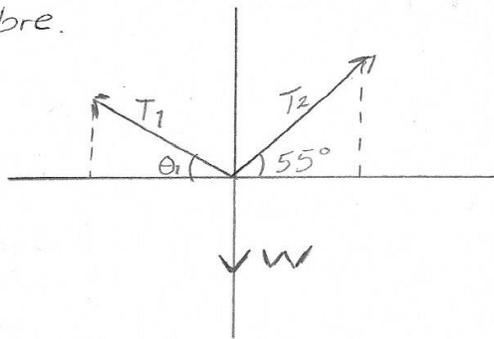
---

## Anexo 2.6: Ejemplo de problema de equilibrio traslacional y rotacional.

1.- Un objeto de masa 50 kg está suspendido de dos cuerdas, la primera de ellas forma un ángulo de  $55^\circ$  con respecto a la horizontal y la segunda forma un ángulo  $\theta$  también respecto a la horizontal. Si se sabe que la tensión de la primera cuerda es la mitad de la tensión de la cuerda de ángulo  $\theta$ , determina el valor del ángulo  $\theta$  para que el sistema esté en equilibrio y el valor de las tensiones.



El problema es de equilibrio traslacional, entonces dibujamos el diagrama de cuerpo libre.



Para encontrar el valor de  $\theta_1$ ,  $T_1$  y  $T_2$  aplicamos la condición de equilibrio rotacional que la suma de fuerzas es cero.

Anexo 2.6: Ejemplo de problema de equilibrio traslacional y rotacional.

$$F_x = T_{2x} - T_{1x} = 0$$

$$F_y = T_{1y} + T_{2y} - W = 0$$

Hacemos las sustituciones

$$T_{2x} = T_2 \cos 55^\circ = \frac{1}{2} T_1 \cos 55^\circ$$

$$T_{2y} = T_2 \sin 55^\circ = \frac{1}{2} T_1 \sin 55^\circ$$

$$T_{1x} = T_1 \cos \theta$$

$$T_{1y} = T_1 \sin \theta$$

$$F_x = \frac{1}{2} T_1 \cos 55^\circ - T_1 \cos \theta = 0$$

$$\frac{1}{2} T_1 \cos 55^\circ = T_1 \cos \theta$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{1}{2} \cos 55^\circ \right)$$

$$\theta = 73.33^\circ$$

$$F_y = T_1 \sin \theta + \frac{1}{2} T_1 \sin 55^\circ - (55 \text{ kg})(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 0$$

$$T_1 (\sin \theta + \frac{1}{2} \sin 55^\circ) = 490.5 \text{ N}$$

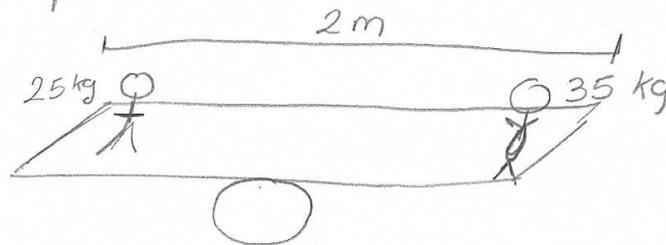
$$T_1 = \frac{490.5 \text{ N}}{\sin(73.33^\circ) + \frac{1}{2} \sin 55^\circ} = 358.66 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{358.66 \text{ N}}{2} = 179.33 \text{ N}$$

## Anexo 2.6: Ejemplo de problema de equilibrio traslacional y rotacional.

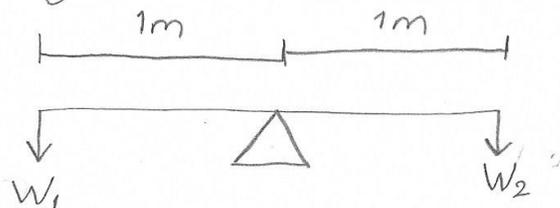
2- Dos niños de 25 kg y 35 kg respectivamente se encuentran sobre los extremos de una tabla de longitud 2m y masa despreciable. a) ¿Qué sucede si en el punto medio de la tabla se encuentra el punto de apoyo?, determina la torca resultante. b) ¿A qué distancia del primer niño se debe colocar el punto de apoyo sobre la tabla, para que el sistema este en equilibrio?

Este problema es de equilibrio rotacional, entonces las torcas deben ser cero en total para que no rote.



Como el apoyo esta a la mitad se va a inclinar donde esta el niño más gordo.

Dibujamos el diagrama de cuerpo libre



La masa 1 rota la madera de esta forma  que es diferente a la del reloj y es positiva.

Para la masa 2 gira así  como en el reloj, entonces es negativo.

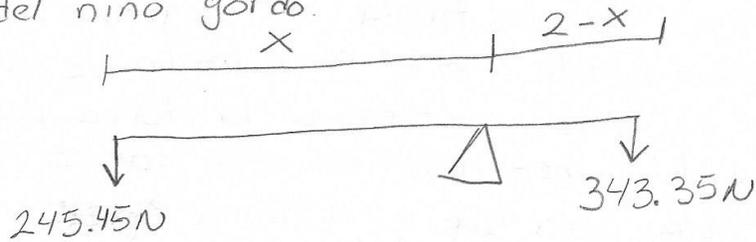
$$\sum \tau = r_1 F_1 - r_2 F_2 = 1(245.45) - 1(343.35) = -97.9$$

La torca resultante es  $-97.9 \text{ Nm}$

Es negativa por que el niño gordo va a levantar al otro por que hace girar la madera como la manesilla del reloj.

### Anexo 2.6: Ejemplo de problema de equilibrio traslacional y rotacional.

Para que los niños queden equilibrados el apoyo debe estar más cerca del niño gordo.



$$\Sigma \tau = (245.45\text{ N})x - (343.35\text{ N})(2-x) = 0$$

$$245.45x - 686.7 + 343.35x = 0$$

$$588.8x = 686.7$$

$$x = \frac{686.7}{588.8} = 1.17\text{ m}$$

El apoyo debe colocarse a 1.17m del primer niño.

## Anexo 2.7: Diagnóstico de inercia rotacional y momento angular.

### Diagnóstico

1. Cuando una bailarina está girando sobre las puntas de sus pies, ¿Qué hace para girar más rápido?
2. ¿Por qué se puede girar el balón de básquetbol sobre un dedo?
3. Un palo de escoba se puede hacer rotar de forma horizontal o vertical, ¿en cuál es más sencillo hacerlo rotar?
4. Explica qué sucede al hacer rotar sobre su eje mayor (horizontalmente) un balón de futbol americano en el piso.
5. Una persona lleva dos pesas de 2 kg en las manos, al sentarse en una silla extiende los brazos de manera horizontal y comienza a girar, ¿Qué sucede con su velocidad si deja caer las pesas?

## Anexo 2.7: Diagnóstico de inercia rotacional y momento angular.

1. Cuando una bailarina está girando sobre las puntas de sus pies, ¿Qué hace para girar más rápido?

Sus brazos los lleva al centro

---

2. ¿Por qué se puede girar el balón de básquetbol sobre un dedo?

Porque mantiene una velocidad, y obviamente se apoya en el centro de masa

---

3. Un palo de escoba se puede hacer rotar de forma horizontal o vertical, ¿en cuál es más sencillo hacerlo rotar?

Horizontal

---

4. Explica que sucede al hacer rotar sobre su eje mayor (horizontalmente) un balón de futbol americano en el piso.

Con la velocidad su centro de masa se mueve logrando así esa estabilidad y ponerse de pie

---

5. Una persona lleva dos pesas de 2 kg en las manos, al sentarse en una silla extiende los brazos de manera horizontal y comienza a girar, ¿Qué sucede con su velocidad si deja caer las pesas?

Aumenta

---

## Anexo 2.7: Diagnóstico de inercia rotacional y momento angular.

1. Cuando una bailarina está girando sobre las puntas de sus pies, ¿Qué hace para girar más rápido?

juntar sus brazos para llevar todo el peso hacia el centro y que así pueda girar mas rápido

2. ¿Por qué se puede girar el balón de básquetbol sobre un dedo?

porque se le aplica una fuerza y si se mantiene en el centro de masa puede girar mientras no se cambie el punto de apoyo

3. Un palo de escoba se puede hacer rotar de forma horizontal o vertical, ¿en cuál es más sencillo hacerlo rotar?

de forma vertical pues es mas fácil encontrar su centro de masa y aplicar fuerza en este para así hacerlo rotar

4. Explica que sucede al hacer rotar sobre su eje mayor (horizontalmente) un balón de futbol americano en el piso.

se mantiene girando por un momento pues este se mantiene sobre su centro de masa como si fuera una peonza

5. Una persona lleva dos pesas de 2 kg en las manos, al sentarse en una silla extiende los brazos de manera horizontal y comienza a girar, ¿Qué sucede con su velocidad si deja caer las pesas?

disminuye pues la velocidad depende de la masa y de que tanto se junte esta

## Anexo 2.7: Diagnóstico de inercia rotacional y momento angular.

1. Cuando una bailarina está girando sobre las puntas de sus pies, ¿Qué hace para girar más rápido?

lleva sus manos al centro

2. ¿Por qué se puede girar el balón de básquetbol sobre un dedo?

porque se logra alinear con el centro de gravedad

3. Un palo de escoba se puede hacer rotar de forma horizontal o vertical, ¿en cuál es más sencillo hacerlo rotar?

vertical, si encuentras es centro de equilibrio (C. gravedad)

4. Explica que sucede al hacer rotar sobre su eje mayor (horizontalmente) un balón de futbol americano en el piso.

el balón se levanta verticalmente (para girar mas rápido si tiene mucha fuerza aplicada)

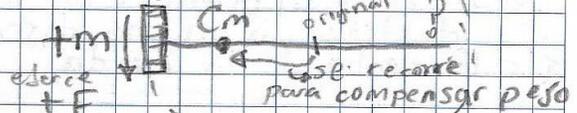
5. Una persona lleva dos pesas de 2 kg en las manos, al sentarse en una silla extiende los brazos de manera horizontal y comienza a girar, ¿Qué sucede con su velocidad si deja caer las pesas?

si deja caer las pesas su velocidad aumenta

Anexo 2.8: Cuestionario de los experimentos.

1. ¿Qué pasa con los palos de escobeta, con los centros de masa, (Principio físico para determinar el centro de masa)?

Para determinar cada centro de masa se utilizó el principio de equilibrio rotacional y se comprobó moviendo los dedos de tal forma para que quedaran en el centro de masa.



Como el palo con escobeta tiene más masa de un lado está tiene que ejercer más fuerza sobre el  $C_m$  original, entonces el  $C_m$  original se tiene que mover. Mientras que en el palo solo (como es geométrica)

2. ¿Qué pasa con los compañeros que intentan levantar el agua?

Como el compañero (hombre), tiene las caderas menos anchas, al levantar el agua su  $C_m$  cambia demasiado y eso hace que tenga que ejercer más fuerza para poder levantarse.

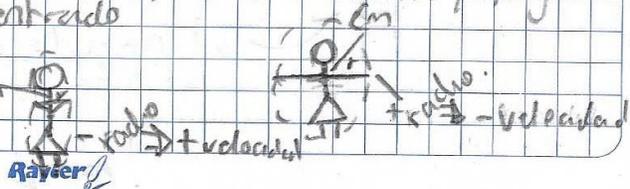
Y en el caso de la compañera, como las mujeres tienen la cadera más ancha, no cambia tanto su centro de masa ( $C_m$ ), y eso hace que se levante más fácilmente.

3. ¿Por qué debe aplicar una torca para levantarse?

Hay una relación entre torca (cadera), y  $C_m$  (centro de masa), ya que se debe aplicar una torca para modificar el centro de masa, y poder levantarse.

4. ¿Por qué rota tan rápido la bailarina?

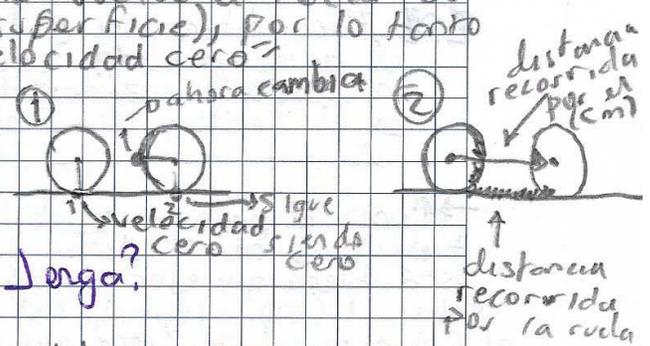
Porque concentra toda su masa hacia el centro, haciendo que el radio de sus brazos disminuya, y como el peso está concentrado en el centro, esto hace que gire más rápido.



5. ¿Qué significa físicamente que un objeto rueda sin deslizar?

1. Que un punto de la rueda, no vuelve a tocar el mismo punto en el suelo (superficie), por lo tanto a ese punto se le concidera velocidad cero.

2. Que el Cm (centro de masa) se desliza la misma distancia que la recta de la rueda.

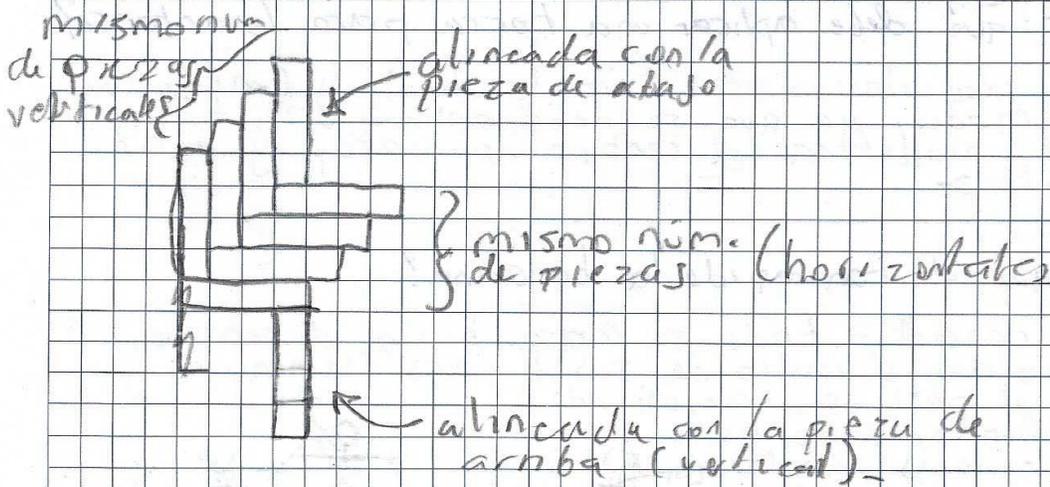


6. Explica el frubado de los Jenga.

Se utiliza el principio de Equilibrio rotacional, y deben haber las mismas piezas tanto vertical como horizontalmente, así que podemos decir que funciona como una Balanza.

(Si agregas una pieza horizontal, debes colocar una vertical).

Además la pieza de abajo está alineada con la última pieza vertical de arriba.

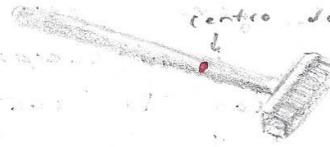


## Anexo 2.8: Cuestionario de los experimentos.

Explicar que pasa con las escobas si tiene escobilla o no, esto con solo 2 dedos.



En el caso del palo sin escobilla este al ser una figura sin un peso adicional con lo cual solamente es necesario colocar los dedos en su centro de masa para que se equilibre.



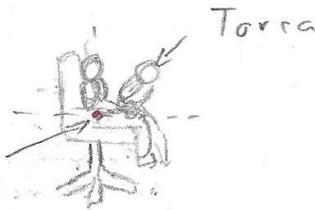
Lo que sucede en este caso es diferente al anterior, debido a que posee un peso adicional con lo cual cambia su centro de masa por lo cual los dedos deben formar una balanza para equilibrar su peso en un nuevo centro de masa.

¿Qué sucede cuando los compañeros se paran frente a la pared?

En el caso de un hombre al modificar su peso al encontrarse encorvado es más trabajoso o imposible el poder levantarse debido al centro de masa y la forma física, al no poseer mayor soporte lo dificulta más. Al contrario de la mujer, al poseer caderas más amplias estas sirven de soporte y realizan una menor torca para levantarse con ese peso extra. Por lo cual entendemos que la mujer posee el centro de masa más cercano a las caderas, con lo cual realiza esa actividad más fácilmente.

¿Porque necesitamos hacernos hacia adelante para levantarnos de una silla y si no lo hacemos, no podemos?

Esto debido que al hacernos hacia adelante realizamos una torca para levantarnos, pero si no lo hacemos esto es más difícil ya que es necesario hacer una torca mucho mayor.



## Anexo 2.8: Cuestionario de los experimentos.

¿Cómo puede rotar tan rápido una bailarina?

La bailarina rota a esa velocidad debido a que alcanza una velocidad de giro pero al alcanzarla lleva sus manos al centro de su cuerpo para poder aumentar su centro de masa con lo cual su velocidad de giro se ve aumentada.

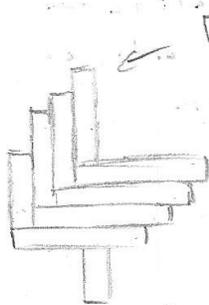


¿Qué significa físicamente que un objeto rueda sin deslizarce?

Que no pierde su velocidad ya que si rodara su velocidad cambiaría por momentos, esto de forma descendente.

¿Porque la parte de la figura debe mantenerse en ese sitio y que sucede si se retiran piezas?

El porque de ello, es su centro de masa al ubicar esa pieza en ese punto, esta cumpliendo con el centro de masa pero si la pieza de arriba se retira no caera, esto porque se encuentra perfectamente alineada al centro de masa pero si se retira otra pieza, esta colapsara debido a que se modifica el centro de masa.



En la figura completa el equilibrio de 6 piezas es fundamental esto porque puede caer al lado izquierdo si se retira la ultima pieza vertical y al otro lado si se retira la ultima horizontal. Por lo cual significará que cambia el centro de masa.

## Anexo 2.8: Cuestionario de los experimentos.

¿Cómo se modifica el centro de masa en estos 2 objetos?  
¿Por que cambia con la escobilla o sin la escobilla?

El centro de masa en el palo de escoba está en el centro porque no tiene masas diferentes en los extremos, por lo tanto está en equilibrio rotacional. Al colocar una escobilla, el centro de masa queda más próximo a ésta, para que pueda entrar en equilibrio rotacional, ya que si ponemos los dedos al centro, la escobilla haría rotar el palo. La suma de las torcas que actúan sobre él debe ser igual a 0.



¿Que es lo que se hace para que los compañeros se puedan levantar?

Los 2 compañeros se pudieron levantar porque la posición de su centro de masa (su cadera), les permitió aplicar la torca suficiente para levantarse.

La chica se pudo levantar con el peso porque al agarrarlo, su centro de masa se modificó sobre su vertical, y por lo tanto su centro de masa cae sobre su cuerpo, lo que le permite aplicar una torca para levantarse. La diferencia del chico, porque su centro de masa cae fuera de su cuerpo cuando carga el peso extra, y no tiene la suficiente fuerza para levantarse.  
¿Por que necesitamos inclinarnos hacia adelante para podernos levantar?

Necesitamos hacernos hacia el frente para cambiar nuestro centro de masa, y así ya tenemos la fuerza suficiente al aplicar la torca, por lo tanto podemos levantarnos.

No podemos levantarnos teniendo la espalda en el respaldo porque la posición de nuestro centro de masa no nos permite tener la fuerza suficiente en nuestra torca para levantarnos.

¿Por que rota tan rapido una bailarina?

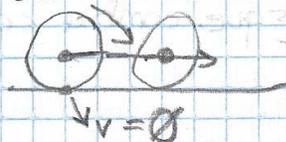
porque su movimiento al rotar con los brazos al centro, permite que su velocidad sea rápida por su corto radio respecto al centro de masa.

Su momento angular debe ser constante, al igual que su masa, por lo que si el radio aumenta, su velocidad disminuye y viceversa.

## Anexo 2.8: Cuestionario de los experimentos.

¿Que significa que un objeto rueda sin deslizar?

que tiene un movimiento angular y así puede desplazarse, sin resbalar.



Rueda, porque cada punto de la circunferencia toca a su vez la superficie, y al momento de tocar la su velocidad es 0, ya que respecto a esta superficie, este punto no está en movimiento. La distancia recorrida del centro de masa es igual a la de un arco recorrido.

\* Concluimos que la pieza tiene que alinearse con la última columna vertical que hay. Poniendo la pieza extra, se tuvo que colocar en medio de las 2 últimas verticales, pero si quitamos la última pieza vertical, la estructura se cae.

Cuando colocamos la pieza que sostiene la estructura, en el borde, se necesitan 4 piezas más, ya que tiene que entrar en equilibrio rotacional, es decir, tenemos una balanza de brazos iguales. Teniendo en total, 6 piezas horizontales y 6 verticales, las fuerzas que actúan sobre el es 0 y se encuentra en equilibrio rotacional.

## Anexo 2.9: Ejemplo de problema de inercia rotacional.

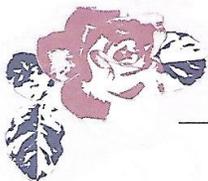
Tarea: Una licuadora tiene un motor capaz de producir una torca constante de  $100 \text{ Nm}$ , además de alcanzar velocidad máxima de rotación de  $150 \text{ rad/s}$ , si las aspas tienen una inercia rotacional de  $0.1 \text{ kgm}^2$ .  
A) Determina la aceleración angular que experimentarán las aspas cuando se enciende el motor. B) Calcula el tiempo empleado por las aspas para alcanzar su velocidad máxima, después de encenderse.

R A) Sabemos que la aceleración angular es directamente proporcional a la torca aplicada e inversamente proporcional a la inercia rotacional

$$\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{100 \text{ Nm}}{0.1 \text{ kgm}^2} = 1000 \text{ rad/s}^2$$

B) Para determinar el tiempo que tardaron las aspas en alcanzar su velocidad utilizamos  $\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t}$   
Y despejamos  $t = \frac{\omega_f - \omega_0}{\alpha}$

$$t = \frac{150 \text{ rad/s}}{1000 \text{ rad/s}^2} = 0.15 \text{ s}$$



### Anexo 2.10: Ejemplo de problema de momento angular.

Un niño sentado en una silla giratoria extiende sus brazos y se le colocan dos libros de 1 kg en cada mano. Un compañero hace rotar la silla con una rapidez de  $20 \text{ rad/s}$ . a) ¿Qué sucede cuando recoge los brazos? b) Al tener los brazos extendidos los libros se encuentran a  $40 \text{ cm}$  del eje de rotación y al recogerlos quedan a  $5 \text{ cm}$  del mismo eje, determina la velocidad angular. c) ¿Qué sucede con la velocidad si se le cae un libro de cada mano. d) Determina la velocidad angular.

Solución

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$r_1 = 40 \text{ cm} \quad r_2 = 5 \text{ cm}$$

a) Como al recoger los brazos el momento de inercia disminuye, entonces su velocidad angular aumenta porque su momento angular se conserva.

$$b) \quad m_1 = 2 \text{ kg} \quad \omega_1 = 20 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$r_1 = 40 \text{ cm} = 0.40 \text{ m}$$

$$r_2 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$I_1 = 4 \text{ kg} (0.40 \text{ m})^2 = 0.64 \text{ kg m}^2$$

$$I_2 = 4 \text{ kg} (0.05 \text{ m})^2 = 0.01 \text{ kg m}^2$$

$$L_1 = I_1 \omega_1 = (0.64 \text{ kg m}^2) \left( 20 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) = 12.8 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}}$$

$$L_2 = I_2 \omega_2$$

$$\text{Como } L_2 = L_1 \Rightarrow I_2 \omega_2 = I_1 \omega_1$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \frac{I_1 \omega_1}{I_2} = \frac{12.8 \text{ kg m}^2/\text{s}}{0.01 \text{ kg m}^2} = 1280 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

c) Al caer un libro de cada mano, el momento de inercia otra vez disminuye, por lo que la velocidad angular aumenta.

$$d) \quad m_1 = 2 \text{ kg} \quad \omega_1 = 20 \text{ rad/s} \quad r_1 = 40 \text{ cm} = 0.40 \text{ m}$$

$$m_2 = 1 \text{ kg} \quad \omega_2 = ? \quad r_2 = 40 \text{ cm} = 0.40 \text{ m}$$

$$L_1 = I_1 \omega_1 \quad L_2 = I_2 \omega_2$$

$$\text{Como } L_1 = L_2 \Rightarrow I_2 \omega_2 = I_1 \omega_1$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \frac{I_1 \omega_1}{I_2} = \frac{(0.64 \text{ kg m}^2/\text{s})(20 \text{ rad/s})}{(2 \text{ kg})(0.40 \text{ m})^2} = \frac{12.8 \text{ kg m}^2/\text{s}}{0.32 \text{ kg m}^2}$$

$$= 40 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

# Anexo 3

# Glosarios

## Términos para óptica

### ➤ Reflexión

Es la desviación que presenta un haz de luz cuando alcanza un objeto sin cambiar de medio y tal desviación se realiza en el mismo ángulo al que incide. Este fenómeno nos permite ver, pues la luz reflejada por los objetos es captada por nuestros ojos.

### ➤ Refracción

Este fenómeno se presenta cuando la luz pasa de un medio transparente a otro con un índice de refracción diferente, lo cual provoca un cambio en la dirección del rayo de luz.

### ➤ Índice de refracción

Es la resistencia que presenta un medio a que la luz pase a través de él. Esto se muestra como un cambio en la velocidad de la luz en dicho medio.

### ➤ Imagen real

Es una imagen que se puede proyectar sobre una pantalla y presenta una doble inversión.

### ➤ Imagen virtual

Esta imagen no se puede proyectar, se observa usando una lente o espejo y no muestra inversión.

### ➤ Modelo físico del ojo

El ojo se comporta como un sistema de dos lentes (cornea y cristalino), el cual nos permite formar imágenes reales sobre la retina (pantalla de nuestro ojo) gracias a los fenómenos de reflexión y refracción.

### ➤ Color

Sensación producida en el cerebro por una luz que llega a la retina del ojo, esta luz puede venir directamente de un objeto luminoso o indirectamente después de ser reflejada o transmitirse en un objeto.

### ➤ Dispersión de la luz

Descomposición de la luz en las longitudes de onda que la conforma.

### ➤ Luz blanca

Espectro continuo de todas las longitudes de onda (colores) que podemos ver.

### ➤ Teoría aditiva del color

El rojo, verde y amarillo son los tres colores primarios que, al mezclarse de forma aditiva en diferentes proporciones, permiten producir otros colores que siempre serán más claros que los primarios. La combinación de los tres colores forma el blanco.

➤ Teoría sustractiva del color

Esta mezcla se asocia con la reflexión de la luz o su absorción y transmisión selectiva de un cuerpo, por lo cual al combinar dos o más colores se obtendrá uno más oscuro. Los colores primarios son el magenta, cian y amarillo, la combinación de estos tres en la misma proporción forma el negro.

## Términos para cuerpo rígido

➤ Centro de masa

Es la posición promedio de la masa de un sistema u objeto.

➤ Torca

Cantidad física que involucra fuerza y distancia que se aplica sobre un sistema para generar una aceleración angular y hacer que el objeto gire en torno a un eje.

➤ Equilibrio traslacional

La resultante de una suma de fuerzas que actúan sobre un cuerpo es cero, de tal forma que no hay movimiento de traslación.

➤ Equilibrio rotacional

Cuando la torca resultante sobre un sistema es cero, de tal forma que no hay movimiento de rotación.

➤ Desplazamiento angular

Ángulo descrito por un cuerpo respecto a un sistema de referencia al tener un movimiento circular.

➤ Velocidad angular

Cambio en el desplazamiento angular por unidad de tiempo.

➤ Aceleración angular

Cambio en la velocidad angular por unidad de tiempo.

➤ Inercia

Propiedad de un cuerpo para mantener su estado de movimiento rectilíneo o de reposo al aplicarse una fuerza.

➤ Inercia angular o momento de inercia

Propiedad de un cuerpo para mantener su estado de movimiento circular o de reposo al aplicarse una torca.

➤ Momento

Producto de la masa de un cuerpo por su velocidad lineal.

➤ Momento angular

Producto del momento de inercia de un cuerpo por su velocidad angular.