

Demostración experimental de la reflexión de la luz

Experimental demonstration of the reflection of light

Wilmer A. Gómez-Fierro¹

Resumen

Cuando un haz de luz incide sobre la superficie que separa dos medios, parte de la luz se refleja y parte se transmite. Comprobar el fenómeno óptico mediante el cual la dirección de los rayos de luz cambia después de incidir sobre la superficie de un medio distinto, constituye el objetivo fundamental de la práctica. Para ello se dirigió en un fino haz de luz hacia un espejo metálico que previamente fue ubicado perpendicularmente a una hoja de papel, se dibujaron los rayos incidentes y reflejados donde se comprobó experimentalmente una equivalencia en la medida geométrica de sus ángulos; situación que también fue evidenciada con el uso de una superficie curva, debido a que está formada por una infinidad de superficies planas pequeñas que son sus elementos. La experiencia permite concluir que el rayo incidente, el reflejado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano.

Palabras claves: Reflexión; haz de luz; rayo de incidencia; rayo reflejado; normal; ángulos

Abstract

When a beam of light strikes the surface separating two means, part of the light is reflected, and part is transmitted. To verify the optical phenomenon by means of which the direction of the rays of light changes after influencing the surface of a different medium, constitutes the fundamental objective of the practice. In Order To do so it was directed in a thin beam of light towards a metallic mirror that was previously placed perpendicularly to a sheet of paper, the incident and reflected rays were drawn where it was experimentally verified an equivalence in the geometric measure of its Angles This situation was also evidenced by the use of a curved surface, because it consists of an infinity of small flat surfaces that are its elements. The experience allows to conclude that the incident ray, the reflected and the normal to the surface at the point of incidence are in the same plane.

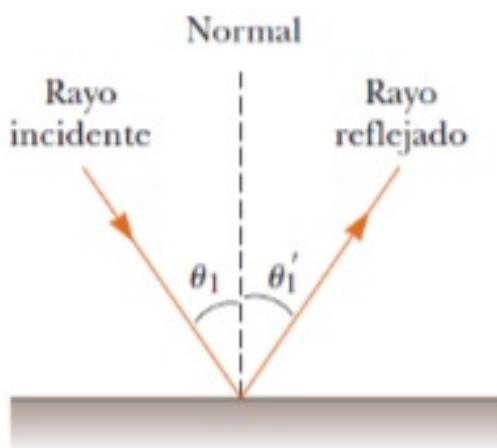
Key words: Reflection, beam of light, incidence ray, reflected ray, normal, angles.

¹Facultad de Educación, Universidad Surcolombiana, Grupo de Física Teórica, Huila-Colombia. Contacto: wilmer992015@outlook.com

Teoría relacionada

La Reflexión de la luz es el cambio de dirección de los rayos de la luz que ocurre en el mismo medio después de incidir sobre la superficie de un medio distinto. De acuerdo con Serway y Jewett (2009), en la reflexión no cambia la velocidad frecuencia y longitud de ondas estas permanecen constantes (Figura 1).

Figura 1. Representación esquemática del ángulo resultante en el fenómeno de Reflexión de la Luz.



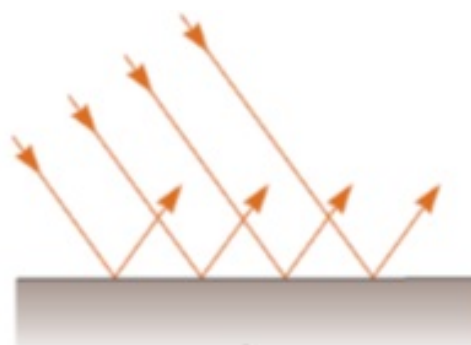
Nota. Datos tomados de (Serway y Jewett, 2009).

Se denomina ángulo de incidencia (i) al formado por el rayo incidente, la normal a la superficie y ángulo de reflexión (r) al formado por el rayo reflejado y la normal.

Atendiendo las irregularidades que puedan existir en la superficie de reflexión, Franco et al., (2013), señalan que se pueden distinguir 2 tipos de reflexiones de luz:

Reflexión Especular: Se produce cuando las irregularidades del medio son pequeñas en comparación con la longitud de onda de luz incidente y se proyecta en varios rayos sobre este (Figura 2).

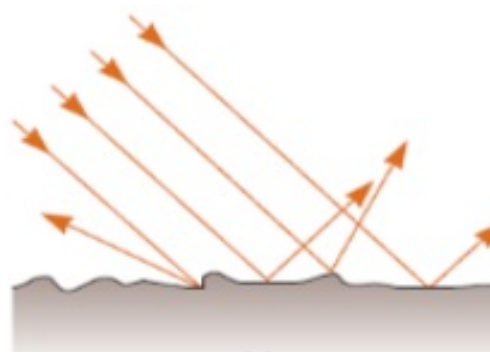
Figura 2. Reflexión especular en la que los rayos se mantienen paralelos tras producirse la reflexión.



Nota. Datos tomados de (Serway y Jewett, 2009).

Reflexión Difusa: Se produce cuando las irregularidades del medio son de un orden de magnitud comparable al tamaño de la longitud de onda de la luz incidente y se proyectan varios rayos sobre este (Figura 3).

Figura 3. Reflexión difusa donde los rayos se entrecruzan unos con otros en todas las direcciones.



Nota. Datos tomados de (Serway y Jewett, 2009).

Leyes de Reflexión y Refracción

Según, Serway y Jewett (2009), los estudios experimentales de las direcciones de los rayos incidentes, reflejados y refractados en una interfaz lisa entre dos materiales ópticos condujeron a las siguientes conclusiones:

1. Los rayos incidente, reflejado y refractado, así como la normal a la superficie, yacen todos en el mismo plano. El plano de los tres rayos es perpendicular al plano de la superficie de frontera o límite entre los dos materiales.
2. El ángulo de reflexión θ_r es igual al ángulo de incidencia θ_a para todas las longitudes de onda y para cualquier par de materiales.

Esta relación, junto con la observación de que los rayos incidente y reflejado y la normal yacen en el mismo plano, se conoce como ley de reflexión, la cual se expresa mediante la ecuación 1

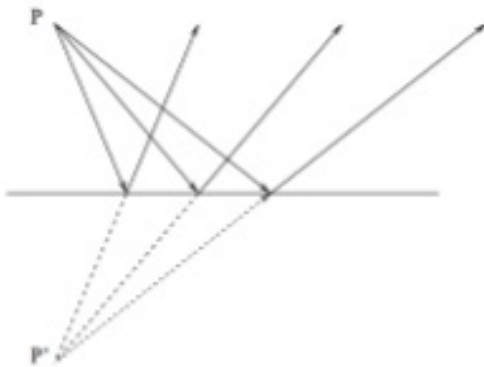
$$\theta_r = \theta_a \quad (1)$$

Tipos de Espejos

Los espejos son aquellos instrumentos que permiten reflejar una imagen perteneciente al mundo real. Aquello que se refleje en su superficie compone imágenes virtuales o reales. De acuerdo con Sciarini (2007), se describen los siguientes tipos de espejos:

Espejos planos: Estos espejos presentan una superficie lisa sumamente pulida. La imagen que dan estos espejos es como si el objeto reflejado se ubicara por detrás de la superficie de este, y no enfrente, como si se encontrara en el interior del mismo. Es por esto por lo que se dice que la imagen que crea es virtual. Además, la imagen se caracteriza por ser simétrica, de igual tamaño al del objeto reflejado, derecha, es decir que mantiene la misma orientación que el reflejo. La luz que se refleja en el espejo plano cumple con las leyes de la reflexión (Figura 4).

Figura 4. Reflexión del punto P en un espejo plano para formar P'

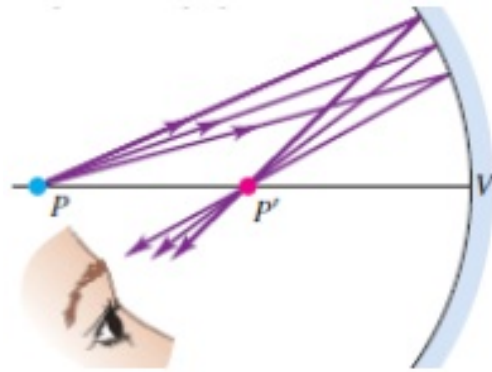


Nota. Datos tomados de (Font, 2003).

- **Espejos Esféricos:** un espejo esférico está formado por una superficie pulida

correspondiente a un casquete esférico. Los espejos esféricos pueden clasificarse en cóncavos o convexos; son cóncavos, aquellos que tienen pulimentada la superficie interior y son convexos los que tienen pulimentada la parte exterior (Figura 5).

Figura 5. Reflexión en un espejo de superficie cóncava, los rayos convergen en un punto denominado distancia focal (P').



Nota. Datos tomados de (Freedman y Young, 2008).

Materiales utilizados

Lampara, hojas de papel blanco, diagramas con abertura recta y circular, espejo plano, transportador, superficie reflectora circular (Figura 6).

Montaje y procedimiento

Figura 6. Montaje experimental para la determinación del rayo incidente y reflejado.



Nota. Datos de fuente propia.

Con base a las orientaciones de la guía de laboratorio, inicialmente se colocó un espejo metálico perpendicularmente sobre una hoja de papel blanca, luego se dirigió hacia él un fino haz de luz y se dibujó el rayo incidente, la superficie de incidencia el rayo reflejado y la normal al espejo en el punto de incidencia. Este procedimiento se efectuó para 5 casos en los que se obtienen diferentes medidas de ángulos; los datos obtenidos fueron registrados (Tabla 1).

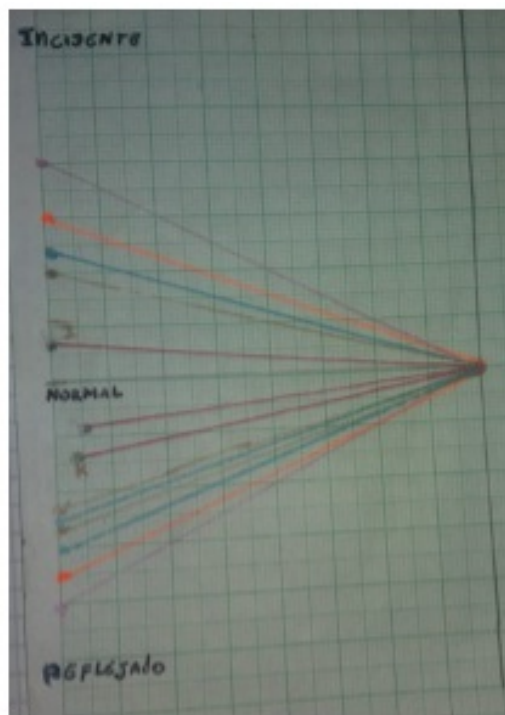
Posteriormente, se tomó una superficie circular y se direccionó el haz de luz en forma paralela al eje de manera que los rayos incidían con la parte cóncava del espejo y se trazaron las líneas de trayectoria. este proceso se repite al igual de forma, pero el rayo incidente debe reflejarse en la superficie convexa.

Resultados y análisis

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos luego de realizados cada uno de los procedimientos planteados por la guía de laboratorio; se registra la tabla de datos experimentales correspondientes a los ángulos de incidencia y reflexión y algunos esquemas que permiten ejemplificar las experiencias llevadas a cabo.

Espejo plano: En el momento en donde varios rayos de un haz de luz incidieron en la superficie reflectora lisa, semejante a espejo, Los rayos reflejados fueron paralelos entre sí. En donde la dirección de un rayo reflejado está en el plano perpendicular a la superficie reflectora que contiene al rayo incidente (Figura 7).

Figura 7. Resultados experimentales para la reflexión de un rayo en espejo plano.



Nota. Datos de fuente propia.

Posteriormente se realiza la medición de cada uno de los ángulos de los rayos con respecto a la normal y se tabulan los resultados obtenidos que se consensan (Tabla 1).

Tabla 1: Ángulos de Incidencia y Reflexión.

Ángulo i	5°	14°	17°	21°	28°
Ángulo r	5°	14°	17°	21°	28°

Con base en los resultados obtenidos se puede determinar que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal, se encuentran en un mismo plano, dando como resultado una relación geométrica entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión. La teoría corrobora esta afirmación en la 1ª y 2ª ley de la reflexión en donde menciona que la reflexión de luz para espejos planos se denomina reflexión especular en donde los rayos incidentes se reflejan con un mismo ángulo, además, todos ellos se encuentran en un mismo plano (4).

Considerando que el rayo de luz viaja en el aire y que incide a un ángulo en una superficie plana y lisa, como lo muestran los diagramas anteriores.

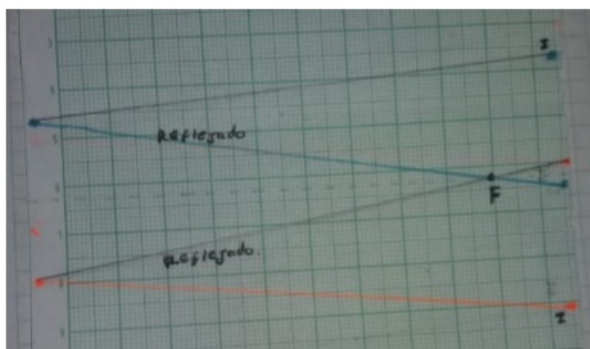
Los rayos incidente y reflejado forman ángulos θ y θ' , respectivamente, donde los ángulos se observan entre la normal y los rayos permitiendo demostrar la expresión algebraica descrita en la ecuación 1.

Es importante mencionar que en dos intervalos de la (Tabla 1) no se tiene una analogía entre ángulo incidente y reflejado, debido a errores de operador al momento de redireccionar el láser, pero en la mayoría de los casos si se cumplió la ley de reflexión.

Espejo Esférico: Inicialmente se trabajó con el espejo cóncavo, su superficie reflectora se encuentra en la parte interior de la esfera.

Para la experimentación con un espejo cóncavo se denoto que todo rayo que incida por el centro se va a reflejar en la misma dirección, por tal motivo la dirección del haz de luz fue direccionada hacia los laterales del espejo, dando como resultado que todo rayo reflejado pasaba por el punto focal F (Figura 8).

Figura 8. Resultados experimentales para la reflexión de un rayo en espejo esférico de superficie cóncava.

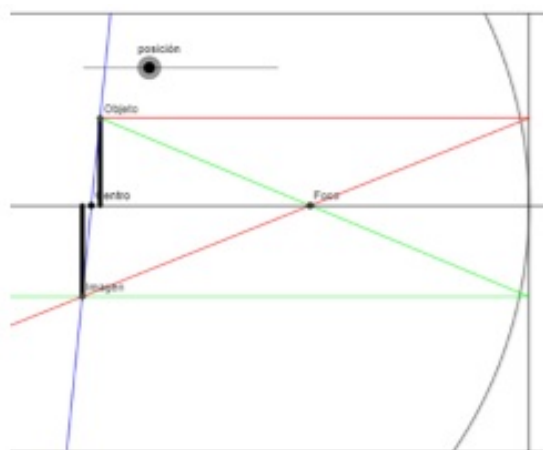


Nota. Datos de fuente propia

En la imagen se puede observar cómo los rayos reflejados se unen en un punto, el cual, se conoce como foco. La literatura señala que cuando un rayo de luz pasa paralelo al eje principal se refleja en el espejo pasando siempre por el foco, de tal forma que, el foco es el punto donde convergen los rayos de luz originados desde un punto (Sciarini, 2007). Por medio del simulador de Geogebra se puede observar lo mencionado anteriormente, en donde el rayo de color rojo al chocar en un punto

del espejo es reflejado tal cual lo menciona la ley de reflexión (Figura 9).

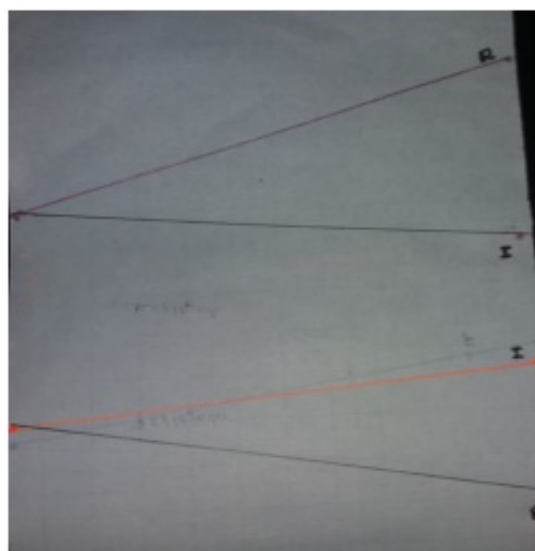
Figura 9. Representación de un rayo incidido en un espejo cóncavo



Nota. Datos de fuente propia

En un espejo convexo los rayos reflejados divergen de modo que son las prolongaciones de los rayos reflejados las que pasan por el foco. A excepción si el rayo de luz es enviado en dirección al centro, el cual, va a reflejarse en la misma dirección al igual que el espejo cóncavo. A continuación, se ilustra el resultado de las proyecciones experimentales (Figura 10).

Figura 10. Resultados experimentales con un espejo convexo



Nota. Datos de fuente propia

El espejo convexo es conocido como espejo divergente porque los rayos de cualquier punto de un objeto divergen después de haberse reflejado, como si vinieran de algún punto de detrás del espejo (Wieman, 2002). Es por ello por lo que en la figura no se ilustra la conversión de las líneas.

Es de gran importancia tener en cuenta que las superficies utilizadas en el desarrollo de la práctica son de tipo regular, en las cuales, el conjunto de rayos paralelos incide y permiten de este modo que el haz de rayos reflejados sean también rayos paralelos, dando así cumplimiento a cabalidad de las leyes propuestas por este fenómeno óptico.

Cuestiones

1. Dos espejos forman un ángulo recto. El rayo AB se refleja en ambos espejos. Demostrar que el rayo reflejado CD es siempre paralelo y de sentido opuesto AB independiente del ángulo de incidencia del rayo AB.

Lo anterior hace referencia al prisma de Porro (en honor de su inventor el italiano Ignazio Porro) es un triángulo isósceles con un ángulo recto. Debido a que el ángulo límite en el vidrio es de unos 45° la geometría del prisma lo hace especialmente adecuado para lograr reflexiones totales de los rayos incidentes. De esta forma, cuando un rayo se refracta en una lámina de caras paralelas el rayo que emerge lo hace paralelo al incidente. De este modo la reflexión especular producida permite que el rayo reflejado continúe con una trayectoria opuesta al raro incidente razón por la cual el rayo AB está en posición paralela el rayo CD, considerando la igualdad en las medidas de los ángulos incidentes (Sciarini, 2007).

2. ¿Por qué vemos los objetos a nuestro alrededor?

Todo está en el cerebro, las ilusiones ópticas revelan las suposiciones que el cerebro hace sobre lo que en realidad ve. Identificamos los objetos porque existe una grabación previa en el cerebro. Para ver un objeto, este debe reflejar la luz que le llega. No se produce reflexión apreciable de las

ondas a no ser que el objeto sea de un tamaño por lo menos de la longitud de onda de la luz que incide. Por lo tanto, con la componente de la luz visible de menor longitud de onda (violeta) podamos ver los objetos de un tamaño mínimo de 4×10^{-7} m.

Suponiendo que el objeto tiene el tamaño adecuado y se ilumina con luz visible. El sistema óptico del ojo es capaz de recoger los rayos reflejados que divergen del objeto y llegan a él. El cerebro identifica la posición del objeto como el punto donde convergen las prolongaciones del haz de rayo que le llegan procedentes del objeto. Para ver nítidamente un objeto la imagen de cada uno de sus puntos debe estar enfocada sobre la retina: los rayos salientes de un punto del objeto que sean captados por el ojo deben concentrarse todos en el mismo punto de la retina, sobre las células sensibles. Un objeto se verá borroso si los rayos que parten de esta concentración por las lentes de delante o detrás de la retina.

Los rayos que llegan reflejados refractados dan lugar a que pensemos que está en un lugar distinto a donde realmente está, ya que el cerebro interpreta que el objeto se encuentra en la prolongación de los rayos. Esto da origen al concepto de posición virtual. Cuando miramos un objeto lo vemos siempre bajo un ángulo aparente (a) este ángulo es el que forma dos rectas que partiendo del iris llegan los extremos del objeto. Así cuanto más acercamos un objeto mayor es el ángulo aparente con que los vemos (Sciarini, 2007).

Considerando igualmente el complejo sistema fisiológico de visión que contemplamos los humanos, mecanismo que funciona de la siguiente manera: la luz entra en el ojo pasa a través de una estructura transparente llamada cornea por detrás de la cual existe un líquido transparente (humor acuoso), una abertura variable (la pupila, que es una vía dentro del iris) y el lente cristalino. La mayor parte de la refracción se presenta en la superficie externa del ojo, donde la córnea esta siempre cubierta por una película de lágrima.

En el cristalino existe relativamente poca refracción, porque el humor acuoso en contacto con esta lente tiene un índice de refracción promedio similar al de la lente. El iris, que es la parte de color del ojo, es un diafragma muscular que controla el tamaño de la pupila. El iris regula la cantidad de luz que entra en el ojo al dilatar o abrir la pupila en condiciones de luz insuficiente y al contraer o cerrar la pupila en condiciones de elevada luminosidad.

El sistema cornea-lente enfoca la luz en la superficie posterior del ojo, la retina, constituida por millones de receptores sensibles, conocidos como bastones y conos. Al ser estimulados por la luz, estos receptores envían impulsos por el nervio óptico al cerebro, donde se percibe una imagen y así lograr la captura de todos los objetos que nos rodean.

3. ¿Si una persona puede ver los ojos de otra a través de un complicado sistema de espejos, es posible que la segunda persona vea los ojos de la primera?

La longitud de onda de la luz suele ser muy pequeña en comparación con el tamaño de obstáculos o aberturas que se encuentran a su paso. Esto permite en general despreciar los efectos de interferencia y difracción asociados al carácter ondulatorio de la luz. Sobre esta hipótesis se asume una propagación rectilínea de los rayos de luz. Así las trayectorias de los rayos de luz en los medios homogéneos e isotropos son rectilíneas, conociendo que el rayo incidente, refractado y la normal están en el mismo plano, permitiendo visualizar la misma imagen en cualquier punto, desde cualquier perspectiva y con diferentes personas (Franco et al., 2013)

4. Los almacenes de vestidos suelen tener espejos que se prolongan hasta el suelo con el fin de que el cliente pueda verse totalmente en ellos. ¿Es necesario para este proceso que el espejo llegue hasta el suelo?

No es necesario, dado que, si una persona se quiere ver completamente en el espejo, las únicas

variables que influyen en este procedimiento son el tamaño del espejo y la variación del ángulo de inclinación de este.

5. Si un cliente tiene sus ojos a 1.50mts del suelo. ¿Cuál es la altura máxima desde el suelo a que puede estar la parte inferior del espejo, para que el cliente pueda verse los pies?

Para que la persona de la figura vea su imagen completa en el espejo, el tamaño de éste (D) y su altura con respecto al suelo (d), deben ser tales que permitan llegar a sus ojos los rayos reflejados por los pies y por la parte superior del sombrero.

Para calcular la distancia del espejo al suelo, debemos recordar la semejanza de triángulos:

Dos triángulos son semejantes cuando tienen la misma forma, pero diferente tamaño (misma forma quiere decir que tienen los tres ángulos iguales respectivamente). Los lados opuestos a los ángulos iguales son proporcionales (su cociente da siempre lo mismo). Igual ocurre con sus alturas.

Por lo tanto y según las dos figuras anteriores:

$$\frac{d}{L} = \frac{h}{2L} \longrightarrow d = \frac{hL}{2L} = \frac{h}{2} = \frac{1.50m}{2} = 0.75m$$

La distancia del espejo al suelo ha de ser igual a la mitad de la distancia de los ojos al suelo. Se puede observar que el resultado es independiente de la distancia a la que esté la persona del espejo.

Conclusiones

En esta práctica de laboratorio titulada “reflexión óptica” se afianzo los conceptos correspondientes a la óptica geométrica, pudiendo reconocer de forma experimental y teórica los comportamientos de un haz de luz cuando incide contra un espejo plano, cóncavo y convexo.

El estudio experimental de las direcciones de los rayos incidentes, reflejados y normal en una interfaz lisa entre dos materiales ópticos yacen en un mismo plano. De igual forma, El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia sin importar las longitudes de onda, ni tampoco los materiales. Este conjunto de ideas conforma la ley de la reflexión.

En los espejos esféricos cuando el rayo de luz incide en el eje principal se va a reflejar en una misma dirección. En el espejo cóncavo, los rayos incidentes paralelos al eje convergen en un punto focal. Por el contrario, en un espejo convexo los rayos divergen después de haberse reflejado, en forma tal que parecen provenir del punto focal.

Referencias Bibliográficas

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna*. Cengage Learning Editores.

Franco, L., Mendieta, S., y Gatto, A. (abril de 2013). *Aulas Uruguay Educa*. Obtenido de Ciencias Físicas.

<http://aulas.uruguayeduca.edu.uy/mod/book/view.php?id=27903&chapterid=7190>

Sciarini, E. (Marzo de 2007). *Ciencias Naturales - Física*. Obtenido de Física II: Espejos y Lentes. <https://cienciasnaturales-fisica.blogspot.com/2007/03/fisica-ii-varios.html>

Freedman, R., y Young, H. (2008). *Física universitaria con física moderna* (Duodécima ed., Vol. II). México: Pearson Educación.

Wieman, L. C. (2002). *PhET Interactive Simulations*. Obtenido de https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_es.html

Font, J. L. (2003). Óptica Geométrica. *EUETIT, Terrassa, recuperado de http://www.academia.edu/7629817/PTICA_GEO_ETRICA_Josep_Llu%C3%ADs_Font*.