

The Phet simulator in the teaching and learning process of geometrical optics.

El simulador Phet en el proceso de enseñanza aprendizaje de la óptica geométrica

Autores:

Carrera-Tejena, Dayana Jamileth
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE
Estudiante de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Física y Matemática
Chone-Ecuador



e1315726487@live.uleam.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0004-5240-416X>

Zambrano-Solórzano, Jazmina Lisseth
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE
Estudiante de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Física y Matemática
Chone-Ecuador



e1316191749@live.uleam.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0001-2294-7225>

Bravo-Andrade, Betty Dalinda Margarita
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE
Docente tutor del área de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Física y Matemática
Chone-Ecuador



betty.bravo@uleam.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-5103-3118>

Fechas de recepción: 25-JUN-2025 aceptación: 25-JUL-2025 publicación: 30-SEP-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

La investigación se centró en el análisis de los conceptos de óptica geométrica en los estudiantes de segundo año de Bachillerato de la Unidad Educativa Fiscomisional “Cinco de Mayo”, ubicada en el cantón Chone donde se identificó una dificultad constante en la comprensión de conceptos claves como la ley de refracción y reflexión, vinculada en gran medida a la falta de estrategias didácticas innovadoras en las clases. Por ello el objetivo de este estudio fue determinar cómo el uso del simulador Phet incide en el aprendizaje de estos conceptos ópticos. Para abordar esta problemática se implementó un diseño cuasiexperimental con 56 estudiantes distribuidos en un grupo experimental y un grupo de control. La investigación se estructuró a partir de una evaluación diagnóstica, un cuestionario final aplicado al estudiantado y una encuesta dirigida al docente, con el propósito de valorar la integración del simulador PhET como recurso didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se empleó una metodología mixta combinando enfoques cualitativos y cuantitativos con métodos teóricos y empíricos. Los resultados demuestran que el uso del simulador PhET incide de manera positiva en la comprensión y asimilación de los conceptos de óptica geométrica, fomentando un aprendizaje más significativo y participativo.

Palabras claves: Óptica Geométrica; Enseñanza; Aprendizaje; Simulador Phet.

Abstract

The research focused on analyzing the concepts of geometric optics among second-year high school students at the Fiscomisional Educational Unit “Cinco de Mayo,” located in the canton of Chone, where a constant difficulty in understanding key concepts such as the law of refraction and reflection was identified, largely linked to the lack of innovative teaching strategies in the classroom. Therefore, the objective of this study was to determine how the use of the Phet simulator affects the learning of these optical concepts. To address this issue, a quasi-experimental design was implemented with 56 students divided into an experimental group and a control group. The research was structured around a diagnostic assessment, a final questionnaire administered to the students, and a survey administered to the teacher, with the purpose of evaluating the integration of the PhET simulator as a teaching resource in the teaching-learning process. A mixed methodology was used, combining qualitative and quantitative approaches with theoretical and empirical methods. The results show that the use of the PhET simulator has a positive impact on the understanding and assimilation of geometric optics concepts, promoting more meaningful and participatory learning.

Keywords: Geometric Optics; Teaching; learning; PhET Simulator.

Introducción

La enseñanza de la óptica geométrica representa un desafío en la educación de la física, dado que conceptos fundamentales como la refracción y la reflexión de la luz suelen abordarse de manera limitada, generando vacíos en la comprensión de los estudiantes. Para contrastar esta problemática, es imprescindible integrar herramientas tecnológicas que favorezcan la construcción del conocimiento.

Los simuladores Phet proporcionan un entorno para que los estudiantes exploren, manipulen variables y observen como cambian los fenómenos, lo que les permite construir y reconstruir su comprensión (Huaman Santos & Maccapa Yauri, 2023, p. 24).

Si bien los estudiantes ingresan al aula con conocimientos previos obtenidos de la experiencia cotidiana, el docente desempeña un papel crucial en la transformación de estos conocimientos en conceptos científicos. El docente toma estos “conocimientos” como el punto de partida para la adquisición de nuevos conceptos y es que el uso de un programa informático en línea no sustituye al docente todo lo contrario, conlleva a una planificación pertinente de cómo aplicar esa estrategia de manera apropiada generando un entorno lúdico, de entrenamiento y aprendizaje conceptual (Omar y otros, 2022, p. 156).

Las simulaciones son una gran aliada de clase, debido a que permiten dinamizar los ambientes de aprendizaje y por tanto son un recurso facilitador de enseñanza (Lora & González, 2021, p. 43).

La incorporación de recursos didácticos interactivos, como los simuladores, propician un aprendizaje significativo en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes, en la asignatura de Física (Lino-Calle, López-Fernández, Barberán-Delgado, & Gustavo, 2023).

Con el propósito de atender esta problemática de investigación, se estableció como objetivo determinar mediante un cuestionario/prueba de diagnóstico el nivel de conocimientos sobre la óptica geométrica.

Material y métodos

La metodología adoptada en esta investigación se fundamenta en un enfoque cualitativo, lo que permitió una exploración más profunda de las concepciones e interpretaciones relacionados al aprendizaje de la óptica geométrica. Esta aproximación metodológica facilitó el análisis de los conocimientos previos que los estudiantes poseen respecto a las leyes de refracción y reflexión de la luz, estableciendo un marco que facilita la identificación de dificultades conceptuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El estudio se desarrolló en la Unidad Educativa Fiscomisional “Cinco de Mayo” con una muestra de 56 estudiantes de segundo de bachillerato. La investigación se enfocó en la comprensión de los conceptos ópticos, integrando herramientas tecnológicas, incluyendo simulaciones interactivas. Para la recopilación de datos, se emplearon técnicas como la



encuesta y la aplicación de cuestionarios, lo que permitió evaluar tanto el nivel de conocimientos como las principales dificultades enfrentadas por los estudiantes.

Como enfoque cualitativo en investigaciones que estudian fenómenos didácticos señala Quintana (2006), que la educación tiene que ver con las acciones humanas donde se estudia la realidad que va a ser objeto de análisis en su contexto natural que caracterizan las dificultades del aprendizaje, teniendo en cuenta que la educación tiene que ver con las acciones humanas.

Si bien la metodología predominante fue cualitativa, se complementó con un análisis cuantitativo, continuando con el criterio de (Hueso y Cascant, 2012, p. 1) quienes destacan la utilidad de los métodos estadísticos para profundizar en aspectos específicos de la población de estudio. En este sentido, se aplicó una encuesta al docente, compuesta de nueve preguntas relacionadas con la enseñanza de la óptica geométrica y el uso del simulador Phet. Por ello, al inicio del proceso formativo, se administró una prueba de diagnóstico estructurada para evaluar la comprensión de la refracción y reflexión de la luz. El diseño experimental de la investigación contempló dos grupos, siendo *el grupo experimental el paralelo A*, donde la enseñanza se apoyó en el uso del simulador Phet permitiendo la interacción directa con los fenómenos ópticos. En *el grupo de control que corresponde al paralelo B* se empleó un enfoque tradicional, es decir, sin el uso de simulaciones interactivas. Al finalizar las sesiones, se aplicó un cuestionario final diseñado para medir el impacto de cada metodología. Dentro de los métodos de análisis, se utilizaron los siguientes:

Método teórico: con la finalidad de describir los datos importantes y relevantes.

Método analítico-sintético: con el objetivo de examinar cada componente del fenómeno.

Método bibliográfico: aplicado para el procedimiento y sistematización de información relevante.

Método empírico: basado en la observación, medición y experimentación.

Resultados

El simulador Phet como estrategia didáctica

Las herramientas tecnológicas brindan gran aporte en la educación, como menciona:

Las simulaciones que se encuentran en el sitio web de PHET han pasado por investigaciones para asegurar su eficacia en los procesos de enseñanza y aprendizaje en diversos entornos. Este simulador es multidispositivo por lo que puede usarse en una computadora o teléfono móvil, sin necesidad de descargar dicha aplicación y su acceso es libre (Balladares et al., 2023, p. 7).

“Las simulaciones son una gran aliada de clase, debido a que permiten dinamizar los ambientes de aprendizaje y por tanto son un recurso facilitador de enseñanza” (Lora & González, 2021, p. 43).

Por lo tanto, la existencia de nuevos desafíos de salud, sociales, económicos, educativos y medioambientales, requiere de mentes creativas y analíticas capaces de abordar problemas



de manera efectiva. Sin embargo, para que la resolución de este tipo de problemas llegue al éxito, es fundamental que los sistemas de educación en el país fomenten el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas, creatividad y un compromiso con la equidad e inclusión desde edades tempranas. Esto implica no solo transmitir fundamentaciones teóricas, sino enseñar a los estudiantes a aplicar ese conocimiento en situaciones del mundo real, además de promover una cultura que valore el aprendizaje continuo y la experimentación en una sociedad donde las tecnologías y la información avanzan rápidamente (Burdiles Cifuentes & Canto Quinsacara, 2023, p. 37).

En el marco de esta investigación, cuyo objetivo es analizar los conceptos de óptica geométrica, se da inicio con la reflexión sobre la ausencia de estos temas en el pensum de estudio, estos conceptos serán abordados con mayor profundidad en el segundo año de bachillerato donde se espera que los estudiantes hayan consolidado los conocimientos previos. Los temas clave analizados y aplicados:

- a. Naturaleza y propagación de la luz
- b. Refracción y reflexión en superficies planas
- c. Leyes de refracción
- d. Ley de Snell

Beneficios de utilizar el simulador Phet

El simulador Phet brinda beneficios estimulantes para toda la comunidad educativa, pero en especial para los estudiantes puesto que les motiva a interactuar con el tema en específico junto a un recurso tecnológico como lo es Phet.

Arguedas (2017) menciona que “el continuo avance de la tecnología y la mejora de la conectividad a internet crean un nuevo espacio educativo en el que la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) juega un papel protagonista” (p. 18). López (2023) manifiesta que “Una de estas herramientas que ha demostrado ser efectiva en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física ha sido el uso de simuladores interactivos, como el PhET Simulations, Educaplus, entre otros” (p. 2301).

“La incorporación de recursos didácticos interactivos, como los simuladores, propician un aprendizaje significativo en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes en la asignatura de Física” (Lino-Calle, López-Fernández, Barberán-Delgado, & Gustavo, 2023). (Sandoval & Mora, 2023) afirma que:

El uso del simulador permitió a los estudiantes visualizar con claridad la forma en la cual los rayos de luz se desvían al pasar de un medio a otro, así también pudieron utilizar la ley de Snell para calcular el índice de refracción de un medio desconocido y con ello determinar el tipo de material del cual se trata (p. 4311- 4).

Los simuladores PhET dejan de lado la enseñanza tradicional, no solo por ser una herramienta digital, sino porque la simulación está pensada tanto para docentes como para estudiantes, siendo material relevante para cada uno.



La forma en que están diseñados los simuladores transforma la educación al dar paso a una participación más activa de docentes y estudiantes (Cañar Tacuri & León Quinchi, 2023, p. 560).

Los resultados que se muestran son los datos obtenidos de la prueba diagnóstico (Pre-test) y el cuestionario (Pos-test) diseñado para identificar los conocimientos previos que tenían los estudiantes de segundo de bachillerato de la Unidad Educativa Fiscomisional Cinco de Mayo. Se aplicó un diseño cuasiexperimental, un examen diagnóstico en ambos grupos con la finalidad de evaluar los conocimientos previos sobre la óptica geométrica. Obteniendo como resultado que la mayoría de los estudiantes tenían un conocimiento superficial del tema.

Tabla 1

Prueba de diagnóstico (Pre-test)

Grupo	Correcta	Incorrecta	Total
Paralelo A pregunta 1	10	18	28
Paralelo B pregunta 1	11	17	28
Total	21	35	56

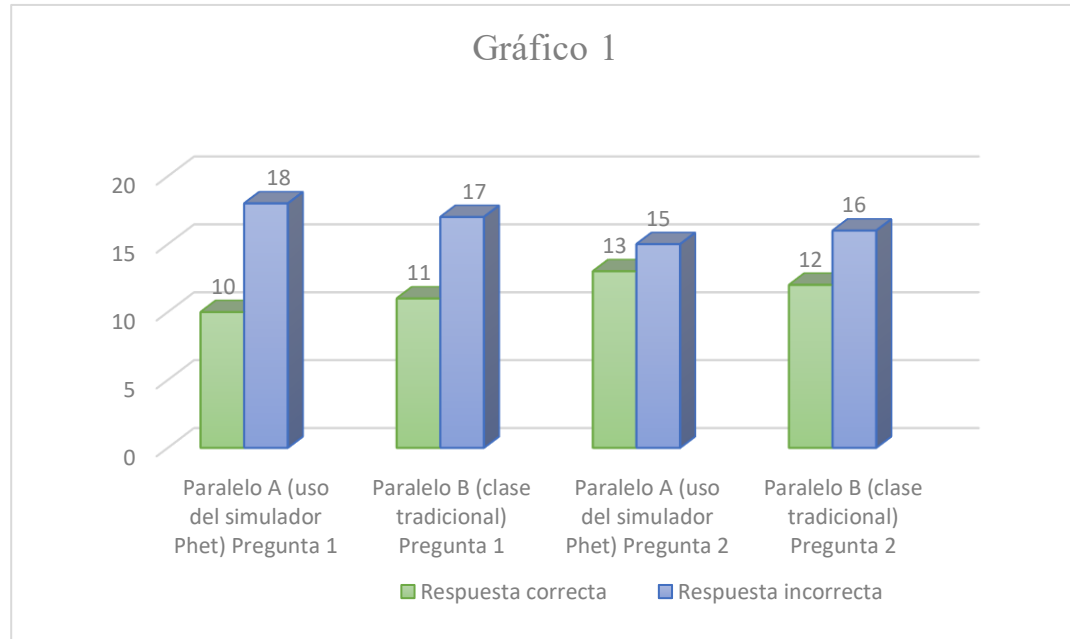
Tabla 2

Prueba de diagnóstico (Pre-test)

Grupo	Correcta	Incorrecta	Total
Paralelo A pregunta 2	13	15	28
Paralelo B pregunta 2	12	16	28
Total	25	31	56

Para analizar los resultados, se utilizó un diagrama de barras, que permitió determinar si hay una diferencia significativa entre las frecuencias observadas en los dos grupos.





Luego se realizó la intervención del simulador Phet en las clases con los estudiantes del paralelo A, permitiendo que ellos interactúen con modelos virtuales de fenómenos ópticos, facilitando la visualización y comprensión de conceptos abstractos. Los estudiantes del paralelo B recibieron las clases de manera tradicional, que incluyen explicaciones teóricas y ejercicios prácticos sin el uso del simulador Phet.

Al finalizar las sesiones educativas, se aplicó un cuestionario a ambos grupos para evaluar su comprensión de la óptica geométrica. Donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3

Cuestionario (Pos- test)

Grupo	Correcta	Incorrecta	Total
Paralelo A (Implementación del simulador Phet) pregunta 1	22	6	28
Paralelo B (Enseñanza tradicional) pregunta 1	17	11	28
Total	39	17	56

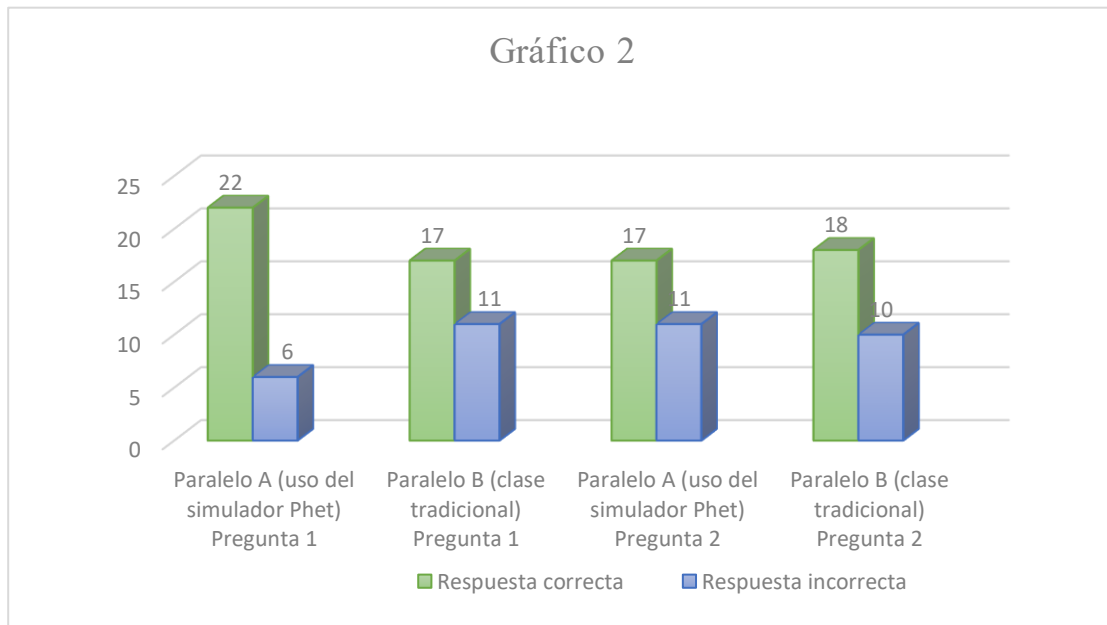
Tabla 4

Cuestionario (Pos- test)

Grupo/ Respuestas	Correcta	Incorrecta	Total
Paralelo A (Implementación del simulador Phet) pregunta 2	17	11	28
Paralelo B (Enseñanza tradicional) pregunta 2	18	10	28
Total	35	21	56

Para analizar los resultados, se utilizó un diagrama de barras, que permitió determinar si hay una diferencia significativa entre las frecuencias observadas en los dos grupos.

Gráfico 1.



El análisis mostró que la barra de respuestas correctas de la pregunta 1 en el paralelo A es más alta, lo que indica que implementar el simulador Phet facilitó la comprensión del tema.

Mientras que la barra de respuestas en el paralelo B nos sugiere mayores dificultades en la enseñanza tradicional.

Los resultados obtenidos subrayan el impacto positivo de la incorporación de herramientas digitales, como lo es el simulador Phet en el proceso de enseñanza aprendizaje de la óptica geométrica.

Encuesta al docente

A través de una encuesta estructurada realizada al docente de la asignatura de física sobre la percepción de la utilidad del simulador Phet en el aula de clases, describió que el uso del simulador Phet facilitaba la comprensión de conceptos abstractos en óptica geométrica ayudando a los estudiantes a tener mayor motivación, mejor visualización y experimentación de fenómenos ópticos y facilidad para vincular la teoría con la práctica.

Tabla 5
Conocimiento del simulador Phet...

	Sí	No
¿Ha utilizado alguna herramienta tecnológica en sus clases?	x	
¿Conoce el simulador Phet?		x
¿Alguna vez ha utilizado el simulador Phet?		x
Luego de utilizar el simulador Phet en la clase ¿lo implementaría en otra temática?	x	
¿Le gustaría recibir capacitación para el uso del simulador Phet?	x	

Los resultados evidencian que el docente no se encontraba familiarizado con herramientas de software como es el simulador PhET, limitando significativamente el potencial de aprendizaje de los estudiantes, la falta de recursos interactivos dificulta la comprensión de ciertos conceptos, especialmente aquellos que requieren una representación visual o dinámica, sin un medio digital que permita explorar, experimentar o visualizar los fenómenos, el proceso de enseñanza se vuelve más abstracto y menos accesible, lo cual puede impedir que los estudiantes no alcancen los niveles de comprensión deseados.

Esto pone de manifiesto la necesidad de capacitar a los docentes en el uso de tecnologías educativas que realmente potencien el aprendizaje significativo puesto que no basta con la explicación de manera tradicional.

La implementación del simulador Phet en el tema de óptica geométrica permitió al docente captar de manera efectiva la atención de los alumnos. Al tener esta experiencia se evidenció el potencial didáctico del simulador Phet al facilitar la comprensión de los conceptos ópticos



con ayuda de la interacción visual y experimental, reforzando la integración de los recursos tecnológicos en el proceso de enseñanza aprendizaje.

En estos últimos años se ha realizado un gran número de trabajos sobre la enseñanza de la óptica geométrica, esta es una corriente investigadora que intenta fomentar y potenciar un desarrollo del currículo. La mayor parte de los estudiantes en sus inicios mostró que no tenían claras algunas de las características de la Ley de Snell.

El cambio obtenido está, sin duda, en el análisis de las leyes de refracción y reflexión de la luz, ambas circunstancias son fundamentales para la aplicar y utilizar el simulador Phet dentro del aprendizaje.

El cuestionario aplicado a los 56 estudiantes de segundo de bachillerato muestra que dar la clase utilizando como herramienta al simulador ayudó a comprender desde un mejor ángulo los conceptos de la Ley de Snell, lo que indica que el simulador incide positivamente en la enseñanza de la óptica geométrica.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la necesidad de replantear y mejorar los modelos de enseñanza aprendizaje en física, especialmente en la enseñanza de la óptica geométrica. Debido a la falta de laboratorios de física, se incorporó el simulador Phet como herramienta tecnológica para mejorar la comprensión de los conceptos ópticos y sus fórmulas.

La aplicación de una prueba de diagnóstico permitió evaluar los conocimientos previos de los estudiantes de segundo de bachillerato paralelo A y B sobre la óptica geométrica. Luego de realizar una clase con ayuda del simulador Phet, se desarrolló un cuestionario donde se mostraron las mejoras al comprender los conceptos de la óptica geométrica.

Además, la implementación del simulador permitió reconocer un cambio conceptual significativo en los estudiantes, lo que mejoró su comprensión de los conceptos de óptica geométrica. Esto sugiere que el empleo del simulador Phet como herramienta en el aula de clase es viable y puede lograr mejoras significativas en la comprensión de los conceptos, siempre y cuando se utilice de manera efectiva y se integre adecuadamente en el plan de estudio.

Referencias bibliográficas

Ausubel, D. (1983). *Teoría del aprendizaje significativo* (Vol. 1). Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36648472/Aprendizaje_significativo-libre.pdf?1424109393=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTEORIA_DEL_APRENDIZJE_SIGNIFICATIVO_TEOR.pdf&Expires=1727650995&Signature=I1X22VpC18YF-EDxL6A6wWKp8RmpQgNcjJt



- Burdiles Cifuentes, P., & Canto Quinsacara, E. (2023). *Impacto del conocimiento de la Óptica Geométrica y la percepción pedagógica desde los elementos de la Neurodidáctica*. Chillán: Red de bibliotecas Chile.
- Cañar Tacuri, K., & León Quinchi, D. (2023). “Simulaciones PhET para la enseñanza-aprendizaje de los estudiantes en el nivel. 560.
- Erazo, I., Coronel, G., Maliza, W., & Bravo, F. (2024). Simulador PhET y las competencias científico-técnicas en estudiantes de bachillerato. *Maestro y Sociedad*, 21(3), 1340-1350. Obtenido de <https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/6498>
- Estela, R., Contreras, E., Carrasco, Y., Carril, B., Castro, D., & Sueros, J. (2022). Software en línea para el aprendizaje conceptual de la óptica física y geométrica. *Revista de Investigación Apuntes Universitarios*, 12(1). Obtenido de <https://apuntesuniversitarios.upeu.edu.pe/index.php/revapuntes/article/view/921/855>
- Font, J. L. (2003). *Óptica Geométrica*. Terrassa.
- Huaman Santos, A., & Maccapa Yauri, G. Y. (2023). *Simulador phet y logro de la competencia indaga en estudiante de la institucion educativa Fortunato L. Herrera*. Cusco.
- Inca, D. (2022). *Uso de software de simulación para fortalecer el aprendizaje de cinemática en primero de bachillerato*.
- Lino-Calle, V. A., López-Fernández, R., Barberán-Delgado, J. A., & Gustavo, G.-R. V. (2023). Analítica del aprendizaje sustentada en el Phet Simulations como medio de enseñanza en la asignatura de física. *Journal Scientific*.
- Lobo, H., Gutiérrez, G., Rosario, J., Briceño, J., Villarreal, M., Díaz, J., & Pacheco, A. (2009). *Software educativo para el aprendizaje de la óptica*. Trujillo: Software educativo.
- López, R. (2023). Analítica del aprendizaje sustentada en el Phet Simulations como medio de enseñanza en la asignatura de Física. . *Journal Scientific MQR Investigar*, 7(3), 2297-2322 . Obtenido de <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
- Lora, J., & González, D. (2021). *Evaluación de guías de laboratorio basadas en Simuladores PhET para el Aprendizaje de la Física en Estudiantes de Media Académica de la Institución Educativa Jean Piaget del*. Obtenido de Colombia.
- Luis, O., Joaquín, M., & Jaime, C. (2007). *Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria*. Obtenido de

<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2781/1/planificacion%20ensenanza%20problematizada%20Ens%20Ciencias%20junio%202007.pdf>

Meza, J. O. (2024). *Ley de Snell: refracción y reflexión total interna*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/650264130/Ley-de-Snell>

Omar, E. U., Elisa, C. B., Lizeth, C. V., David, C. V., Jesús, C. V., & Abrahan, S. Z. (2022). Software en línea para el aprendizaje conceptual de la óptica física y geométrica. *Apuntes Universitarios*, 156.

Osuna García, L. M. (2007). *Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria*.

Perales, J. (1994). Enseñanza de la Óptica. *Revista Alambique 1*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/39153384_Ensenanza_de_la_optica/citation/download

Ramos Rios, J. E. (2021). *Estrategia didáctica para el fortalecimiento de la enseñanza del movimiento*.

Ramos, J. (28 de Enero de 2021). *Estrategia didáctica para el fortalecimiento de la enseñanza del movimiento*. Obtenido de <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/9fc4e92f-f4ef-4508-8219-279a8c90149b/content>

Saiz Mendiguren, J. (2019). *Metodología STEAM aplicada a la óptica geométrica de la asignatura de física de 2 bachillerato*. Bilbao.

Sandoval, M., & Mora, C. (2023). Secuencia didáctica para la enseñanza de la ley de Snell. *Revista Latinoamericana de Educación en Física*, 17(4), 4311- 6.



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.