

Efectividad del uso de la herramienta Tracker en la enseñanza universitaria de física: una revisión sistemática

The effectiveness of using the Tracker tool in university physics teaching: a systematic review

Para citar este trabajo:

Plaza, J., y Saquinaula, J., (2024) Efectividad del uso de la herramienta Tracker en la enseñanza universitaria de física: una revisión sistemática. *Reincisol*, 3(6), pp. 6148-6168. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)6148-6168](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)6148-6168)

Autores:

Juvitsa Juliana Plaza Santillán

Universidad Estatal de Milagro
Ciudad: Milagro, País: Ecuador
Correo Institucional: jplazas1@unemi.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0000-0003-4641-4420>

José Luis Saquinaula Brito

Universidad Estatal de Milagro
Ciudad: Milagro, País: Ecuador
Correo Institucional: jsaquinaulab@unemi.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0000-0003-2080-2548>

RECIBIDO: 18 octubre 2024

ACEPTADO: 22 noviembre 2024

PUBLICADO: 2 diciembre 2024

Resumen

Este estudio presenta una revisión sistemática sobre la efectividad del software Tracker en la enseñanza de física a nivel universitario, evaluando su impacto en el rendimiento académico y la comprensión de conceptos complejos. Mediante la metodología de revisión sistemática de la literatura (RSL) en la base de datos Scopus y aplicando criterios de inclusión y exclusión específicos, se analizaron estudios entre 2012 y 2024, seleccionando un total de 14 artículos relevantes. Los hallazgos indican que Tracker facilita un aprendizaje interactivo que conecta teoría y práctica, mostrando especial efectividad en temas como mecánica, análisis de movimiento y termodinámica, aunque con desafíos en su implementación, como la necesidad de capacitación docente y recursos tecnológicos. En conclusión, Tracker se destaca como una herramienta educativa valiosa en el ámbito universitario, promoviendo el aprendizaje práctico de la física y destacando la relevancia de la tecnología en la educación científica; sin embargo, se recomienda ampliar su investigación en otros contextos y disciplinas para consolidar su aplicabilidad.

Palabras claves: Revisión sistemática; enseñanza de la física; análisis de video; software Tracker; educación universitaria; aprendizaje interactivo.

Abstract

This study presents a systematic review of the effectiveness of Tracker software in university-level physics education, evaluating its impact on academic performance and the understanding of complex concepts. Through the systematic literature review (SLR) methodology in the Scopus database and applying specific inclusion and exclusion criteria, studies from 2012 to 2024 were analyzed, selecting a total of 14 relevant articles. Findings indicate that Tracker facilitates interactive learning that bridges theory and practice, showing particular effectiveness in areas such as mechanics, motion analysis, and thermodynamics, although there are implementation challenges, such as the need for teacher training and technological resources. In conclusion, Tracker stands out as a valuable educational tool in university settings, promoting practical learning in physics and highlighting the importance of technology in scientific education; however, further research is recommended in other contexts and disciplines to strengthen its applicability.

Keywords: Systematic review; physics education; video analysis; Tracker software; university education; interactive learning.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la enseñanza de la física a nivel universitario, la integración de herramientas tecnológicas se ha convertido en un recurso fundamental para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. El uso de tecnologías interactivas facilita la visualización de conceptos abstractos y complejos, lo que puede contribuir a un mayor entendimiento de los principios físicos por parte de los estudiantes (Guamán et al, 2023). Entre las herramientas tecnológicas disponibles, el software Tracker ha ganado popularidad debido a su capacidad para analizar videos y realizar un seguimiento del movimiento de objetos (Cordeiro, 2019), permitiendo a los estudiantes conectar la teoría con la experimentación práctica de manera más intuitiva y accesible (Pratidhina, 2021). Este enfoque experimental interactivo promueve un aprendizaje activo, fundamental para consolidar los conocimientos científicos (Kozhevnikov et al., 2007).

La enseñanza de la física tradicionalmente ha enfrentado desafíos en cuanto a la participación activa de los estudiantes y la aplicación práctica de los conceptos teóricos. De acuerdo con investigaciones previas, el uso de herramientas como Tracker puede facilitar la transición de una enseñanza centrada en la teoría hacia un aprendizaje más dinámico y basado en la experimentación (Villacreses et al, 2024). Sin embargo, a pesar del aumento de su adopción, la efectividad de Tracker en el ámbito universitario sigue siendo un área de estudio que requiere una evaluación sistemática para determinar su impacto en el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes de física.

La integración efectiva de herramientas digitales en la educación superior ha demostrado mejorar no solo la comprensión conceptual, sino también la retención de conocimientos a largo plazo. Según un estudio de Hake (1998), el uso de métodos interactivos en cursos de física ha resultado en mejoras significativas en las pruebas de fuerza conceptual, demostrando que las herramientas tecnológicas pueden transformar de manera positiva la enseñanza de la física. En este contexto, el software Tracker se presenta como una solución prometedora, ofreciendo oportunidades únicas para que los estudiantes visualicen y analicen fenómenos físicos, lo que puede ser particularmente útil en cursos donde la experimentación directa puede estar limitada por recursos o infraestructura.

Este estudio tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la efectividad del software Tracker en la enseñanza de la física a nivel universitario. La pregunta de investigación central que guía este análisis es: ¿De qué manera el uso de Tracker mejora el rendimiento académico y la comprensión de conceptos físicos complejos en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza? Esta revisión tiene como propósito proporcionar un análisis crítico y exhaustivo de las investigaciones existentes, con el fin de identificar tendencias, vacíos de conocimiento, y desarrollar recomendaciones para optimizar su implementación en contextos educativos universitarios.

El desarrollo y adopción de herramientas tecnológicas en la enseñanza de la física responden a la necesidad de mejorar la comprensión de conceptos abstractos mediante experiencias interactivas y visuales. En este sentido, el uso de análisis de video como el software Tracker permite que los estudiantes no solo observen, sino también analicen y modelen fenómenos físicos reales, lo cual fomenta una mayor conexión entre teoría y práctica (Pratidhina, 2021). A través de la manipulación directa de datos y observaciones, Tracker facilita el aprendizaje basado en la investigación, promoviendo una comprensión profunda y aplicable de los principios científicos (Guamán et al, 2023). Esta herramienta también apoya la consolidación del aprendizaje a través de experiencias que requieren que los estudiantes formulen hipótesis, observen y saquen conclusiones de manera autónoma y dinámica (Villacreses et al, 2024).

A medida que las tecnologías digitales avanzan, su integración en la educación también evoluciona, impactando de manera significativa la enseñanza de la física en las aulas (Castro et al, 2024). Estudios recientes han evidenciado que herramientas como Tracker no solo mejoran el rendimiento académico, sino que también ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades prácticas esenciales, tales como el análisis crítico, la resolución de problemas y la capacidad de experimentación (Kozhevnikov, Motes & Hegarty, 2007). Sin embargo, su implementación presenta retos, como la necesidad de capacitación adecuada para docentes y la adaptación del currículo, que exige un enfoque más experimental y menos teórico (Dam-O et al., 2023). Estos desafíos deben abordarse para maximizar el potencial de las tecnologías educativas en el aprendizaje de la física y

garantizar que tanto los estudiantes como los educadores aprovechen al máximo las oportunidades de un entorno de aprendizaje digitalizado.

METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló siguiendo la metodología de revisión sistemática de la literatura (RSL) propuesta por Kitchenham (2007), que es ampliamente reconocida por su estructura detallada y su enfoque riguroso para la evaluación de investigaciones existentes dentro de un campo específico. Una RSL permite evaluar e interpretar de manera exhaustiva todas las investigaciones relevantes para una pregunta de investigación, área temática o fenómeno de interés específico. El objetivo principal de la RSL es proporcionar una evaluación objetiva de un tema de investigación, apoyándose en una metodología que es a la vez confiable y auditada. Las directrices para realizar una RSL constan de tres fases principales: planificación de la revisión, ejecución de la revisión y presentación de los resultados.

En la fase inicial, antes de la planificación formal de la RSL, se realizó una exploración preliminar en bases de datos prominentes como Scopus. Este paso inicial es crucial para determinar si ya existen revisiones sistemáticas que aborden el mismo tema de investigación. Para este estudio específico sobre la efectividad del uso de la herramienta Tracker en la enseñanza de la física a nivel universitario, no se identificaron revisiones previas centradas en este ámbito, validando la necesidad y la originalidad de la investigación propuesta. Esta exploración preliminar asegura que la revisión sistemática contribuya significativamente al cuerpo de conocimiento existente, evitando duplicaciones y enfocándose en llenar vacíos críticos en la literatura.

Planificación

La fase de planificación es crucial para definir el enfoque de la revisión sistemática y garantizar que el proceso de búsqueda y análisis de la literatura científica sea exhaustivo y coherente.

Pregunta de investigación

La pregunta de investigación se formula con el propósito de evaluar la efectividad del uso de la herramienta Tracker en la enseñanza de la física a nivel universitario. Por lo tanto, la pregunta central es:

¿Cuál es la efectividad de la herramienta Tracker como recurso didáctico para mejorar la comprensión de conceptos de física entre los estudiantes universitarios? Para realizar la búsqueda de literatura relacionada con la efectividad del uso de la herramienta Tracker en la enseñanza de física universitaria, se utilizó la siguiente cadena de búsqueda de palabras clave en las bases de datos de citas académicas Scopus. Las palabras clave y combinaciones fueron diseñadas para capturar estudios relevantes que evaluaran el impacto de Tracker como herramienta pedagógica en cursos de física de nivel universitario. La cadena de búsqueda se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Cadenas de búsqueda utilizadas para consultar artículos en las bases de datos

Fuente	Cadena
Scopus	"tracker video analysis" AND physics

Criterios de Inclusión y Exclusión

Tabla 2 Criterio de selección acerca de tutores adaptativos basado en IA generativa.

1ro Criterio de Selección	2do Criterio de Exclusión
CS1 Tipo de Documento: artículo CS2 Lenguaje: todos CS3 Periodo: 2012-2024 CS4 Estudios que involucren a estudiantes universitarios en cursos de física CS 5 Estudios que utilicen Tracker como herramienta didáctica para el análisis de video y la simulación de movimientos en experimentos de física.	CE1: Trabajos de referencia que no contribuyen información centrada en el propósito de este estudio CE2: Trabajos de referencia que no contemplan el objetivo de este estudio CE3: Investigaciones que utilicen herramientas diferentes a Tracker para la enseñanza de física o que no mencionen explícitamente su uso.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los hallazgos obtenidos tras la revisión de la literatura, los estudios seleccionados se analizaron con el fin de evaluar cómo esta tecnología de análisis de video y simulación contribuye al aprendizaje de conceptos físicos, la mejora en el rendimiento académico y la comprensión teórica por parte de los estudiantes.

Tabla 3 Estudios potencialmente elegibles y estudios seleccionados.

Fuente	Artículos potencialmente elegibles	Artículos seleccionados
Scopus	29	14
TOTAL	29	14

Tendencia de estudios por año

El análisis de la distribución temporal con fecha octubre 2024 de los artículos seleccionados, revela una tendencia fluctuante en la publicación de estudios sobre el uso de la herramienta Tracker en la enseñanza de la física universitaria. En el gráfico de barras que se presenta a continuación, se puede observar cómo ha evolucionado el interés de la comunidad académica en este tema a lo largo de los últimos doce años.

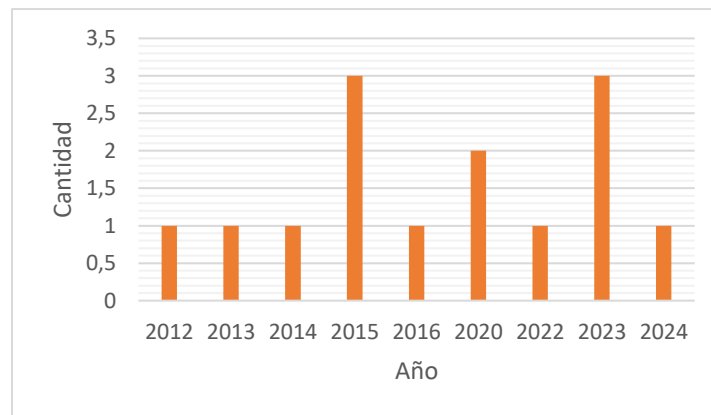


Figura 1 Distribución de la cantidad de artículos por años

Los años con mayor cantidad de publicaciones corresponden a 2015 y 2023, con un total de 3 artículos cada uno, lo que indica un notable incremento en estos periodos. Otros picos importantes se observan en 2020 y 2016, con 2 artículos publicados por año. En contraste, durante los años 2012, 2013, 2014, 2022 y 2024, el número de publicaciones se mantiene más bajo, con solo 1 artículo por año. Estos datos sugieren que el interés en el uso de Tracker no ha seguido una tendencia lineal, sino que ha experimentado fluctuaciones a lo largo de los años, lo cual podría estar relacionado con el surgimiento de nuevas tecnologías educativas o con el interés renovado en metodologías basadas en el uso de herramientas tecnológicas.

Tendencias de los estudios en diferentes países

A partir de los datos proporcionados, se observa una distribución variable en la cantidad de estudios realizados a lo largo de los años. Desde 2012 hasta 2024, el número total de estudios es de 14. Los años con mayor actividad fueron 2015 y 2023, cada uno con tres estudios, lo que indica un posible incremento en el interés o financiamiento en esos periodos. Otros años, como 2012, 2013, 2014, 2016, 2022 y 2024, muestran únicamente un estudio, lo cual podría indicar una menor actividad o interés en la investigación en esos periodos. La ausencia de datos en algunos años podría deberse a factores externos.

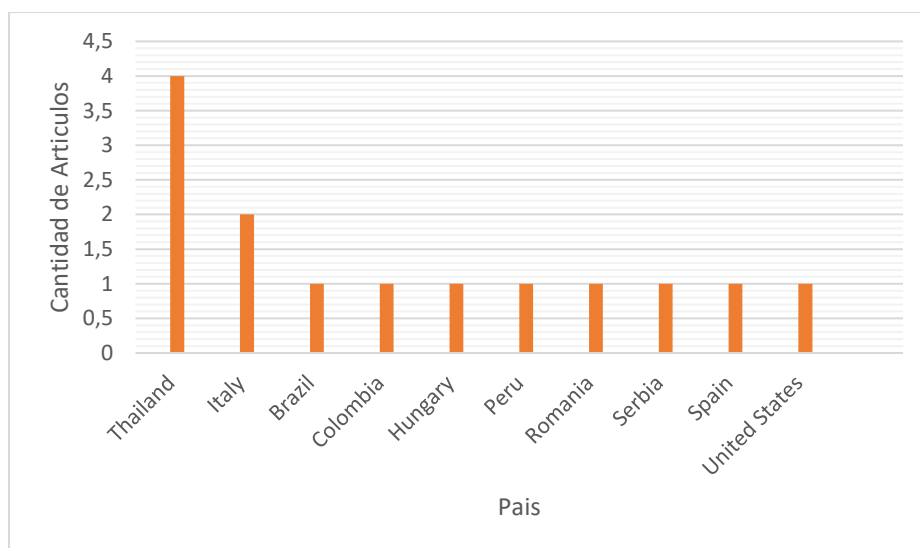


Figura 2 Estudios de artículos por diferentes países

Idioma de los artículos

Los datos sobre el idioma de los artículos indican una evidente predominancia del inglés, con el 93% de las publicaciones (13 artículos) escritas en este idioma. Esto refleja una tendencia común en la comunidad científica, donde el inglés es el idioma principal para la comunicación y difusión de investigaciones a nivel internacional, facilitando el alcance global y la visibilidad de los estudios.

Por otro lado, solo un 7% de los artículos (1 artículo) está en portugués, lo cual sugiere una menor producción de publicaciones en idiomas locales o regionales. La preferencia por el inglés puede estar influenciada por la necesidad de llegar a una audiencia científica más amplia, mientras que el portugués posiblemente se utiliza

en investigaciones dirigidas a una comunidad específica o en revistas de alcance regional. Este patrón evidencia la internacionalización de la ciencia y el rol dominante del inglés en la literatura académica.

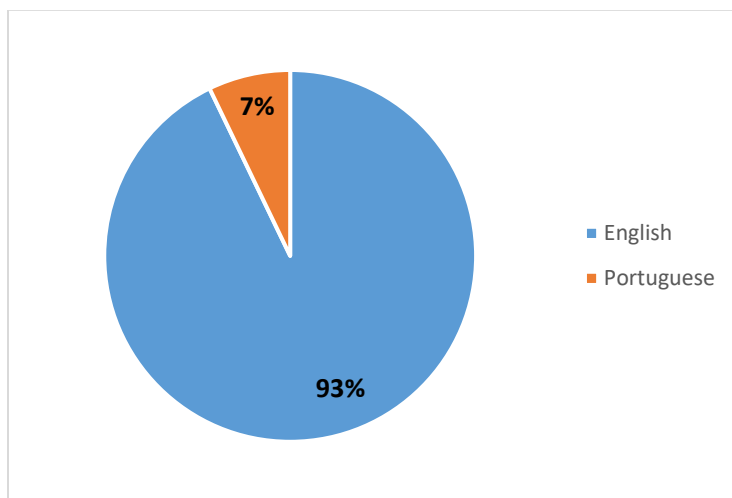


Figura 3 Idioma en el que están publicados los artículos

Artículos por área temática

Los datos sobre artículos por área temática reflejan una clara tendencia hacia ciertas disciplinas. Física y Astronomía las cuales destacan significativamente con un total de 10 artículos, representando la mayor parte de las investigaciones, lo cual sugiere un fuerte enfoque en estas áreas, posiblemente debido a un interés creciente en temas relacionados con el universo y las ciencias físicas. Le siguen las Ciencias Sociales, con 6 artículos, lo que indica un notable interés en estudios que abordan aspectos humanos y sociales. En contraste, áreas como Ciencias Agrarias y Biológicas, Ingeniería Química, Matemáticas, Medicina y Multidisciplinaria presentan solo un artículo cada una, lo que podría señalar una menor producción de investigación en estos campos o bien que los recursos se destinan en mayor medida a las áreas predominantes.

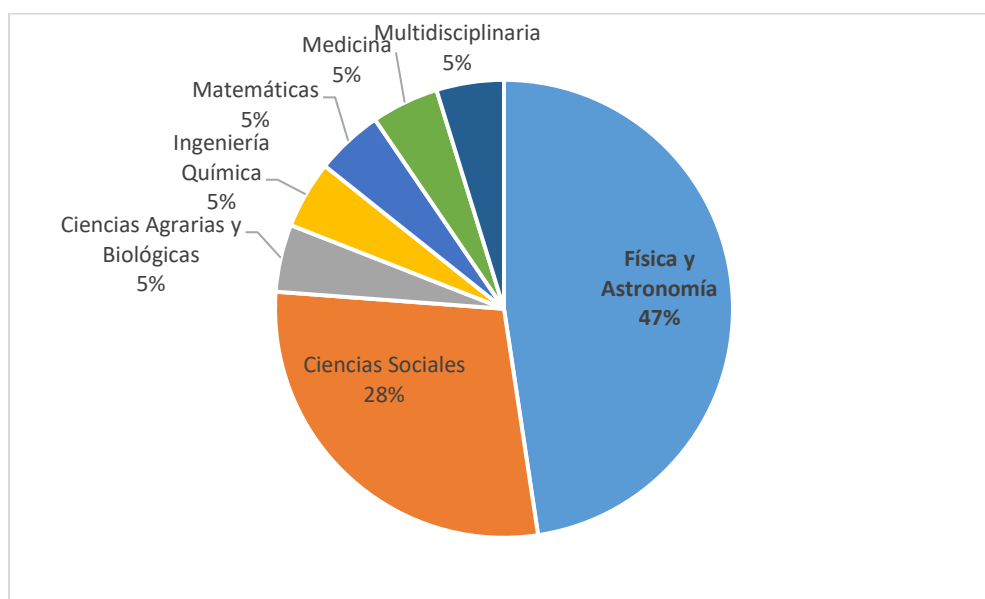


Figura 4 Tendencia de varias disciplinas

Tabla 4. Distribución de revistas y artículos por cuartil

Cantidad de Artículos	Revistas	Cuartil
1	Distance Education	Q1
2	European Journal of Physics	
1	Forensic Science, Medicine, and Pathology	
1	Particulate Science and Technology	Q2
4	Physics Education	
2	Romanian Reports in Physics	
1	Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C	
1	Revista Brasileira de Ensino de Fisica	Q4
1	Science and Technology Asia	
Total	14	

Artículos seleccionados por revista

Se observa que la publicación Physics Education es la que concentra la mayor cantidad de artículos, con un 29%, lo cual podría indicar una alta producción de investigaciones orientadas hacia la educación en física, quizás debido al interés en mejorar las metodologías y técnicas de enseñanza en esta área. Otras revistas como European Journal of Physics y Romanian Reports in Physics cuentan 15% cada una, reflejando un interés moderado en la divulgación y desarrollo de investigaciones en física general en revistas de enfoque europeo.

Por otro lado, las demás revistas tienen únicamente 7% de artículo, lo cual podría indicar una menor frecuencia de publicación en estas revistas dentro de los datos analizados. Esto sugiere que la elección de revista puede estar influenciada por el área específica de estudio o la visibilidad e impacto de la revista en la comunidad científica correspondiente.

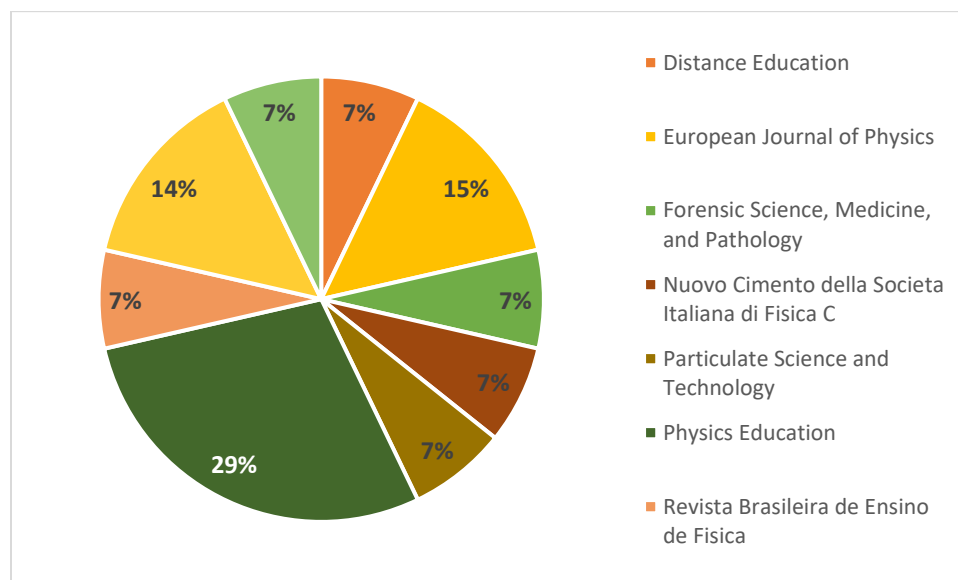


Figura 5 Artículos seleccionados por revista

Artículos incluidos en la revisión

En la siguiente tabla se muestran detalles importantes de los 14 artículos seleccionados.

Tabla 5. Artículos seleccionados

Nº	Autores	Título de la investigación	Experimentos	Descripción
1	Dam-O P., et al (2024)	Online physics laboratory course: United Kingdom Professional Standards Framework perspective from Walailak University, Thailand	El curso incluyó ocho experimentos sobre conceptos fundamentales de movimiento, electricidad, ondas y mecánica de fluidos	El estudio analiza un curso de laboratorio de física en línea para 254 estudiantes de ingeniería durante la pandemia de COVID-19, destacando el uso de pantalla compartida para fomentar colaboración. Se aborda su implementación exitosa, junto a desafíos como el compromiso estudiantil,

			recursos limitados y desarrollo de habilidades prácticas.
2	Aguilar-Marín P., et al (2023)	Tracker analysis of a low-cost experiment on a sphere rolling along a cycloidal track	Modelado del movimiento de una pequeña esfera de goma rodando por una pista cíclica
3	Teiermayer A., et al (2016)	Problems based on phenomena and experiments in secondary school involving a digital camera	Analizar películas que representen fenómenos físicos y videos de internet
4	Jaćimovski D., et al (2023)	Movement and velocity of a particle in an inverse fluidized bed	Velocidad de la partícula marcada se realizó en un lecho fluidizado inverso de partículas de polipropileno, polietileno y poliestireno
5	Onorato P., et al (2015)	Rolling motion: Experiments and simulations focusing on sliding friction forces	Dilucidar el papel de las fuerzas de fricción deslizante en la determinación/configuración del movimiento de rodadura.
			El estudio propone soluciones tipo Ansatz para ecuaciones de movimiento difíciles de resolver, basadas en datos experimentales con alta concordancia con el modelo. Se analiza la deformación en objetos en contacto y se comparan la fricción de deslizamiento y rodadura.
			El análisis de películas de fenómenos físicos permite diseñar problemas para lecciones y proyectos, fomentando la colaboración estudiantil en la creación de videos y búsqueda de contenido. Este enfoque aplica el método científico a problemas reales, promoviendo una comprensión más profunda de la física.
			Se utilizó Tracker Video Analysis para medir la velocidad media y la distancia en 2D, evaluando el impacto de la viscosidad del medio y la densidad de las partículas. Los resultados mostraron una distribución de velocidades tipo Maxwell y diferencias entre lechos fluidizados inversos y convencionales, proponiendo una correlación para calcular la velocidad media en lechos inversos.
			El estudio propone actividades para enseñar las fuerzas de fricción en el movimiento de rodado, combinando experimentos y simulaciones con Tracker y Algodoo. Dirigido a estudiantes de secundaria y universidad, los datos muestran que esta metodología mejora la

				comprensión del movimiento de rodado.
6	Chiriacescu B., et al (2020)	Arduino and tracker video – didactic tools for study of the kater pendulum physical experiment	Estudio del péndulo de Kater.	El artículo aborda el uso de Arduino con sensores y el software Tracker para estudiar el péndulo de Kater en un enfoque IBL-STEM. El experimento mide el período de oscilación para calcular la aceleración gravitacional, mostrando buena concordancia entre ambas herramientas.
7	Figueira J.S., et al (2015)	Resonance in coupled compasses; [Ressonância em bússolas acopladas]	Estudio de pequeñas oscilaciones de dos brújulas acopladas.	El estudio analiza las oscilaciones de dos brújulas acopladas, comparando sus frecuencias de resonancia con un modelo de osciladores masa-resorte. Se emplea el software Tracker para medir y analizar videos grabados en condiciones controladas.
8	LeSueur J., et al (2023)	Surface wave analysis of the skin for penetrating and non-penetrating projectile impact in porcine legs	Fragmentos de proyectiles de alta velocidad	El estudio analiza la penetración y propiedades biomecánicas de la piel usando proyectiles esféricos lanzados a piernas de cerdo. Se evaluaron materiales y velocidades de impacto, encontrando que proyectiles no penetrantes generan ondas superficiales más rápidas, mejorando la cuantificación de propiedades mecánicas para modelos computacionales.
9	Poonyawatpornkul J., et al (2013)	High-speed video analysis of damped harmonic motion	Un sistema de masa-resorte que oscila en glicerina a diferentes temperaturas	El estudio utiliza Tracker a 120 fps para analizar oscilaciones armónicas amortiguadas, mostrando gráficamente la relación entre frecuencia angular y constante de amortiguamiento. Se determinan factores de calidad y se evidencia la disipación de energía por viscosidad, proponiéndolo como material educativo sobre este fenómeno.

10	Suárez H.J.H., et al (2020)	Two blocks connected by a string with variable tension: A dynamic case	Un sistema formado por dos bloques conectados por una cuerda sobre una polea lisa.	El estudio resuelve la ecuación de movimiento con Mathematica y mide experimentalmente la posición vertical en función del tiempo usando Tracker. Se ajusta la relación y vs t con un polinomio de grado seis, obteniendo un error relativo promedio del 3.61% entre teoría y experimentación.
11	Onorato P., et al (2012)	Investigating the magnetic interaction with Geomag and Tracker Video Analysis: Static equilibrium and anharmonic dynamics	Interacción magnética	El estudio propone experimentos simples y económicos para explorar interacciones magnéticas con Tracker, analizando el equilibrio de imanes y oscilaciones anarmónicas. Los resultados muestran que la fuerza magnética sigue una ley de potencia inversa, siendo ideales para cursos de física en secundaria y universidad.
12	Molina-Bolívar J.A., et al (2014)	Determination of the static friction coefficient from circular motion	Describe un ejercicio de laboratorio de física para determinar el coeficiente de fricción estática entre dos superficies, utilizando el movimiento circular de una moneda en un plato giratorio.	El experimento utiliza video a 240 fps y Tracker para modelar el movimiento y calcular el coeficiente de fricción estática. Con materiales simples, permite abordar conceptos clave del movimiento circular y las fuerzas de fricción, facilitando su comprensión en cursos de física.
13	Poonyawatpornkul J., et al (2022)	Oscillation of Full and Partial Ring Pendulum: Physics Laboratory Experiment	Investigación del péndulo de anillo	El estudio analiza cinco péndulos de anillos completos y parciales con video a 120 fps y Tracker, calculando la gravedad, el momento de inercia y el período de oscilaciones. Los resultados revelan que el período es independiente de la longitud de la circunferencia, facilitando la visualización y comprensión de principios físicos.
14	Poonyawatpornkul J., et al (2015)	High-speed video analysis of a rolling disc in three dimensions	Movimiento de discos en rodadura	Se capturaron videos en 3D a 240 fps para analizar discos en rodadura pura con Tracker, obteniendo tasas de precesión

con desviaciones de 3.43% y 2.50% respecto a valores teóricos. Se determinó el momento angular y se observó una trayectoria espiral debido a la fricción y desaceleración.

DISCUSIÓN

La revisión sistemática evidencia que la herramienta Tracker, empleada para el análisis de video y el estudio del movimiento de objetos, contribuye significativamente a mejorar la comprensión de conceptos físicos complejos en estudiantes de física. Los hallazgos principales sugieren que Tracker facilita un aprendizaje más práctico e interactivo, lo cual ayuda a los estudiantes a conectar la teoría con la práctica. Los estudios muestran que, en comparación con métodos tradicionales, Tracker tiene un impacto positivo en el rendimiento académico y en la habilidad de los estudiantes para aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas, principalmente en áreas como la mecánica, la termodinámica y el análisis de movimiento. Además, la alta proporción de publicaciones en inglés (93%) indica una tendencia de difusión global que apoya su adopción en distintas instituciones académicas.

Existen varias limitaciones en esta revisión. En primer lugar, aunque la base de datos principal utilizada fue Scopus, el número de estudios seleccionados (14 artículos) es limitado, lo cual puede afectar la representatividad y generalización de los resultados. Otro aspecto a considerar es la variabilidad en la metodología de los estudios incluidos, que utilizaban diferentes configuraciones experimentales y niveles de complejidad, lo que podría influir en la efectividad percibida de Tracker. Además, la revisión destaca que la mayoría de los estudios se concentran en un número reducido de disciplinas, limitando la posibilidad de explorar la efectividad de Tracker en otros contextos educativos. Finalmente, la predominancia de publicaciones en inglés limita el acceso a estudios en otros idiomas, especialmente en países donde el inglés no es el idioma principal, lo que podría implicar un sesgo lingüístico.

La revisión concluye que el uso de Tracker como herramienta didáctica en la enseñanza de la física universitaria representa un recurso valioso para mejorar la comprensión y el rendimiento académico de los estudiantes. Las implicaciones de

estos hallazgos sugieren que Tracker es eficaz para transformar el aprendizaje teórico en un enfoque experimental activo, lo cual es crucial en la educación de ciencias. Sin embargo, para promover una implementación más amplia y efectiva, es necesario realizar estudios adicionales que analicen su aplicabilidad en otros contextos y en diferentes idiomas, así como el desarrollo de guías prácticas para su uso pedagógico. Además, se recomienda una mayor diversificación de las áreas temáticas en futuras investigaciones para evaluar su potencial en disciplinas relacionadas y fortalecer la evidencia sobre su impacto en el aprendizaje experimental.

CONCLUSIÓN

Esta revisión sistemática ha demostrado que la herramienta Tracker es un recurso valioso en la enseñanza de la física a nivel universitario, facilitando un aprendizaje más interactivo y práctico que mejora la comprensión de conceptos complejos y el rendimiento académico de los estudiantes. Los estudios revisados muestran que el uso de Tracker permite a los estudiantes conectar la teoría con la práctica de forma accesible y efectiva, fomentando un aprendizaje activo y experimental que es fundamental para el desarrollo de competencias científicas.

A pesar de sus beneficios, se identificaron limitaciones en el corpus de estudios analizados, como la falta de investigaciones en idiomas diferentes al inglés y la concentración en un número reducido de áreas temáticas. Estos factores limitan la comprensión completa de su efectividad y su adaptabilidad en contextos educativos diversos. En este sentido, futuras investigaciones deberían enfocarse en expandir el análisis del impacto de Tracker en otras disciplinas científicas y en diversos entornos culturales y lingüísticos, lo cual ayudaría a diversificar el conocimiento sobre su aplicabilidad y eficacia.

En términos de aplicaciones prácticas, sería beneficioso desarrollar guías pedagógicas que detallen cómo incorporar Tracker en diferentes niveles y contextos educativos, así como estudios que evalúen su efecto a largo plazo en el aprendizaje de los estudiantes. Con estos esfuerzos, la comunidad académica podría establecer un marco más robusto para la adopción de herramientas de análisis de video en la enseñanza de la física y otras ciencias, fomentando un aprendizaje experimental significativo y accesible para una mayor variedad de estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Marín P.; Rojas-Alegría G.; Morgan-Cruz C.; Chavez-Bacilio M. (2023). TRACKER ANALYSIS OF A LOW-COST EXPERIMENT ON A SPHERE ROLLING ALONG A CYCLOIDAL TRACK. *Romanian Reports in Physics*, 75(1).
- Castro, L. A. V., & Paredes-Águila, J. A. (2024). Revisión sistemática sobre los desafíos que enfrenta el desarrollo e integración de las tecnologías digitales en el contexto escolar chileno, desde la docencia. *Región Científica*, 3(1), 2024226-2024226.
- Chiriacescu B.; Chiriacescu F.S.; Miron C.; Berlic C.; Barna V. (2020). Arduino and tracker video – didactic tools for study of the kater pendulum physical experiment. *Romanian Reports in Physics*, 72(1), 1-14.
- Cordeiro, A. L. (2019). O software tracker: uma ferramenta educacional para potencializar o ensino de física. *Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA*, 20(2). doi: <https://doi.org/10.36977/ercct.v20i2.301>
- Dam-O P.; Sirisathitkul Y.; Eadkhong T.; Srivaro S.; Sirisathitkul C.; Danworaphong S. (2024). Online physics laboratory course: United Kingdom Professional Standards Framework perspective from Walailak University, Thailand. *Distance Education*, 45(1), 122-140. <https://doi.org/10.1080/01587919.2023.2209034>
- Figueira J.S. (2015). Resonance in coupled compasses; [Ressonância em bússolas acopladas]. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(1), 1302 <https://doi.org/10.1590/S1806-11173711614>
- Guamán, A. V. R., Cumbicos, K. M. C., Palacios, H. F. M., & Peralta, S. R. T. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa efectiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1488-1496. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6291
- Hake, R. R. (1998). "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses." *American Journal of Physics*, <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Jaćimovski D.; Šučurović K.; Đuriš M.; Arsenijević Z.; Bošković-Vragolović N. (2023). Movement and velocity of a particle in an inverse fluidized bed.

- Particulate Science and Technology, 41(4), 484-495.
<https://doi.org/10.1080/02726351.2022.2119625>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering." Technical Report EBSE 2007-01, Keele University.
- Kozhevnikov, M., Motes, M. A., & Hegarty, M. (2007). Spatial visualization in physics problem-solving. *Cognitive Science*, 31(4), 549-579.
<https://doi.org/10.1080/15326900701399897>
- LeSueur J.; Hampton C.; Koser J.; Chirvi S.; Pintar F.A. (2023). Surface wave analysis of the skin for penetrating and non-penetrating projectile impact in porcine legs. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 19(1), 34-43.
<https://doi.org/10.1007/s12024-022-00521-1>
- Molina-Bolívar J.A.; Cabrerizo-Vílchez M.A. (2014). Determination of the static friction coefficient from circular motion. *Physics Education*, 49(4), 400
<https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/4/400>
- Onorato P.; Mascheretti P.; Deambrosis A. (2012). Investigating the magnetic interaction with Geomag and Tracker Video Analysis: Static equilibrium and anharmonic dynamics. *European Journal of Physics*, 33(2), 385.
<https://doi.org/10.1088/0143-0807/33/2/385>
- Onorato P.; Malgieri M.; De Ambrosis A. (2015). Rolling motion: Experiments and simulations focusing on sliding friction forces. *Nuovo Cimento della Societa Italiana di Fisica C*, 38(3) <https://doi.org/10.1393/ncc/i2015-15107-1>
- Poonyawatpornkul J.; Wattanakasiwich P. (2013). High-speed video analysis of damped harmonic motion. *Physics Education*, 48(6), 782.
<https://doi.org/10.1088/0031-9120/48/6/782>
- Poonyawatpornkul J.; Mangmee K.; Methakeson O. (2022). Oscillation of Full and Partial Ring Pendulum: Physics Laboratory Experiment. *Science and Technology Asia*. 27(3) 85-95. doi: 10.14456/scitechasia.2022.47
- Poonyawatpornkul J.; Wattanakasiwich P. (2015). High-speed video analysis of a rolling disc in three dimensions. *European Journal of Physics*, 36(6), 065027. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/36/6/065027>
- Pratidhina, E., Rosana, D., & Kuswanto, H. (2021). Implementation of a tracker-assisted modeling activity in an online advanced physics experiment course.

J. Educ. e-Learning Res, 8(2), 222-229. DOI:
10.20448/journal.509.2021.82.222.229.

Suárez H.J.H.; Machado-Higuera M.; Muñoz J.H. (2020). Two blocks connected by a string with variable tension: A dynamic case. *Physics Education*, 55(5), 055022 <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab9956>

Teiermayer A. (2016). Problems based on phenomena and experiments in secondary school involving a digital camera. *Physics Education*, 51(6), 063002. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/063002>

Villacreses-Zambrano, J. P., Rosado-Cusme, K. A., & Cevallos-Reyes, C. B. (2024). Tracker para la enseñanza de la Física I: una experiencia con estudiantes de educación superior. *MQRInvestigar*, 8(3), 5765-5779. DOI: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.5765-5779>

Conflicto de intereses

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:

