

Tracker for teaching Physics I: an experience with higher education students

Tracker para la enseñanza de la Física I: una experiencia con estudiantes de educación superior

Autores:

Ing. Villacreses-Zambrano, José Paúl
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ingeniero en Informática
Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales mención Matemática y Física
Maestrante
Portoviejo – Manabí - Ecuador



jvillacreses3827@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0003-6561-947X>

Ing. Rosado-Cusme, Kelvin Agustín Mgtr.
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX
LÓPEZ – ESPAM MFL
Ingeniero Mecánico, Magíster en Enseñanza de la Física
Docente de la carrera de Computación, Unidad de Ciencias Básicas
Tutor Académico
Calceta - Manabí - Ecuador



krosado@espam.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-1511-6682>

Ing. Cevallos-Reyes, César Bernabé Mgtr.
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX
LÓPEZ – ESPAM MFL
Ingeniero Mecánico, Magíster en Enseñanza de la Física
Docente de la carrera de Agroindustria, Unidad de Ciencias Básicas
Cotutor Académico
Calceta - Manabí - Ecuador



ccevallos@espam.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0008-1821-357X>

Fechas de recepción: 15-AGO-2024 aceptación: 15-SEP-2024 publicación: 30-SEP-2024



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

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

Este estudio analiza el impacto del uso de Tracker Video Analysis en la enseñanza de la física, específicamente en colisiones, en estudiantes de educación superior. En el contexto ecuatoriano, la integración tecnológica en el aula sigue siendo limitada debido a la falta de recursos y capacitación docente. Para abordar esta problemática, se realizó un estudio cuantitativo experimental con 48 estudiantes de ingeniería en la asignatura Física I. El grupo experimental utilizó Tracker, mientras que el grupo de control empleó el método tradicional de enseñanza. Los resultados mostraron un mejor rendimiento en el grupo experimental en la comprensión de conceptos, con diferencias estadísticamente significativas en las evaluaciones finales. Tracker facilitó una experiencia de aprendizaje más interactiva, permitiendo a los estudiantes analizar visualmente las colisiones y desarrollar habilidades analíticas críticas. Los hallazgos demuestran que Tracker es una herramienta accesible y efectiva para mejorar la enseñanza de la física, fomentando una comprensión conceptual profunda y duradera.

Palabras clave: Enseñanza de la física; colisiones; educación superior; Tracker Video Analysis (TVA)



Abstract

This study analyzes the impact of using Tracker Video Analysis in physics education, specifically in the study of collisions, among higher education students. In the Ecuadorian context, technological integration in the classroom remains limited due to a lack of resources and teacher training. To address this issue, a quantitative experimental study was conducted with 48 engineering students enrolled in a Physics I course. The experimental group used Tracker, while the control group used the traditional teaching method. The results showed that the experimental group performed better in concept comprehension, with statistically significant differences in the final evaluations. Tracker facilitated a more interactive learning experience, allowing students to visually analyze collisions and develop critical analytical skills. The findings demonstrate that Tracker is an accessible and effective tool for enhancing physics education, fostering deep and lasting conceptual understanding.

Keywords: Physics education; collisions; higher education; Tracker Video Analysis (TVA)



Introducción

En la educación actual, marcada por la innovación tecnológica y la necesidad de adaptarnos a los cambios, es indispensable integrar los recursos tecnológicos que han surgido en los últimos años como instrumentos para mejorar diversas actividades diarias. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han impulsado a las universidades en diversos ámbitos económicos, educativos e industriales a transformar radicalmente sus metodologías de enseñanza y las herramientas utilizadas en el proceso educativo (Acuña Acuña, 2022).

La educación en el siglo XXI exige un plan de estudios que apoye el desarrollo de la ciencia y la tecnología (Asrizal et al., 2022). Estos procesos educativos están centrados en lograr la atención de los estudiantes y permitir su desarrollo integral con rapidez y eficiencia, por eso se considera que la implementación de las TIC en los procesos de formación es de suma importancia (Pinargote et al., 2024). A medida que las TIC avanzan, las instituciones de educación superior están a la vanguardia al incorporar las más recientes herramientas tecnológicas con el fin de mejorar la calidad, eficiencia, efectividad y flexibilidad del aprendizaje (Pardo-Cueva et al., 2020).

En el contexto ecuatoriano, la educación ha experimentado cambios curriculares que benefician la enseñanza de las ciencias y activan la motivación, integración y trabajo en equipo en estudiantes de diferentes niveles educativos. Sin embargo, aún existen debilidades en la implementación de tecnologías en el aula, bien sea por falta de recursos técnicos en algunas instituciones o la falta de capacitación oportuna y adecuada en la formación docente (Lino et al., 2024).

Estos elementos han impedido que se incorporen las herramientas de TIC de forma efectiva en todos los escenarios educativos (Torres Vargas et al., 2020). En este sentido, la utilización diaria de las tecnologías por los estudiantes implica asumir retos y responsabilidades distintas, como una necesidad para enriquecer y fortalecer el modelo tradicional de enseñanza a un modelo más innovador de aprendizaje, representando un cambio de enfoque en beneficio de las nuevas generaciones (López Dominguez y Carmona Vazquez, 2017).

Una de las asignaturas más destacada en los niveles superiores de la educación secundaria y los inicios de la educación universitaria es la física, que involucra importantes conceptos necesarios para los futuros profesionales en diferentes disciplinas. Según (Young y Freedman, 2013) la Física es una ciencia experimental, por tanto, es la base de toda la ingeniería y la tecnología. Además, no se limita a la imaginación, pues requiere de la práctica y la observación para adentrarse en el mundo real a través de la experimentación. Por lo tanto,



el uso de recursos manipulativos de laboratorio, son pilares fundamentales del aprendizaje de esta asignatura y ofrecen una alternativa viable para la comprensión de conceptos y problemas asociados a la física (Rahman Aththibby y Kuswanto, 2021).

Según (Ramadhanti* et al., 2021) las actividades prácticas son importantes para el desarrollo de habilidades en los estudiantes, tanto dentro como fuera del laboratorio. Una de las actividades prácticas experimentales comunes en la física es el estudio del movimiento, en particular la cinemática de la mecánica clásica, y para este propósito, se utilizan diferentes recursos como la generación de actividades manipulativas donde el estudiante se involucra con los equipos y materiales para evaluar el funcionamiento de distintos elementos que componen la temática de estudio. Además de esto, también existen diferentes herramientas de software que sirven de apoyo para el análisis de conceptos y fenómenos físicos, entre los que se pueden mencionar, Matlab, Phyton, GeoGebra y Tracker Video Analysis (TVA).

Con estas premisas, este trabajo plantea el uso de la herramienta de software Tracker Video Analysis para el estudio y comprensión de momento lineal, impulso y colisiones. Tracker es una aplicación gratuita de análisis y modelado de vídeo desarrollada por Open Source Physics (OSP) bajo el marco Java (Brown et al., 2024). TVA funciona rastreando el movimiento de un objeto en un video, descomponiéndolo en fotogramas individuales. Esta información permite analizar el movimiento del objeto y descubrir las relaciones entre las variables que se desea conocer (Rizki et al., 2021).

Esta aplicación es útil para experimentos que carecen de equipamiento de laboratorio o tienen acceso limitado al mismo (Asrizal et al., 2022). Para (Rahman Aththibby y Kuswanto, 2021) el uso de los dispositivos móviles también ofrece una alternativa para superar la limitación de equipamiento y recursos en el laboratorio, que ha sido un desafío hasta el momento. Al incorporar la tecnología en las actividades prácticas, también se brinda apoyo adicional a los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Además, los dispositivos móviles pueden servir como herramientas de medición al integrar sensores, lo que facilita la realización de una variedad de mediciones.

Se han realizado varias investigaciones sobre el impacto que tiene la utilización del análisis de video en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física. Estos estudios incluyen el movimiento armónico amortiguado para determinar el coeficiente de viscosidad del fluido (Mukharomah et al., 2021), el análisis del movimiento de gatos saltadores (Ramadhanti* et al., 2021), estudio en las oscilaciones de péndulos acoplados (Trocaru et al., 2020), el movimiento del péndulo simple (Bhakat et al., 2024) y la efectividad de respuestas de actividades experimentales de cinemática (Rizki et al., 2021).



Por lo tanto, este trabajo busca determinar cómo incide la utilización de la aplicación Tracker en la enseñanza de la mecánica clásica, en el tópico de momento lineal, impulso y colisiones para estudiantes de educación superior.

Material y métodos

La investigación es de enfoque cuantitativo de diseño experimental, en el que se analizan variables relacionadas con la implementación del software Tracker Video Analysis en la enseñanza de colisiones, se trabajó con dos grupos: uno experimental y otro de control. En el grupo experimental, se utilizó Tracker Video Analysis, mientras que en el grupo de control se empleó el método tradicional.

Se recolectaron datos de 48 estudiantes matriculados en el primer nivel del área de ingeniería en la asignatura de Física I, de una universidad pública del Ecuador durante el primer período académico 2024. La muestra se dividió en dos paralelos: el paralelo A, conformado por 24 estudiantes, fue asignado como grupo experimental, en el cual se utilizó el software Tracker Video Analysis como herramienta didáctica en la enseñanza de la Física I. El paralelo B, compuesto por 24 estudiantes, recibió la misma instrucción mediante el aprendizaje tradicional (sin el uso de Tracker). El estudio tuvo una duración de dos semanas, con un total de 6 horas de clase divididas en 3 sesiones. Para la actividad práctica se desarrolló un taller teórico-práctico dividido en tres partes:

a) Explicación teórica demostrativa

Durante la primera sesión, se inició el taller con una clase magistral teórica-demostrativa en la que se presentaron y discutieron los conceptos fundamentales de choques elásticos, características y ecuaciones claves relacionadas con el momento lineal, el impulso, la conservación del momento lineal y la energía cinética. En la tabla 1, se expresan las ecuaciones utilizadas en las colisiones.

Tabla 1

Ecuaciones utilizadas en las colisiones

Variable	Ecuación
Momento lineal (p) [$kg \cdot \frac{m}{s}$]	$p = m \cdot v$
Impulso (I) [$kg \cdot \frac{m}{s}$]	$I = F \cdot \Delta t$



Conservación del momento lineal [$kg \cdot \frac{m}{s}$]

$$p_{inicial} = p_{final}$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

Conservación de la energía cinética [J]

$$K_i = K_f$$

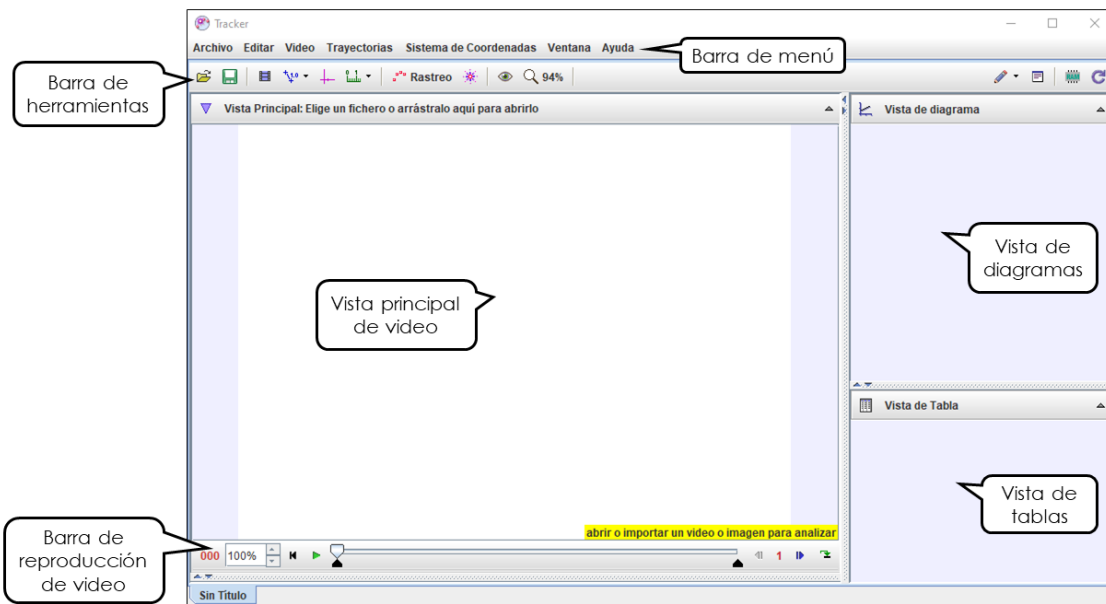
$$m_1 v_{1i}^2 + m_2 v_{2i}^2 = m_1 v_{1f}^2 + m_2 v_{2f}^2$$

Fuente: Elaboración propia

Los estudiantes recibieron esta información de forma estructurada, lo que facilitó la comprensión de los conceptos fundamentales.

Además, se ofreció una breve introducción al uso didáctico de la herramienta Tracker, destacando sus comandos básicos como se muestra en la figura 1. Para facilitar el aprendizaje autónomo, se compartieron videos tutoriales con los estudiantes para que se familiarizaran rápidamente con el software.

Figura 1
Interfaz del Tracker Video Analysis



Fuente: Elaboración propia

b) Trabajo en grupo

En la segunda parte del taller, se organizaron 6 subgrupos de 4 estudiantes, a quienes se les asignaron diferentes temas relacionados con colisiones. Utilizando una mesa de billar en el aula, los subgrupos grabaron videos de los experimentos, con 2 integrantes de cada subgrupo registrando los choques entre masas iguales y masas diferentes utilizando las cámaras de sus teléfonos móviles. En la figura 2 se muestran fotografías de la escena del experimento.

Figura 2

Toma de datos del experimento



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente sesión, los estudiantes comenzaron a utilizar el software Tracker en el laboratorio informático. Cada subgrupo trabajó en base a una hoja de trabajo proporcionada por el profesor, recopilando datos del análisis de cada caso y respondiendo las preguntas de la hoja. En la figura 3 se visualiza el trabajo en equipo y el uso del software Tracker.

Figura 3

Trabajo en equipo y uso del software Tracker



Fuente: Elaboración propia

c) Presentación de resultados de la experiencia

Durante la tercera parte del taller, y como última sesión, cada subgrupo presentó sus resultados mediante exposiciones sobre los casos asignados, así mismo, compartieron sus experiencias al usar la herramienta Tracker. Como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Presentación de los resultados obtenidos con el uso del software Tracker



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación final compuesta por 13 preguntas relacionadas con la actividad experimental. Esta evaluación permitió determinar si se habían alcanzado los objetivos de aprendizaje y si los estudiantes habían adquirido las habilidades y conocimientos esperados.

Finalmente, los resultados de la evaluación fueron tabulados y sometidos a un análisis estadístico descriptivo, seguido de una prueba t de Student para comparar las medias de ambos grupos y establecer la relación entre ellas.

Resultados

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación final aplicada a los dos grupos, experimental y de control. Los datos muestran una clara diferencia en el desempeño entre el Grupo P y el Grupo C.

Tabla 2
Estadísticos descriptivos de la evaluación final.

Metodología	Media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo	Más de 5 pts.
Grupo C	3.686	1.283	1.645	0.769	3.846	6.154	13%
Grupo P	4.904	1.826	3.335	1.538	5.000	7.692	50%

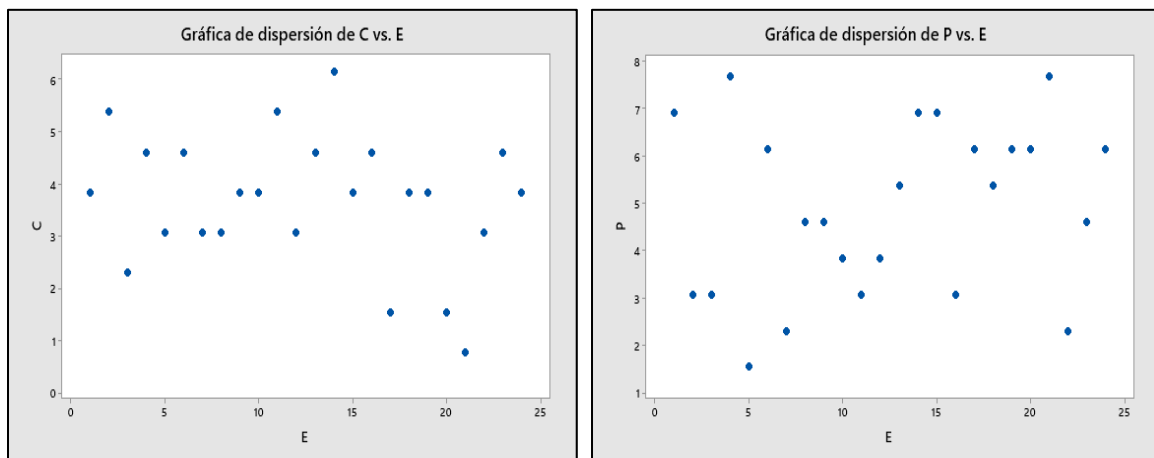
Fuente: Elaboración propia

Grupo P: El promedio de la evaluación final fue de 4.904 puntos con una desviación estándar de 1.826. El 50% de los participantes obtuvo una calificación superior a 5 puntos.

Grupo C: El promedio de la evaluación final fue de 3.686 puntos con una desviación estándar de 1.283. Solo el 13% de los participantes superó los 5 puntos.

Figura 5

Gráficas de dispersión de los datos respecto al número de estudiantes



Fuente: Elaboración propia



Las gráficas de dispersión de la figura 5 muestran total aleatoriedad en la variable respuesta respecto a la variable E que representa el número de estudiantes tomado para el estudio, lo que sugiere que existen condiciones para una distribución normal en los datos.

Además, se realizó una prueba t de Student para comparar los promedios de ambos grupos, efectuando inicialmente para confirmar o rechazar el supuesto de igualdad de varianzas, la prueba de igualdad utilizando el método F, más exacto para datos normales, de donde se obtuvo una relación estimada de 1.423, con un intervalo de (0.936; 2.164) al 95% de confianza, resultando un valor p de 0.097. Cuando $p < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula que supone que no hay diferencia, en este caso no se rechaza y se asume igualdad de varianzas. Al pasar a la prueba de medias se obtuvo una diferencia de 1.218, con un intervalo de (0.301; 2.135) al 95% de confianza, resultando un valor p de 0.01, en este caso rechazamos la hipótesis nula que supone que no hay diferencia y decimos que las medias son diferentes.

En la figura 6 que se muestra a continuación, muestra con color amarillo el patrón ideal de respuesta y con barras color azul transparente la proporción porcentual correspondiente al número de estudiantes que escoge una respuesta, con las letras C y P se identifican las respuestas del Grupo C y Grupo P.

Figura 6
Proporción de respuestas por cada pregunta

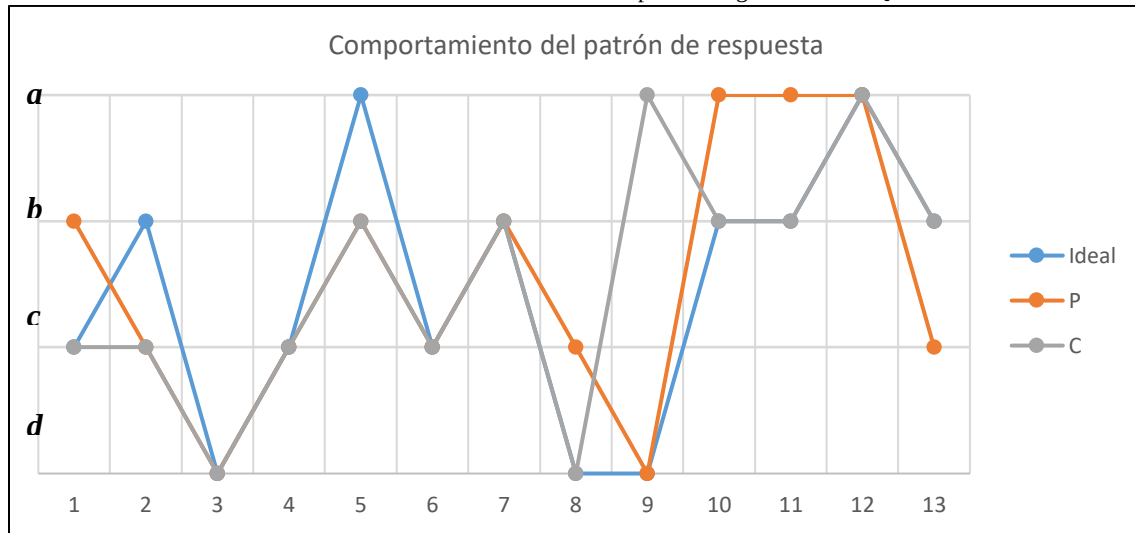
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
aP	4	0	2	2	6	3	4	1	7	11	6	11	4
aC	1	3	1	5	5	1	2	4	12	2	6	21	6
bP	5	6	0	3	9	1	6	6	1	2	2	5	4
bC	7	8	1	4	11	4	13	3	1	10	7	1	6
cP	4	7	1	10	0	11	6	6	1	3	3	1	6
cC	9	11	2	15	5	17	7	3	4	4	4	2	6
dP	4	4	13	2	2	2	1	4	8	2	5	0	3
dC	6	2	20	0	3	2	2	14	7	8	7	0	6

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 siguiente se observa el comportamiento del patrón de respuesta de cada uno de los grupos en contraste con el ideal, donde se observa que el comportamiento del patrón generalizado de respuesta obtenido en por cada grupo presenta un comportamiento similar al patrón ideal coincidiendo incluso en algunos casos.

Figura 7
Comportamiento del patrón de respuestas respecto al ideal





Fuente: Elaboración propia

Discusión

Los resultados obtenidos indican una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos, lo que sugiere que la intervención aplicada al Grupo P tuvo un impacto positivo en el desempeño académico en comparación con el Grupo C. La diferencia en los promedios de calificaciones, junto con el análisis estadístico ($p < 0.05$), confirma que la variabilidad en los resultados no es aleatoria, sino que responde a las condiciones específicas de la intervención.

Estos hallazgos están en línea con estudios previos, como los de Ramadhanti et al. (2021), que también encontraron mejoras significativas en el rendimiento académico cuando se implementaban técnicas de enseñanza basadas en el enfoque experimental. Sin embargo, algunas diferencias pueden deberse a variables externas no controladas, como la motivación individual de los participantes o el entorno de aprendizaje.

Es importante destacar que, aunque el Grupo P obtuvo mejores resultados, el rango de mejora podría ampliarse con una mayor duración de la intervención. Además, futuras investigaciones podrían considerar un mayor número de participantes o la inclusión de otras variables que pudieran influir en el rendimiento académico, como el uso de tecnologías educativas o la evaluación de la carga cognitiva.

Finalmente, las limitaciones de este estudio, como el tamaño de la muestra y la homogeneidad de los grupos, deben ser tenidas en cuenta al generalizar los resultados.



Conclusiones

El trabajo realizado demuestra que la incorporación de tecnologías como el software Tracker Video Analysis (TVA) fortalece el aprendizaje experimental de la física, especialmente en el estudio de las colisiones. Los resultados indican que el uso del Tracker tiene un impacto positivo y significativo en el aprendizaje de los estudiantes. El grupo experimental, que empleó la herramienta Tracker, mostró una comprensión más profunda de conceptos clave como el momento lineal, el impulso, y las colisiones, en comparación con el grupo de control, que siguió un método tradicional de enseñanza.

Al ser un programa gratuito y de fácil acceso, Tracker no solo permitió a los estudiantes observar los fenómenos de colisiones de manera visual, sino que también les brindó una valiosa oportunidad para desarrollar habilidades analíticas. Estas incluyen la interpretación de gráficos, la identificación de variables clave, y el análisis de datos experimentales mediante la validación de la información registrada en los videos. Este enfoque práctico no solo mejoró la comprensión conceptual, sino que también facilitó una mayor retención de los conceptos, como se reflejó en los resultados positivos obtenidos en la evaluación final.

Referencias bibliográficas

- Acuña Acuña, E. G. (2022). Análisis del impacto de las TIC en la educación superior en Latinoamérica. *EDUTECH REVIEW. International Education Technologies Review / Revista Internacional de Tecnologías Educativas*, 9(1), 15–29. <https://doi.org/10.37467/gkarevedutech.v9.3277>
- Asrizal, Pratiwi, T., & Yohandri. (2022). Tool modelling system of atwood machine with remote control of released objects for tracker video analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2309(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012043>
- Bhakat, P., Chakraborty, S., & Mandal, P. (2024). Tracking the Motion of a Simple Pendulum with Tracker. *Resonance*, 29(8), 1085–1093. <https://doi.org/10.1007/s12045-024-1085-2>
- Brown, D., Christian, W., & Hanson, R. M. (2024). Tracker Video Analysis and Modeling Tool for Physics Education. <https://physlets.org/tracker/>
- Lino-Calle, V., Barberán-Delgado, J., Lopez-Fernández, R., & Gómez-Rodríguez, V. (2023). Analítica del aprendizaje sustentada en el Phet Simulations como medio de enseñanza en la asignatura de Física. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 7(3), 2297–2322. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.2297-2322>



- López Dominguez, H., & Carmona Vazquez, H. (2017). El uso de las TIC y sus implicaciones en el rendimiento de los alumnos de bachillerato. Un primer acercamiento. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(1), 21–38. <https://doi.org/10.14201/eks20171812138>
- Mukharomah, F., Mutiarani, A., Supiyadi, S., & Sulhadi, S. (2021). Gerak Harmonik Teredam Untuk Menentukan Koefisien Viskositas Fluida Berbantuan Software Tracker Video. *WaPfi (Wahana Pendidikan Fisika)*, 6(1), 17–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.17509/wapfi.v6i1.32385>
- Pardo-Cueva, M., Chamba-Rueda, L. M., Higuerey Gómez, Á., & Jaramillo-Campoverde, B. G. (2020). Las TIC y rendimiento académico en la educación superior: Una relación potenciada por el uso del Padlet. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 28, 934–944.
- Pinargote, J., Lino, V., & Vera, B. (2024). Python en la enseñanza de las Matemáticas para estudiantes de nivelación en Educación Superior. *MQRInvestigar*, 8(3), 3966–3989. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.3966-3989>
- Rahman Aththibby, A., & Kuswanto, H. (2021). Experiments in Physics Learning in the COVID-19 Era: Systematic Literature Review. *Proceedings of the 7th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences (ICRIEMS 2020)*, 458–464. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210305.067>
- Ramadhanti*, D., Kuswanto, H., Hestiana, H., & Azalia, A. (2021). Penggunaan Analisis Video Gerak Kucing Melompat Berbantuan Aplikasi Tracker Sebagai Kegiatan Praktikum Mandiri Materi Gerak pada Peserta Didik SMP. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(3), 459–470. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i3.20547>
- Rizki, I. A., Citra, N. F., Saphira, H. V., Setyarsih, W., & Putri, N. P. (2021). EKSPERIMEN DAN RESPON MAHASISWA TERHADAP PRAKTIKUM FISIKA NON-LABORATORIUM MENGGUNAKAN APLIKASI TRACKER VIDEO ANALYSIS UNTUK PERCOBAAN KINEMATIKA GERAK. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 6(2), 77–89. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v6i2.12640>
- Torres Vargas, R., Segobia Ocaña, M., & Calderón Suárez, D. (2020). Impacto de las TIC en la enseñanza – aprendizaje de las ciencias experimentales en el bachillerato. *Revista Ciencia e Investigación*, 5(1), 2528–8083. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3598500>
- Trocaru, S., Berlic, C., Miron, C., & Barna, V. (2020). USING TRACKER AS VIDEO ANALYSIS AND AUGMENTED REALITY TOOL FOR INVESTIGATION OF THE OSCILLATIONS FOR COUPLED PENDULA. In *Romanian Reports in Physics (Vol. 72)*. <http://www.rrp.nipne.ro>.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2013). *Física universitaria: Vol. Vol. 1 (13th ed.)*. Pearson.

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:

Los autores expresan su agradecimiento a los estudiantes de ingeniería de la universidad
que colaboraron en la investigación.

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

