

Comparación del simulador PhET Colorado versus la metodología tradicional apoyadas en la analítica del aprendizaje en la enseñanza de la Física

Comparison of the PhET Colorado Simulator Versus Traditional Strategy Supported by Learning Analytics in Physics Education

David Alejandro Ramón Torres

Maestría en educación, con mención en pedagogía en Entornos Digitales
Universidad Bolivariana del Ecuador
<https://orcid.org/0009-0009-9387-0171>
daramont@ube.edu.ec

Mayra Pomaquero Yuquilema

Maestría en educación, con mención en pedagogía en Entornos Digitales
Universidad Bolivariana del Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-5838-4743>
pym@ube.edu.ec

Raúl López Fernández

Doctor en Ciencias Pedagógicas (CESOC)
Universidad Bolivariana del Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-5316-2300>
rlopezf@ube.edu.ec

Rafael Antonio Sorhegui Ortega

Doctor en Ciencias Económicas
Universidad Bolivariana del Ecuador
rasorheguio@ube.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7882-5246>

Resumen

La enseñanza de la Física en el nivel de bachillerato enfrenta dificultades, especialmente en la comprensión de conceptos abstractos como velocidad y aceleración. Tradicionalmente,



Imaginario Social
Entidad editora
REDICME (reg-red-18-0061)

e-ISSN: 2737-6362
julio-diciembre Vol. 8-3-2025
<http://revista-imaginariosocial.com/index.php/es/index>

Recepción: 16 de febrero de 2025
Aceptación: 18 de marzo de 2025

1-18

Atribución/Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 4.0 Licencia Pública Internacional — CC

BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.es>

la enseñanza se ha basado en la memorización de fórmulas y la resolución mecánica de ejercicios, limitando la aplicación práctica del conocimiento. Este estudio tuvo como objetivo comparar, con el apoyo de la analítica del aprendizaje, el uso de una metodología tradicional y el recurso didáctico digital Simulador PhET Colorado en la enseñanza de la Física, específicamente en los conceptos de velocidad y aceleración. Se utilizó un enfoque cuantitativo con un tipo de estudio analítico donde los resultados fundamentales al aplicar ambas metodologías estuvieron a favor del grupo donde se utilizó el recurso didáctico digital lo cual fue corroborado a través de una prueba de hipótesis paramétrica de muestras independientes, utilizando un nivel de significación del 5%. Se concluye que la metodología utilizando el recurso didáctico digital garantiza un mejor rendimiento académico que al utilizar la metodología tradicional, el análisis apoyado en la analítica del aprendizaje la cuál propició, en ambos casos, una individualización de la enseñanza en pos del crecimiento estudiantil.

Palabras clave: Analítica del aprendizaje, aceleración, aprendizaje interactivo, enseñanza de la Física, PhET Colorado, velocidad.

Abstract

The teaching of physics at the high school level faces challenges, particularly in the comprehension of abstract concepts such as velocity and acceleration. Traditionally, instruction has relied on the memorization of formulas and the mechanical solving of exercises, limiting the practical application of knowledge. This study aimed to compare, with the support of learning analytics, the use of a traditional strategy and the digital educational resource PhET Colorado Simulator in the teaching of physics, specifically in the concepts of velocity and acceleration. A quantitative approach was used with an analytical study design, where the key results favored the group that utilized the digital educational resource. This was confirmed through a parametric hypothesis test for independent samples, using a 5% significance level. The study concludes that the strategy incorporating the digital educational resource ensures better academic performance compared to the traditional strategy. The analysis, supported by learning analytics, fostered individualized learning in both cases, promoting student growth.

Keywords: Learning analytics, acceleration, interactive learning, physics education, PhET Colorado, velocity.

Introducción

En los últimos años, la implementación de herramientas tecnológicas en el aula ha sido objeto de diversas investigaciones, especialmente en el ámbito de las ciencias. Estas herramientas han demostrado ser útiles para facilitar la comprensión de conceptos abstractos, permitiendo que los estudiantes interactúen con fenómenos complejos de forma más accesible y comprensible.

Asimismo, los recursos didácticos digitales han emergido como herramientas esenciales en la educación contemporánea, ofreciendo nuevas oportunidades para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje (Hernández et al., 2019). Según Moreno (2004), se entiende por recurso didáctico al conjunto de medios materiales que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos materiales pueden ser tanto físicos como virtuales, asumiendo como condición despertar el interés de los estudiantes y adecuarse a sus características físicas y psíquicas.

La construcción de recursos didácticos digitales permite ir más allá de los métodos tradicionales, facilitando la creación de entornos interactivos que potencian la comprensión y el interés de los estudiantes. La implementación de recursos digitales en la educación requiere una planificación cuidadosa y una comprensión profunda de las herramientas disponibles. Hernández et al. (2020) enfatizan la importancia de diseñar materiales que sean accesibles, interactivos y alineados con los objetivos educativos. Además, subrayan que la formación continua de los docentes en el uso de estas tecnologías es crucial para garantizar su eficacia y maximizar su impacto en el aprendizaje de los estudiantes.

En el ámbito de la enseñanza de la física, la combinación de recursos didácticos tradicionales y digitales ha demostrado ser fundamental para mejorar la comprensión y la motivación de los estudiantes. Mientras que los recursos tradicionales, como experimentos de laboratorio y demostraciones prácticas, permiten la observación directa de fenómenos físicos y fomentan la conexión entre teoría y práctica, los recursos digitales abren nuevas posibilidades para explorar conceptos abstractos de manera interactiva (Vázquez et al., 2004).

En el campo de la física, los conceptos de velocidad y aceleración resultan particularmente desafiantes para los estudiantes, porque implican tanto aspectos matemáticos como una comprensión abstracta de los cambios en el movimiento.

Estos conceptos son vitales, no solo, para el estudio de la física, sino también, para su aplicación práctica en diversas disciplinas científicas y tecnológicas, como la ingeniería, la robótica y el transporte.

La velocidad mide la rapidez con la que cambia la posición, mientras que la aceleración mide la rapidez con la que cambia la velocidad. Distinguir correctamente entre ambos conceptos permite modelar y analizar situaciones como el movimiento rectilíneo y el movimiento parabólico, habilidades esenciales en múltiples campos del conocimiento y aplicaciones cotidianas (Jiménez García et al., 2015).

Desde un punto de vista teórico, los conceptos de velocidad y aceleración forman la base de la cinemática, fundamental para comprender fenómenos más complejos en física y otras ciencias aplicadas. Sin una valoración adecuada de estos conceptos, los estudiantes enfrentarían dificultades en asignaturas más avanzadas, como dinámica, termodinámica o electromagnetismo (Serway y Jewett, 2018).

En el ámbito práctico, la enseñanza tradicional suele centrarse en la memorización de fórmulas y la resolución mecánica de ejercicios, sin ofrecer suficientes oportunidades para conectar la teoría con aplicaciones reales. El uso de simuladores puede resolver esta brecha, permitiendo que los estudiantes experimenten de manera segura y controlada, logrando así un aprendizaje significativo y contextualizado.

A pesar de los avances en la integración de tecnologías en la educación, aún existe un vacío en la aplicación específica de simuladores virtuales para la enseñanza de los conceptos de velocidad y aceleración en el nivel de bachillerato. Aunque se ha demostrado su efectividad en la educación superior (Hernández Campos y Murillo Quirós, 2019), es necesario explorar su impacto en el bachillerato, donde estos conceptos representan un desafío crítico.

Desde una perspectiva educativa y social, la enseñanza de estos conceptos es crucial en el nivel de bachillerato, dado que este periodo representa una etapa clave en la formación científica. La comprensión adecuada de los fundamentos del movimiento podría contribuir significativamente al éxito académico de los estudiantes y motivarlos hacia carreras vinculadas con las ciencias e ingenierías. Sin embargo, existen retos en

la enseñanza debido a la naturaleza abstracta de estos conceptos y la dificultad que los estudiantes enfrentan al conectar la teoría con su aplicación práctica (Ledesma Turowski y Pocovi, 2013).

Plataformas digitales como Educaplay, PhET Interactive Simulations y GeoGebra se han consolidado como herramientas clave en la enseñanza de la física en bachillerato, porque permiten a los docentes crear actividades interactivas como crucigramas, sopas de letras y videoquizzes, que facilitan el aprendizaje lúdico y refuerzan conceptos complejos de manera dinámica (Riofrío y Pinduisaca, 2018).

El uso de estas plataformas, además de facilitar la comprensión de conceptos abstractos, como la cinemática, la dinámica o la electricidad, también, promueve el aprendizaje autónomo y colaborativo. Arrieta y Delgado (2006) señalan que la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de la física permite adaptar el ritmo de aprendizaje a las necesidades individuales de los estudiantes, mejorando así su rendimiento académico y su interés por la materia. Además, Tudor (2023) destaca que la enseñanza innovadora de la física mediante tecnologías digitales provoca, por un lado, una visualización de los fenómenos complejos, y por el otro, desarrolla habilidades esenciales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la capacidad de análisis.

Entre estas herramientas, PhET Colorado ofrece múltiples ventajas en la enseñanza de la física, especialmente en contextos con recursos limitados. Su capacidad de interactividad y visualización dinámica permite a los estudiantes manipular variables y observar resultados en tiempo real, facilitando la comprensión de conceptos abstractos (Wieman et al., 2008).

Este enfoque promueve un aprendizaje activo y exploratorio, donde los estudiantes reciben información, y participan activamente en su proceso de aprendizaje mediante la experimentación. Además, al tratarse de un entorno virtual, las simulaciones garantizan seguridad y accesibilidad, eliminando los riesgos físicos asociados a los laboratorios tradicionales y permitiendo el acceso desde cualquier dispositivo con conexión a internet (Siswanto et al., 2018).

Otra ventaja importante es su adaptabilidad a diferentes niveles de conocimiento, lo que permite que tanto estudiantes principiantes como avanzados puedan beneficiarse de las simulaciones (Perkins et al., 2006). La retroalimentación inmediata que ofrece

la plataforma ayuda a los alumnos a identificar errores y comprender los resultados de sus acciones al instante, reforzando el aprendizaje de manera eficiente (Romero Mariño y Catalá Brito, 2024).

Este software, PhET Colorado, provoca en los estudiantes la colaboración y el debate en el aula, debido a que las simulaciones, al ser tratadas en grupo, fomenta la discusión y el intercambio de ideas (Lino Calle et al., 2023). Por ejemplo, en la simulación "Mover al hombre", los estudiantes pueden analizar cómo diferentes velocidades y aceleraciones afectan el movimiento, cambiar parámetros y observar sus efectos, y relacionar estas observaciones con representaciones gráficas, integrando teoría y práctica de forma efectiva.

En la institución educativa en la que se ha desarrollado esta investigación enfrenta diversas limitaciones que afectan la enseñanza de la Física. Entre las principales falencias está la ausencia de laboratorios físicos y digitales, lo que impide a los estudiantes realizar experimentos prácticos que complementen la teoría. Además, la conectividad a internet es deficiente, dificultando el acceso a recursos educativos en línea.

La institución cuenta con una matrícula reducida de 215 estudiantes, distribuidos en un único paralelo por curso, además los recursos humanos están sobrecargados y en mayoría carecen de formación específica en el uso de tecnologías educativas. Esto ha provocado que las clases se impartan de manera tradicional, utilizando únicamente el pizarrón, la tiza y los libros de texto, lo que limita la conexión entre los conceptos teóricos y su aplicación en la vida cotidiana.

De acuerdo con lo expuesto, anteriormente, esta investigación busca responder a la siguiente interrogante: ¿Cómo contribuir a la enseñanza de la Física en los conceptos de velocidad y aceleración?

Por tanto, el objetivo de la investigación es comparar, apoyado en la analítica del aprendizaje, el uso de la metodología tradicional versus el recurso didáctico digital, simulador PhET Colorado, para la enseñanza de la Física en los conceptos de velocidad y aceleración.

Desarrollo

Materiales y métodos

Esta investigación utilizó un enfoque cuantitativo basado en el paradigma positivista, que permitió observar, medir y analizar objetivamente, sustentado en la analítica del aprendizaje, la contribución del simulador PhET Colorado en el aprendizaje de la física (Creswell y Plano Clark, 2017). El tipo de estudio fue un diseño cuasi experimental debido a la no aleatoriedad de los sujetos implicados.

A nivel teórico, se aplicaron los métodos analítico-sintético e inductivo-deductivo para descomponer y comprender el objeto de estudio, así como para formular y verificar la hipótesis mediante el análisis de datos (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

A nivel práctico, se emplearon técnicas de observación y estadísticas descriptivas e inferencial (estadística de tendencia central y de dispersión, test de comparación estadística). El análisis se realizó con el software estadístico Jamovi, asegurando resultados precisos y replicables sobre la efectividad del simulador en la enseñanza de la Física.

Población y muestra

Se trabajó con la totalidad de los estudiantes (34), donde se desarrolló la investigación, perteneciente al 2do de bachillerato, el cual fue dividido para el logro del objetivo de la investigación, en dos subgrupos de 17 estudiantes cada uno, (grupo 1 uso de simulador, grupo 2 uso de la metodología tradicional) esta selección se realizó a través de un muestro aleatorio simple (m.a.s.).

Recorrido Metodológico

El proceso de investigación se desarrolló en varias fases; En la primera, se aplicó un pretest para evaluar los conocimientos iniciales de los estudiantes sobre velocidad y aceleración, además sobre los recursos didácticos digitales. Posteriormente, en la segunda fase, se implementó la clase tradicional garantizando una correcta fundamentación pedagógica. La tercera etapa utilizando el simulador PhET Colorado, con actividades específicas que permitieron a los estudiantes explorar y manipular variables relacionadas con el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA). En la cuarta fase, se evaluó las métricas de los resultados en ambas metodologías.

Hipótesis de investigación

Si se evalúa, apoyado en la analítica del aprendizaje, la comparación entre el uso de la metodología tradicional versus el recurso didáctico digital, simulador PhET Colorado, entonces se corrobora una mejor eficiencia en la enseñanza de la Física en los conceptos de velocidad y aceleración, utilizando esta herramienta.


Limitaciones del Estudio

Entre las limitaciones fundamentales del estudio se encuentran la falta de infraestructura tecnológica adecuada, como laboratorios digitales o físicos, y la conectividad limitada a internet en la institución educativa. Además de la preparación del recurso humano.

Tabla 1: Enfoque tradicional vs uso del simulador digital Phet Colorado

<p>DESTREZA 1. Obtener las magnitudes cinemáticas (posición, velocidad, velocidad media e instantánea, aceleración, aceleración media e instantánea y desplazamiento) de un objeto que se mueve a lo largo de una trayectoria rectilínea del Movimiento Rectilíneo Uniforme y Rectilíneo Uniformemente Variado, según corresponda, elaborando tablas y gráficas en un sistema de referencia establecido.</p>	
<p>Exploración (E) Objetivo: Identificar conocimientos previos para la concepción de velocidad y la aceleración.</p>	
<p>Estrategia didáctica Metodología Tradicional</p> <p>Motivación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Alguna vez han observado cómo se mueve un carro, una bicicleta o una pelota en línea recta? ¿Cómo creen que cambia su velocidad en diferentes situaciones? ¿En qué situaciones el movimiento es constante y en cuáles cambia? <p>Actividad exploratoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizamos un experimento simple: Carrera de carritos o pelotas en rampa. 	<p>Estrategia didáctica con el uso del simulador PhET</p> <p>Motivación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Alguna vez han observado cómo se mueve un carro, una bicicleta o una pelota en línea recta? ¿Cómo creen que cambia su velocidad en diferentes situaciones? ¿En qué situaciones el movimiento es constante y en cuáles cambia? <p>Actividad exploratoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los estudiantes ingresan al simulador “El Hombre Móvil” de PhET Colorado. Exploran libremente el movimiento del personaje variando la velocidad y observando cómo cambia su desplazamiento en la gráfica.

<ul style="list-style-type: none"> • Dejar que los estudiantes observen y describan cómo se mueven los objetos en diferentes escenarios (superficie plana y rampa inclinada). <p>Materiales: Carritos, pelotas, cronómetros, cinta métrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observan cómo cambia el movimiento al modificar manualmente la velocidad o al agregar aceleración. <p>Materiales: Laptop, proyector, acceso a internet, simulador PhET.</p>
<p>2. Reflexión (R) Objetivo: Fomentar el pensamiento crítico sobre las observaciones para la concepción de velocidad y la aceleración.</p>	
<p>Preguntas guía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿El carrito o la pelota siempre se mueve a la misma velocidad? • ¿Cómo se comporta el movimiento cuando hay pendiente? • ¿Cómo se puede representar el movimiento en una tabla o gráfica? <p>Actividad. Sustentada en la significatividad de los contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un carro en autopista rectilínea (MRU) vs. un carro en una autopista pendiente (MRUV). • Un ascensor en movimiento constante desde el primer piso hasta el último vs. Un ascensor que se detiene en todos los pisos. 	<p>Preguntas guía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿El carrito o la pelota siempre se mueve a la misma velocidad? • ¿Cómo influye la pendiente en el movimiento? • ¿Cómo podemos representar el movimiento en tablas y gráficas? <p>Actividad: Comparación con situaciones cotidianas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Movimiento en la vida diaria: <ul style="list-style-type: none"> ○ Los estudiantes reflexionan sobre situaciones en las que han experimentado cambios de velocidad y aceleración (ejemplo: andar en bicicleta, viajar en bus, lanzar una pelota). ○ Discusión grupal sobre cómo estos movimientos pueden representarse gráficamente. 2. Ejercicios en el simulador PhET: <ul style="list-style-type: none"> ○ Movimiento rectilíneo uniforme (MRU): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Configurar el simulador con una velocidad constante de 5 m/s y comparar este movimiento con un auto que viaja en autopista a velocidad constante. ○ Movimiento con aceleración positiva (MRUA): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Configurar el simulador con aceleración de 2 m/s² y compararlo con un ciclista que comienza a pedalear desde el reposo.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Movimiento con velocidad negativa: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Configurar una velocidad inicial de -2 m/s con aceleración positiva de 0.5 m/s² y compararlo con un auto que frena hasta detenerse. <p>3. Discusión y análisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Cuál de estas situaciones representa mejor un auto acelerando en un semáforo? ○ ¿Cómo podríamos aplicar estos conceptos en el diseño de carreteras o rampas? ○ ¿En qué otros contextos podríamos ver estos patrones de movimiento? <p>Figura 1. Simulador PhET. El hombre móvil. Gráficas posición, velocidad y aceleración vs tiempo</p>  <p>Fuente: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/moving-man/latest/moving-man.html?simulation=moving-manylocale=es</p>
--	--

3. Conceptualización (C)

Objetivo: Formalizar los conceptos con ecuaciones, tablas y gráficas para la concepción de velocidad y la aceleración.

Una vez que hemos visto los movimientos de las pelotas, los carros y el ascensor estamos en condiciones de conceptualizar lo siguiente (para ello se va a utilizar un método de elaboración conjunta):

- **MRU:** Velocidad constante → $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

PhET Colorado - El Hombre Móvil, estamos en condiciones de conceptualizar los siguientes modelos matemáticos:

- Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU: Velocidad constante → $v = \Delta x / \Delta t$)
- MRUV: Aceleración constante → $vf = v_o + at$ y $x = x_o + v_o t + 1/2 at^2$

Actividades con el simulador PhET:

1. **Obtención de datos experimentales:**

<ul style="list-style-type: none"> • MRUV: Aceleración constante \rightarrow $v_f = v_o + at$ y $x = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2$ <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con los datos obtenidos en el experimento inicial, utilizar la tabla con tiempos y posiciones de los cuerpos de prueba. • Construir el gráfico de velocidad vs. tiempo y el de aceleración vs. tiempo. <p>Materiales: Papel milimetrado, regla y lápiz</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utilizar el simulador PhET Moving Man con distintos valores de velocidad y aceleración. ○ Registrar los datos de posición y tiempo en una tabla. <p>2. Construcción de gráficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Con los datos obtenidos en la simulación, los estudiantes construyen manualmente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gráfico de velocidad vs. tiempo. ▪ Gráfico de aceleración vs. tiempo. ○ Comparan sus resultados con los gráficos generados automáticamente por el simulador. <p>3. Análisis de ecuaciones y modelos matemáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ A partir de los gráficos construidos, identificar si el movimiento es uniforme o acelerado. ○ Relacionar la información experimental con las ecuaciones del MRU y MRUV. ○ Resolver preguntas como: ¿Cómo cambia la pendiente en el gráfico de velocidad vs. tiempo para un movimiento acelerado? <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simulador PhET Moving Man <p>Laptop, proyector, internet</p>
<p>4. Aplicación (A) Objetivo: Aplicar los conceptos de velocidad y aceleración para fenómenos cotidianos.</p>	
<p>Situación problemática:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observe el movimiento de un objeto real en la carretera principal de Alangasí y calcule su velocidad y aceleración promedio. • Construya un ejercicio asociado a problemas cinemáticos. <p>Evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mostrar a los estudiantes dos situaciones de la vida real donde 	<p>Situación problemática:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Observación del movimiento de un objeto real: <ul style="list-style-type: none"> ○ Los estudiantes deben observar el movimiento de un vehículo en la carretera principal de Alangasí o tomar un video de un objeto en movimiento (bicicleta, pelota, carro). ○ Determinar la velocidad promedio y, si es posible, la aceleración. 2. Uso del simulador para validar el experimento:

<p>puedan aplicar los conceptos de velocidad y aceleración tablas.</p> <p>Rubrica: de la evaluación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ingresar los valores obtenidos en PhET Moving Man y comparar las gráficas con las de su observación. ○ Ajustar las condiciones en el simulador para que coincidan con su experimento real. <p>3. Construcción de un problema cinemático:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Cada estudiante debe plantear un ejercicio basado en su observación, utilizando los conceptos de MRU y MRUV. ○ Ejemplo: Un vehículo se mueve por una zona escolar a una velocidad de 80 km/h cuando de repente un estudiante sale a 20 metros de distancia del vehículo ¿Cuál es el mínimo tiempo que tiene para frenar el vehículo antes de atropellar al estudiante?
---	---

Rubrica

Evaluación			Evaluación		
Sección	Criterio	Puntos	Sección	Criterio	Puntos
1	responde correctamente las preguntas de opción múltiple (5 preguntas).	1 cada ítem	1	Explora activamente el simulador PhET Colorado, identifica patrones de movimiento y formula preguntas relevantes.	3
2	responde con claridad y precisión las preguntas abiertas (4 preguntas).	1 cada ítem	2	Configura correctamente el simulador para representar MRU y MRUA, diferenciando sus características.	3
3	representa correctamente el gráfico, analiza la información y responde preguntas	0,5 cada ítem			

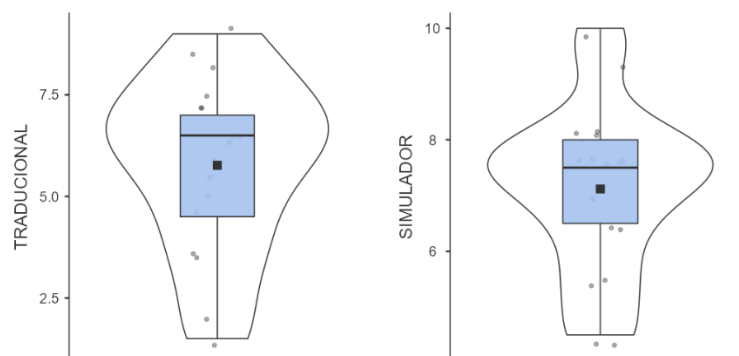
de desarrollo (2 preguntas).			3	Analiza con precisión los gráficos obtenidos (posición, velocidad y aceleración) y responde preguntas de desarrollo.	4
Total	10	10			
	preguntas evaluadas en total	puntos			
			Total	Evaluación de comprensión y aplicación del simulador PhET.	10

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Figura 1. Análisis de datos en la comparación de la metodología tradicional vs uso del simulador Phet Colorado. Quito, 2025

Descriptivas	CALIFICACIONES	
	grupo	
N	grupo 1	17
	grupo 2	17
Perdidos	grupo 1	0
	grupo 2	0
Media	grupo 1	7.12
	grupo 2	5.76
Mediana	grupo 1	7.50
	grupo 2	6.50
Desviación estándar	grupo 1	1.52
	grupo 2	2.17
Mínimo	grupo 1	4.50
	grupo 2	1.50
Máximo	grupo 1	10.0
	grupo 2	9.00
W de Shapiro-Wilk	grupo 1	0.939
	grupo 2	0.953
Valor p de Shapiro-Wilk	grupo 1	0.312
	grupo 2	0.502



Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p
CALIFICACIONES	T de Student	2.11	32.0	0.022

Nota. $H_a \mu_{\text{grupo 1}} > \mu_{\text{grupo 2}}$

Nota. La figura muestra un análisis descriptivo con los estadísticos de tendencia central y de dispersión de la distribución de los datos de la metodología tradicional y el uso del simulador, complementada con los gráficos de cajas y bigotes y de violín. Además, se muestra la Prueba T para la comparación de muestras independientes, cumpliendo el supuesto de normalidad. Elaboración propia.

Desde el punto de vista descriptivo, en la figura 1, se observa una media de las calificaciones de 7.12 y 5.76 con una desviación típica de 1.52 y 2.17 respectivamente, en el grupo utilizando el recurso (G1) y el grupo utilizando la metodología tradicional (G2), lo cual significa mayor calidad de nota en el primero con respecto al segundo, desde el punto de vista descriptivo. Este análisis se complementa con los gráficos de violín y el diagrama de cajas y bigotes, donde el As de punto en el G1 está hacia puntuaciones mayores.

Desde el punto de vista inferencial, al realizar la prueba T para muestras independientes, pues según la prueba de Shapiro Wilk, ambas distribuciones son normales y como la probabilidad asociada al estadístico es de $p = 0.022$, es mayor que el nivel de significación fijado del 5%, se acepta la hipótesis alternativa que plantea que

el rendimiento académico del G1 es superior significativamente al rendimiento académico del G2.

Discusión

El uso de simuladores en el aprendizaje ha demostrado un impacto significativo en el rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura de física, optimizando la comprensión de conceptos y mejorando la calidad del aprendizaje (Banda y Nzabahimana, 2021). La incorporación de herramientas interactivas como PhET Colorado facilita la asimilación de conocimientos y promueve una mayor participación y motivación entre los estudiantes. Este hallazgo se refuerza con estudios previos, como el de Lino-Calle et al. (2023), quienes evidenciaron que los alumnos que utilizaron simulaciones lograron resultados superiores en comparación con aquellos que siguieron métodos tradicionales.

De manera similar, Najib et al. (2022) demostraron que los estudiantes que utilizaron el simulador mostraron mayor motivación y compromiso con la asignatura, lo que sugiere que esta herramienta genera un impacto positivo, tanto en el rendimiento académico, como en la disposición hacia el aprendizaje. En esta línea, Banda y Nzabahimana (2023) destacan que el aprendizaje basado en simulaciones fortalece la confianza de los estudiantes en la resolución de problemas, facilitando el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades analíticas, fundamentales en la educación científica.

Conclusiones

El análisis basado en la analítica del aprendizaje evidenció que los resultados del G1, que utilizó PhET Colorado como recurso didáctico digital, fueron significativamente superiores a los del G2 que siguió la metodología tradicional.

El uso de PhET Colorado permitió una representación visual dinámica de los conceptos de velocidad y aceleración, facilitando su comprensión y aplicación en distintos escenarios. La posibilidad de manipular variables y observar cambios en tiempo real fomentó un aprendizaje autónomo, participativo y significativo reduciendo la abstracción de ciertos conceptos y mejorando la retención del conocimiento.

Finalmente, esta investigación ofrece una base sólida para la expansión de prácticas educativas innovadoras, subrayando el potencial de los simuladores interactivos como complemento en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Referencias Bibliográficas

- Arrieta, X., y Delgado, M. (2006). Tecnologías de la información en la enseñanza de la física de educación básica. *Enlace*, 3(1), 63–76. Recuperado el 11 de febrero de 2025 de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-75152006000100005&lng=es&tylng=es.
- Banda, H. J., y Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Banda, H. J., y Nzabahimana, J. (2023). The impact of Physics Education Technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among Malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3ra ed.). SAGE Publications.
- Enrique, C. M., y Alzugaray, G. E. (2013). Modelo de enseñanza-aprendizaje para el estudio de la cinemática de un volante inercial usando tecnologías de la información y la comunicación en un laboratorio de física. *Formación Universitaria*, 6(1), 3–12. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062013000100002>
- Hernández Campos, M., y Murillo-Quirós, N. (2019). Instrucción entre pares y enseñanza justo a tiempo: Una experiencia en la enseñanza de la física en educación superior. *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(2), 130–136. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i2.2310>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas* (7ma ed.). McGraw-Hill Interamericana.

- Jiménez García, F. N., Agudelo Calle, J. de J., y Vargas Sánchez, J. J. (2015). Incidencia de la intervención didáctica en el aprendizaje de conceptos cinemáticos en estudiantes de ingeniería de la UAM analizada desde sus ideas previas. *Revista Educación en Ingeniería*, 10(19), 26–38. <https://doi.org/10.26507/rei.v10n19.450>
- Ledesma Turowski, L. T. D. M., y Pocovi, M. C. (2013). La progresiva aproximación al cambio conceptual. Una experiencia de docencia a partir del caso de la aceleración. Recuperado de <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/2200>.
- Lino Calle, V. A., Barberán-Delgado, J. A., López-Fernández, R., y Gómez-Rodríguez, V. G. (2023). Analítica del aprendizaje sustentada en el PhET Simulations como medio de enseñanza en la asignatura de Física. *MQRInvestigar*, 7(3), 2297–2322. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.2297-2322>
- Medina, J. M. C., Medina, I. I. S., y Rojas, F. R. (2016). Uso de objetos virtuales de aprendizaje (OVAs) como metodología de enseñanza–aprendizaje inclusivo y complementario para los cursos teórico–prácticos. *Revista Digital Educación en Ingeniería*, 11(22), 4–12. <https://doi.org/10.26507/REI.V11N22.602>
- Moreno, I. (2004). *La utilización de medios y recursos didácticos en el aula*. Recuperado de <http://www.ucm.es/info/doe/profe/isidro/merecur.pdf>.
- Najib, M. N. M., Md-Ali, R., y Yaacob, A. (2022). Effects of PhET interactive simulation activities on secondary school students' physics achievement. *South Asian Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(2), 73–78. <https://doi.org/10.48165/sajssh.2022.3204>
- Sánchez Guzmán, D. (2022). Aprendizaje activo de cinemática y dinámica en clases virtuales empleando actividades físicas y en línea. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 9(14), 21–35.
- Serway, R. A., y Jewett, J. W. (2018). *Physics for scientists and engineers* (10.a ed.). Cengage Learning.
- Riofrío, M. C. O., y Pinduisaca, C. J. A. (2018). Herramienta multimedia Educaplay como recurso didáctico en el proceso enseñanza-aprendizaje de química y física general. *Polo del Conocimiento: Revista Científico-Profesional*, 3(10), 44–57.

- Romero Mariño, Y., y Catalá Brito, D. (2024). Laboratorio virtual de física para la formación de profesores de biología: Virtual Physics laboratory for the training of Biology teachers. *Caminos de Investigación*, 6(1), 23–30. <https://doi.org/10.59773/ci.v6i1.83>
- Siswanto, R., Sugiono, S., y Prasojo, L. D. (2018). The development of management model program of vocational school teacher partnership with business world and industry word (DUDI). *Jurnal Ilmiah Peuradeun*, 6(3), 365–384.
- Tudor, G. (2023). Innovative teaching of physics in the digital technology era. *Didactica Danubiensis*, 3(1), 107–122. Recuperado de <https://dj.univ-danubius.ro/index.php/DD/article/view/2481>.
- Vargas, S. X. (2024). *Metodologías didácticas para el aprendizaje de cinemática en primero de bachillerato de la Unidad Educativa “Ciudad de Tena”* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13662>.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., y Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683.