

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1521>

Simuladores Tecnología de la Educación en Física (PhET) para el aprendizaje de conceptos de electromagnetismo de docentes en formación

*Physics Education Technology (PhET) simulators for teaching electromagnetism concepts to
trainee teachers*

Jandry Geomar Chuni Gaona

jandry.chuni@unae.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-5618-076X>

Maestría en Tecnología e Innovación Educativa
Universidad Nacional de Educación (UNAE)
Azogues – Ecuador

Germán Wilfrido Panamá Criollo

german.panama@unae.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1560-6657>

Maestría en Tecnología e Innovación Educativa
Universidad Nacional de Educación (UNAE)
Azogues – Ecuador

*Artículo recibido: 18 julio 2025 - Aceptado para publicación: 28 agosto 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.*

RESUMEN

La enseñanza de contenidos de electromagnetismo a nivel universitario enfrenta desafíos persistentes, como la abstracción de conceptos y la falta de conexión con aplicaciones prácticas. Este estudio evaluó el impacto de los simuladores PhET (Physics Education Technology) en el aprendizaje de Física de 25 estudiantes, mediante una secuencia didáctica interactiva que aborda contenidos referidos al electromagnetismo. La investigación adquirió un paradigma positivista empírico-analítico y usó estadística descriptiva para el análisis de la información. Los resultados mostraron una mejora significativa, dado que el promedio grupal aumentó de 6.08 a 8.00 (escala de 10), con avances notables en comprensión conceptual y resolución de problemas. Las simulaciones interactivas permitieron visualizar fenómenos abstractos, experimentar sin riesgos y recibir retroalimentación inmediata, reduciendo errores comunes. También, se observó mayor participación y confianza en los estudiantes. Estos hallazgos respaldan la integración guiada de simuladores como herramienta pedagógica efectiva, aunque se recomienda complementarla con capacitación docente y diseños de investigación más robustos.

Palabras clave: física, simuladores, innovación educativa

ABSTRACT

Teaching electromagnetism at the university level faces persistent challenges, such as the abstraction of concepts and the lack of connection to practical applications. This study evaluated

the impact of PhET (Physics Education Technology) simulators on the physics learning of 25 students, using an interactive teaching sequence that addresses content related to electromagnetism. The research adopted an empirical-analytical positivist paradigm and used descriptive statistics for data analysis. The results showed a significant improvement, as the group average increased from 6.08 to 8.00 (on a scale of 10), with notable advances in conceptual understanding and problem solving. The interactive simulations allowed students to visualize abstract phenomena, experiment without risk, and receive immediate feedback, reducing common errors. Greater participation and confidence among students was also observed. These findings support the guided integration of simulators as an effective pedagogical tool, although it is recommended that this be complemented with teacher training and more robust research designs.

Keywords: physics, simulators, educational innovation

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de conceptos de Física a nivel universitario plantea importantes retos pedagógicos. Muchos estudiantes tienen dificultades para aplicar los conceptos teóricos matemáticos en situaciones prácticas, lo que conlleva a sentirse frustrados y a tener una percepción negativa de la asignatura de Física (Lino-Calle et al., 2023). Según Quiñónez et al. (2022), los estudiantes suelen tener dificultades para conectar conceptos abstractos con situaciones reales cuando se presenta la teoría en el aula, lo que les desmotiva y repercute en su rendimiento académico.

La falta de recursos técnicos e interactivos en el aula agrava el problema y afecta negativamente la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2023) en su estudio de seguimiento señala que el uso de simulaciones virtuales y otros recursos innovadores están limitados, dado que existen barreras como la preparación insuficiente de los docentes, la resistencia al cambio, la falta de tiempo para reorganizar las aulas y una infraestructura digital deficiente que siguen limitando su uso. Como resultado, muchos estudiantes perciben la Física como una materia difícil e irrelevante para su vida cotidiana, lo que los pone en riesgo de abandonar los estudios por completo.

Los resultados de la evaluación ecuatoriana Ser Estudiante reflejan un promedio nacional de 689 puntos sobre 1000 en el año lectivo 2023-2024 (Instituto Nacional de Evaluación Educativa [INEVAL], 2025). Comparativamente este resultado refleja una disminución de cuatro puntos respecto al periodo del 2022-2023 y los precedentes. El puntaje refleja que nivel de logro por debajo del elemental (inferior a 700); es decir el 93,2% de estudiantes de Bachillerato no alcanza el logro mínimo de competencia. Con este precedente, cabe indicar que en la UNAE la formación de docentes se compone por tres unidades; la primera se refiere a la formación básica, la segunda a la formación profesional y finalmente la unidad de titulación. En este sentido, la asignatura de *Física en el Bachillerato* en la carrera de Educación en Ciencias Experimentales [ECE] pertenece a la unidad de formación básica. Esta asignatura tiene como objetivo nivelar los conocimientos obtenidos por los estudiantes en el nivel de bachillerato. Su abordaje es la base para estudiar la Física en la unidad de formación profesional.

La acción que plantea la universidad adquiere coherencia, dado que los resultados preocupantes de la evaluación nacional, sugieren acción para que los futuros docentes adquieran conocimientos de aquello que en el bachillerato no consolidaron. Además, se torna imperante que los docentes en formación reciban formación para evitar replicar en su práctica resultados similares a los recibidos durante su escolaridad a nivel de bachillerato. Por lo anterior, es preciso tener en cuenta que los profesionales necesitan dotarse de competencias entre ellas el saber qué y cómo enseñar (Palacios y Nova, 2023), debido a que sus experiencias y aprendizaje permitirá

dominar el conocimiento disciplinar y dotarse de metodologías que le permitan usarlas y adaptarlas al grupo estudiantil en el que ejerzan profesionalmente.

Dada la relevancia de la formación docente, es fundamental implementar estrategias que mejoren las habilidades académicas y permitan la detección temprana de las dificultades de aprendizaje. Las tecnologías emergentes ofrecen oportunidades para hacerlo. En la misma línea, los recursos de aprendizaje, como los simuladores en línea, proporcionan entornos dinámicos en los que los estudiantes pueden participar en la visualización interactiva de procesos físicos.

Chávez y Mestres (2023) afirman que las simulaciones ofrecen una retroalimentación rápida (por ejemplo, el conocido simulador PhET cuenta con herramientas interactivas que tributan a respuestas inmediatas por parte de los educandos) y un entorno seguro para experimentar. Sin peligro ni costosos equipos de laboratorio, los estudiantes pueden manipular variables para poner a prueba hipótesis y obtener resultados de inmediato. Esto les permite identificar y abordar errores conceptuales en tiempo real (Villarreal, 2024). Al acercar los conceptos abstractos a experiencias concretas, esta investigación activa en un entorno controlado fomenta la comprensión y ayuda a establecer relaciones entre el aprendizaje de la Física y la aplicabilidad en contextos reales (Pozuelo et al., 2023). También, se afirma que las simulaciones aumentan el interés científico por parte de los estudiantes, les ayudan a comprender conceptos difíciles y les permiten reproducir experimentos utilizando menos tiempo y materiales.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación plantea la pregunta ¿De qué manera los simuladores PhET contribuyen en el aprendizaje de conceptos electromagnéticos dentro de la asignatura Física en el bachillerato de los estudiantes de tercer ciclo de la carrera de Educación en Ciencias Experimentales de la Universidad Nacional de Educación? En otras palabras, investiga cómo los docentes en formación pueden superar dificultades de aprendizaje en contenidos de electromagnetismo como la ley de Gauss, campo eléctrico y magnético y otros fenómenos eléctricos. Se asume como un intento por reducir las limitaciones teóricas y la experiencia.

Estudios recientes a nivel internacional muestran que la inteligencia artificial y las tecnologías educativas, incluidos los diálogos generativos y las simulaciones, pueden ayudar en el diagnóstico oportuno, personalizar el aprendizaje y adaptar los conocimientos a las necesidades de cada estudiante (Serrano y Moreno, 2024). Las ventajas del aprendizaje activo y la retroalimentación inmediata quedan demostradas por la investigación científica sobre su uso con sistemas como PhET por Mera y López (2023). Cuando se emplean en un formato cuasi-experimental de pretest-posttest, las simulaciones cinemáticas han demostrado mejorar los conocimientos y el rendimiento en Física lo que demuestra su eficacia como estrategia a nivel universitario (Casadei et al., 2008).

Las investigaciones nacionales indican que la combinación de la tecnología con un enfoque pedagógico mejora el aprendizaje. Manrique y Panza (2019) demuestran cómo los enfoques

innovadores mejoran la resolución de problemas y la transferencia a escenarios del mundo real cuando se tienen en cuenta los aspectos medioambientales utilizando un enfoque mixto y sociocrítico. Rosero et al. (2022) confirman las ventajas de emplear simuladores PhET a través de una investigación experimental, especialmente cuando se tiene en cuenta la formación del profesorado y la integración tecnológica limitada.

Conectivismo como enfoque de aprendizaje

Los avances educativos están respaldados teóricamente por el conectivismo; se basa en una teoría académica presentada por George Siemens en 2005. El conectivismo indica que el aprendizaje fluye a través de interacciones sociales y redes de aprendizaje ya que es el proceso de establecer y navegar por estas redes de información (Toro, 2024). A diferencia de las teorías convencionales que ponen énfasis en la cognición individual, esta menciona que se aprende a partir de la interrelación entre el ecosistema y el individuo, con expertos, compañeros y una variedad de fuentes de información, dado que se aprovecha la diversidad de perspectivas e ideas.

El enfoque conectivista aplicado al proceso de enseñanza y aprendizaje de Física se centra en las habilidades para resolver problemas en grupo se desarrollan a través de la resolución de problemas “en red” (Toro, 2024), por ejemplo, intercambiando explicaciones sobre un evento simulado o realizando ejercicios de electromagnetismo a través de plataformas colaborativas. Los estudiantes aprenden por la interacción con sus pares, por las instrucciones del docente y de otras fuentes, lo que aumenta su comprensión. En consecuencia, la amplia red de conexiones que han establecido durante su proceso de aprendizaje demuestra una mejor preparación para aplicar sus conocimientos previos en nuevas circunstancias. En conclusión, el conectivismo hace hincapié en que a mayores conexiones relevantes establezcan los estudiantes (con personas, contenidos y tecnologías), mayor aprendiza y facultad para utilizar el aprendizaje en contextos novedosos.

TIC en la transformación de la enseñanza

En vanguardia con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han cambiado los enfoques tradicionales de la enseñanza. Cuando se utilizan bajo un objetivo educativo claro, las TIC aportan con varios beneficios, entre ellos la capacidad de ofrecer una enseñanza personalizada, fomentar la participación de los estudiantes, aumentar la productividad académica y la gestión de la información. Los recursos digitales, como las plataformas educativas, las películas interactivas y los foros de debate en línea, no solo promueven la colaboración entre compañeros, sino también un aprendizaje autónomo y autorregulado, lo que da la facultad a los estudiantes progresar a su propio ritmo (Alastor et al., 2023).

La tecnología educativa debe utilizarse para configurar las experiencias de aprendizaje de acuerdo con conceptos modernos como la globalización, la interdisciplinariedad y la experimentación activa, afirman Torres Cañizález y Cobo Beltrán (2017). Según estos autores, las TIC permiten la expresión de estrategias de aprendizaje basadas en la experiencia, el descubrimiento, los proyectos y los problemas, las cuales apoyan en el desarrollo del pensamiento

crítico y las habilidades de los estudiantes para resolver problemas. En disciplinas desafiantes como la Física, estos enfoques asistidos por la tecnología son cruciales para promover el pensamiento científico. Por ejemplo, el uso de software de simulación o entornos de laboratorio virtuales permite a los estudiantes aprender haciendo y pensar críticamente sobre lo que está sucediendo, en lugar enfatizar en la memorización de fórmulas fuera de contexto.

Recursos como los videos interactivos, las plataformas en línea y las simulaciones gráficas permiten visualizar y experimentar con conceptos considerados como abstractos. Por ejemplo, un simulador permite a los estudiantes cambiar los ajustes de frecuencia y amplitud para determinar los efectos en tiempo real, mientras que una película interactiva sobre las ondas puede ilustrar cómo se superponen dos señales mediante animación. Estos recursos aumentan los esfuerzos de los estudiantes por la materia, ya que hacen que el aprendizaje sea más atractivo y accesible (Pozuelo et al., 2023). En definitiva, las TIC al usarlas adecuadamente mejoran el entorno de aprendizaje y ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades blandas como el razonamiento lógico, el pensamiento complejo y el trabajo en equipo y la gestión independiente de la información.

Simuladores en la enseñanza de la Física

La simulación virtual han demostrado ser herramientas didácticas muy eficaces para las clases de Física (Montenegro et al., 2025). Además, permiten a los estudiantes poner a prueba y explorar ideas mediante experimentos en línea, lo que fomenta el aprendizaje por descubrimiento y aumenta la motivación. También, al reproducir fenómenos físicos complejos sin las limitaciones de los recursos materiales ni los riesgos de un laboratorio real, los discentes pueden aprender los conceptos fundamentales de la Física en un entorno seguro y controlado.

Villarreal (2024) afirma que los simuladores como PhET son tan precisos y versátiles que pueden replicar casi cualquier experimento de laboratorio, desde recrear el sistema solar hasta demostrar la ley de Faraday, eliminando las preocupaciones sobre el costo y la seguridad. Al permitir a los estudiantes reformular y poner a prueba conceptos en tiempo real, incorporar magnitudes, cambiar libremente las variables y seguir la progresión de un fenómeno paso a paso, esta técnica experimental virtual promueve un aprendizaje activo y basado en la investigación. Dado que el simulador muestra instantáneamente los efectos de sus acciones, los estudiantes aprenden a formular preguntas, experimentar con diferentes configuraciones y descubrir conceptos físicos por sí mismos bajo la guía del docente. La habilidad de los estudiantes para pensar científicamente y resolver problemas mejora significativamente cuando pasan de ser receptores pasivos a protagonistas activos que construyen conocimientos a través de la experimentación.

El uso de simuladores aumenta los esfuerzos por el aprendizaje respecto de los estudiantes al ofrecer entornos de aprendizaje accesibles, inmersivos y visualmente agradables. Esto se suma al hecho de que mejoran el conocimiento conceptual (Montenegro et al., 2025). Por ejemplo, el

estudio de Montenegro et al. (2025) expone que los estudiantes pueden interactuar de forma segura con entornos complejos utilizando simuladores, lo que aumenta su motivación intrínseca y refuerza su capacidad para aprender de forma independiente y retener información. Dado que muchos simuladores, como PhET, son gratuitos y están disponibles en varios idiomas, pueden integrarse fácilmente en todos los niveles educativos. Esto hace que los experimentos que antes estaban limitados a laboratorios físicos bien equipados sean más accesibles para el público en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó utilizando un paradigma positivista empírico-analítico, que hace hincapié en el uso de estadística descriptiva para reflejar resultados cuantificados. Este enfoque nos permitió evaluar la idoneidad de la intervención de los simuladores PhET para la enseñanza de contenidos de electromagnetismo mediante la observación y cuantificación de su impacto utilizando técnicas estadísticas en el marco de la enseñanza de la Física a nivel universitario. El estudio empleó un diseño pre experimental de un solo grupo.

La investigación fue de carácter descriptivo, ya que recopiló y evaluó información sobre el rendimiento de los estudiantes en diferentes etapas (diagnóstico y evaluación de seguimiento). Esto facilitó la extracción de conclusiones sobre los efectos de la intervención y orientó la creación de recursos educativos destinados a potenciar el aprendizaje de la Física mediante el uso de tecnologías de vanguardia.

Como parte del diseño metodológico, se utilizó una ficha de observación para registrar aspectos que permitan evaluar la idoneidad de los simuladores PhET en la enseñanza y aprendizaje de la Física. Además, se usó el pretest y posttest con la finalidad de recopilar datos respecto al proceso de aprendizaje y poder analizar los resultados. La investigación cuantitativa permite comparar el rendimiento antes y después de una intervención educativa, lo que permite evaluar numéricamente su eficacia (Hernández y Mendoza, 2018).

Según el programa de la carrera de ECE en la UNAE en este único ciclo se trabaja la asignatura de *Física en el Bachillerato* como parte de la unidad de formación básica en tercer ciclo. La población lo componen un grupo de 25 estudiantes. Debido a que es el único grupo, la muestra del estudio se compuso por los 25 estudiantes que se encontraban cursando el ciclo mencionado de la carrera de Educación en Ciencias Experimentales. Es decir, obtuvimos la participación total y voluntaria de todos los estudiantes.

La intervención pedagógica se desarrolló de acuerdo con el resultado de aprendizaje establecido en el programa de la carrera de ECE: Utiliza los elementos relacionados con el sistema de conocimientos de la Física en el nivel de bachillerato para la solución de ejercicios y problemas de este nivel y de mayor complejidad. También, se consideraron las dos competencias específicas de la carrera ECE a la que aporta la asignatura. La primera refiere a la capacidad para proyectar

diferentes estrategias educativas acorde a los resultados del diagnóstico integral, a fin de alcanzar el máximo desarrollo de las potencialidades de los educandos; favoreciendo el alcance de los resultados de aprendizaje de cada materia de ciencias experimentales. Por lo que, la interculturalidad, la equidad de género, la atención a personas discapacitadas y el cuidado y respeto ambiental son aspectos esenciales para el logro de esta competencia. La segunda consiste en la capacidad para resolver problemas aplicando métodos científicos. Dado los principales desafíos presentados en la praxis docente, requieren de la capacidad para establecer alternativas de solución con base en el uso de metodologías activas. Lo anterior, promulga las concepciones constructivistas, enactivistas y conectivistas enmarcados en el modelo pedagógico de la UNAE y el proyecto de la carrera Educación de Ciencias Experimentales.

En respuesta a los retos descritos en la introducción y a los avances en tecnología educativa, se implementó una secuencia didáctica respaldada por simuladores PhET. El objetivo de esta intervención fue fomentar una formación dinámica y visual, centrada en situaciones problemáticas reales. Mediante el uso de recursos virtuales interactivos, la secuencia buscó el desarrollo de conocimientos y aptitudes científicas de los estudiantes para comprender los fenómenos. En definitiva, la propuesta se diseñó con la finalidad de potenciar la comprensión conceptual de los futuros docentes sobre los contenidos electromagnéticos. Transversalmente se alinea a fomentar el pensamiento crítico sobre las estrategias didácticas, dotarles de las herramientas necesarias para cuestionar los métodos tradicionales y aumentar su competencia tecnológica.

Los resultados del pretest mostraron la necesidad de potenciar la enseñanza de electromagnetismo y tras abordar las características y potencialidades de los simuladores PhET, se desarrolló la secuencia didáctica. Los cinco módulos o componentes temáticos se estructuraron en torno a ejercicios basados en simulaciones y cada uno aborda una cuestión electromagnética significativa. El objetivo general de la serie es promover un aprendizaje relevante a través de la exploración interactiva. Otra de las características de la propuesta es la combinación gradual de la teoría y la práctica, diseñada para que los estudiantes investiguen, pongan a prueba teorías, formulen hipótesis y participen reflexivamente sobre cada tema.

Finalmente, la secuencia didáctica se trabajó incluye el uso de simuladores PhET, tras la revisión de las bases teóricas. Cada componente incorpora una presentación del contenido teórico clave, ejercicios prácticos utilizando un simulador PhET específico, preguntas basadas en problemas para orientar la investigación, preguntas de reflexión crítica y un ejercicio o producto final. A continuación, la Tabla 1 refleja la organización de la secuencia didáctica a través de explicitar los contenidos, subtemas, acciones a desarrollar con el uso de los simuladores PhET y los productos desarrollados por los docentes.

Tabla 1*Contenidos que componen la secuencia didáctica para el aprendizaje de electromagnetismo*

Contenidos	Subtemas	Práctica con simuladores PhET y evidencias	Producto
Introducción al electromagnetismo	- Carga positiva, negativa y neutra, interacción y conservación - Ideas clave: acción a distancia y líneas de campo - Preguntas guía: ¿campo nulo?, ¿cómo cambia al mover carga de prueba?	Carga eléctrica y campos eléctricos Explorar fuerzas y líneas de campo con distintas configuraciones	Informe breve con capturas en el que describe los patrones y las respuestas a los problemas
Ley de Gauss	- Flujo eléctrico y superficie gaussiana - Relación carga encerrada–campo - Preguntas guía: ¿cómo varía el flujo si cambia la carga?, diferencias dentro y fuera de esfera	Campo eléctrico: cargas y campos Explorar geometrías (esfera y plano) y dependencia del campo con la carga encerrada	Presentación grupal de un caso aplicado
Circuitos y magnetismo	- Campo magnético, imanes y corriente (electromagnetismo básico) - Aplicaciones: motores y generadores simples - Preguntas guía: polaridad del electroimán e inducción	Imanes y electroimanes Observar brújulas, variar corriente y polaridad; inducción con bobina	Exposición o video demostrando una aplicación
Ley de Ohm	- Relación entre el voltaje, intensidad de corriente eléctrica y resistencia eléctrica (V-I-R) - Preguntas guía: efecto de variar R o V	Circuit Construction Kit (DC) Construcción y medición segura con instrumentos virtuales	Reporte comparando del cálculo de la ley de Ohm vs. lecturas del simulador
Circuitos simples	- Circuitos simples en corriente continua (CC) - Brillo de la luz eléctrica en circuitos en serie y en paralelo	Circuit Construction Kit (DC) Construcción y medición segura con instrumentos virtuales	Reporte comparando el brillo de la luz en circuitos sencillos en serie y paralelo mediante el simulador

La secuencia educativa se implementó a lo largo del curso integrando los simuladores PhET en ejercicios prácticos. Para evaluar la eficacia de la intervención, se realizaron pruebas de conocimientos que abarcaban los cinco componentes mencionados anteriormente (introducción

al electromagnetismo, ley de Gauss, circuitos y magnetismo, ley de Ohm y circuitos simples) tanto antes (pretest) como después (postest) de la secuencia didáctica implementada. Cada prueba incluía tanto preguntas teóricas como preguntas de cálculo relacionadas con el contenido.

RESULTADOS

Resultados del pretest

Antes de la intervención se evaluó la comprensión de los estudiantes sobre el tema electromagnético. Durante esta fase inicial, se identificó que el rendimiento general era inferior al mínimo requerido para aprobar (7 puntos sobre 10). Los discentes obtuvieron una puntuación media de 6.08/10 en el conjunto de temas evaluados. A continuación, se muestra un resumen de las medias de cada área temática:

- En la *Introducción al electromagnetismo* en el que se abordan los principios básicos del electromagnetismo (carga eléctrica y campo eléctrico), la media del grupo fue de 6.12/10. La calificación mínima obtenida fue de 4 puntos sobre diez, lo cual refleja que algunos estudiantes evidencian dificultades en el razonamiento y absorción de los contenidos básicos. Un error frecuente es la confusión entre la atracción y repulsión de cargas. Mientras que, la puntuación máxima fue de 7.50 sobre 10, lo que indica que mínimo de estudiantes han adquirido cierto dominio de los contenidos abordados. En general, 15 estudiantes poseen una nota inferior a 7 y 10 de ellos obtuvieron una puntaje igual o superior a 7. Estos resultados muestran dificultades significativas para comprender los tipos de fuerzas eléctricas y las representaciones del campo eléctrico.
- En el contenido de *Ley de Gauss* el promedio fue 6.56 sobre 10, con notas entre 4 y 8. Aunque el promedio supera ligeramente al del bloque anterior, los resultados mostraron que varios estudiantes presentan dificultades al aplicar la ley de Gauss en la solución de ejercicios problemáticos. Predominantemente, se evidenció incomprensión en cómo influye componentes eléctricamente cargados en superficies planas en el flujo. Doce (12) estudiantes obtuvieron una calificación inferior a 7, mientras que 13 alcanzaron una puntuación igual a superior a 7. Los puntajes menores a siete indican falta de comprensión de este tema abstracto, evidenciando la necesidad de estrategias didácticas para clarificar conceptos como flujo eléctrico y superficies gaussianas.
- En los principios fundamentales de los *Circuitos y magnetismo*, se obtuvo la media más baja; 5.96 sobre 10. Las puntuaciones oscilaron entre 4 y 8. Esto demuestra lo difícil que resultó este componente para muchos estudiantes, dado que 18 reflejaron una calificación menor a siete evidenciando dificultades para relacionar las ideas de la corriente eléctrica con los fenómenos magnéticos —por ejemplo, comprender la conexión entre una corriente y un imán o analizar cómo se comporta una brújula cerca de un conductor que transporta corriente—. Este hallazgo refleja desconocimiento sobre la conexión entre la electricidad

y el magnetismo, muy probablemente como resultado de la necesidad de combinar dos fenómenos diferentes en un único marco conceptual.

- Las puntuaciones en la ley de Ohm reflejan un mínimo de 4 y una calificación máxima de 8 sobre los diez puntos posibles, con una media de 5.60 sobre 10. Los resultados que evidencian los estudiantes con un puntaje inferior a siete (21) es la dificultad en la aplicación de la ley de Ohm que implica el conocimiento de magnitudes físicas como el voltaje, corriente y resistencia eléctrica. Mientras que un mínimo de estudiantes, compuesto por (7) igualó o superó el 7 como mínimo requerido. Por lo tanto, la mayoría de los estudiantes denotaron tener conocimiento básico de la relación entre voltaje, corriente y resistencia eléctrica.
- Finalmente, al evaluar el contenido de *Circuitos simples* los puntajes oscilaron entre 3 y 9, con una media de 6.18 sobre diez. A muchos les resultó difícil resolver problemas básicos de circuitos sencillos como calcular cuánta corriente tendría un circuito dada una tensión y una resistencia, o anticipar cómo variaría el brillo de una bombilla eléctrica cuando se colocaba otra en serie. Este rendimiento pone de relieve importantes oportunidades de desarrollo, posiblemente como resultado del carácter cuantitativo del tema y de la falta de imágenes conceptuales tangibles en la experiencia previa de los estudiantes. Cabe mencionar que 16 de los 25 participantes tuvo una puntuación menor a 7; y 9 igualó o superó esta calificación.

En general, el diagnóstico reveló vacíos conceptuales sobre los contenidos de electromagnetismo que fueron evaluados. La media de las calificaciones en cada componente fue inferior a 6.5 sobre 10, lo que indica que los estudiantes aún no habían adquirido una comprensión sólida de los fundamentos electromagnéticos antes de utilizar los simuladores. Estos resultados justificaron la necesidad de una intervención docente innovadora, por lo que emergió el diseño y aplicación de la secuencia didáctica con simulaciones para reforzar el aprendizaje.

Resultados posttest

Tras completar la secuencia de formación con el simulador PhET, los estudiantes realizaron una prueba de seguimiento similar a la inicial. La herramienta de evaluación posterior a la prueba mantuvo la misma estructura y nivel de dificultad que la prueba previa, con el fin de comparar directamente los resultados y atribuir las diferencias a la influencia de la intervención. La Tabla 2 resume las puntuaciones medias del grupo de veinte y cinco estudiantes en cada componente temático antes y después de la intervención, así como el porcentaje relativo de mejora y la diferencia absoluta.

Tabla 2

Diferencias absolutas y porcentajes de mejora en el aprendizaje de contenidos de electromagnetismo Resultados promedios en el pretest y postest por componente temático del electromagnetismo

Contenido evaluado	Promedio Pre-test	Promedio Post-test	Diferencia absoluta	Porcentaje de mejoras
Introducción al electromagnetismo (cargas y campo eléctrico)	6.12	7.66	1.54	25.16%
Ley de Gauss	6.56	8.42	1.86	28.35%
Magnetismo y circuitos	5.96	7.96	2.00	33.56%
Ley de Ohm	5.60	7.78	2.18	38.93%
Circuitos simples	6.18	8.20	2.02	32.69%
Promedio general	6.08	8.00	1.92	31.74%

Tras la intervención con el simulador, se observaron mejoras notables en todos los componentes, como se muestra en la Tabla 2. El aumento absoluto es de 1.92 puntos, o una mejora media del 31.74 %, la media general del grupo pasó de 6,08 a 8,00 sobre 10. A continuación se ofrece una descripción más detallada de estos resultados:

- El promedio aumentó de 6.12 a 7.66 en la sección sobre introducción al electromagnetismo (cargas eléctricas y campos eléctricos). Esta diferencia de +1.54 puntos representan una mejora del 25.16 %. La comprensión de los estudiantes sobre las interacciones entre las cargas mejoró en la prueba posterior; por ejemplo, fueron capaces de identificar con mayor precisión las cargas positivas y negativas y hacer predicciones precisas sobre las fuerzas que se producirían. Este logro parece haber sido posible gracias al simulador, que permitió a los estudiantes cambiar la configuración de las cargas en tiempo real y observar cómo cambiaban el campo eléctrico y las fuerzas, lo que reforzó su intuición sobre el fenómeno. Durante los ejercicios, muchos estudiantes mencionaron que pudieron comprender mejor algo que antes solo veían como ecuaciones abstractas al ver las líneas de campo en la simulación.
- El promedio en la ley de Gauss mejoró en un 28.35%, pasando de 6.56 a 8.42 (+1.86 puntos). Este fue uno de los aumentos más notables. En la prueba posterior, la mayoría de los estudiantes fueron capaces de describir con precisión situaciones utilizando la ley de Gauss (por ejemplo, comprender que, si una esfera conductora no tiene carga en su interior, el campo eléctrico en su interior es cero independientemente de la carga exterior). Al alterar las cargas y las formas, la simulación interactiva permitió a los participantes experimentar muchos escenarios y visualizar fácilmente el flujo eléctrico. Las altas puntuaciones

obtenidas tras la intervención demuestran lo fácil que resulta abordar conceptos abstractos (como el *flujo eléctrico*) mediante ejercicios guiados en el simulador.

- La puntuación media en circuitos y magnetismo mejoró un 33.56%, pasando de 5.96 a 7.96 (+2.00 puntos). Este progreso demuestra que la comprensión de conceptos como la relación entre los campos magnéticos y las corrientes eléctricas mejoró significativamente, aunque todavía existe margen de mejora (la media tras la intervención se mantuvo por debajo de 8). Los estudiantes demostraron en la prueba posterior que comprendían que al acercar un imán a una bobina se produce una corriente, lo que demuestra su comprensión práctica de la relación entre la electricidad y el magnetismo. Antes de la intervención, desconocían este tipo de relación. Fueron capaces de descubrir estas regularidades por sí mismos utilizando la simulación *Imanes y electroimanes*, que empleaba una metodología de aprendizaje práctico que fomentaba un aprendizaje significativo e introspectivo.
- La puntuación media en la ley de Ohm mejoró un 38.93%, pasando de 5.60 a 7.78 (+2.18 puntos). Teniendo en cuenta que se parte de conocimientos numéricos fundamentales, este componente mostró el mayor aumento porcentual, lo cual es bastante importante. Los estudiantes pudieron comprender más fácilmente las ideas significativas de voltaje, corriente y resistencia después de la intervención; por ejemplo, pudieron resolver correctamente problemas comunes de circuitos y proporcionar una explicación conceptual de lo que sucedía cuando se cambiaba la resistencia o el voltaje en un circuito en la prueba posterior. Muchos informaron de que el simulador les permitió experimentar de forma segura con diferentes voltajes y resistencias, al tiempo que veían inmediatamente los cambios en el brillo y la corriente de las bombillas. Gracias a este aprendizaje experimental, fueron capaces de resolver mejor los problemas básicos de los circuitos y comprender la ley de Ohm.
- La puntuación media en *circuitos simples* mejoró un 32.69%, pasando de 6.18 a 8.20 (+2.02 puntos). Teniendo en cuenta que se parte de conocimientos numéricos fundamentales, este componente mostró el mayor aumento porcentual, lo cual es bastante importante. Los estudiantes pudieron comprender más fácilmente las ideas significativas de voltaje, corriente y resistencia después de la intervención; por ejemplo, pudieron resolver correctamente problemas comunes de circuitos y proporcionar una explicación conceptual de lo que sucedía cuando se cambiaba la resistencia o el voltaje en un circuito en la prueba posterior. Muchos informaron de que el simulador les permitió experimentar de forma segura con diferentes voltajes y resistencias, al tiempo que veían inmediatamente los cambios en el brillo y la corriente de las bombillas. Gracias a este aprendizaje experimental, fueron capaces de resolver mejor los problemas básicos de los circuitos y comprender la ley de Ohm.

Independientemente de su nivel inicial, todos los estudiantes obtuvieron mejores calificaciones tras utilizar los simuladores PhET, lo que indica que la intervención fue beneficiosa para el grupo en su conjunto. Además de mejorar sus calificaciones numéricas, también mejoró la actitud de los estudiantes. A pesar de la inseguridad inicial observada durante la prueba de diagnóstico, ganaron confianza a la hora de abordar problemas electromagnéticos y se mostraron más dispuestos a experimentar y debatir soluciones.

DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que el aprendizaje mejoró significativamente gracias a la incorporación metódica de los simuladores PhET en el plan de estudios sobre electromagnetismo. Todos los componentes estudiados mostraron mejoras, y la media general aumentó de 6.08/10 en la prueba de diagnóstico a 8.00/10 tras la intervención, lo que representa un aumento absoluto de 1.92 puntos ($\approx 31.74\%$). Según Chávez y Mestres (2023); Villarreal (2024) esta tendencia se ajusta al marco teórico que atribuye beneficios a las simulaciones como la visualización interactiva y la retroalimentación instantánea que permiten a los estudiantes poner a prueba hipótesis y rectificar errores conceptuales en tiempo real. Además, respalda la idea de que la experimentación segura y supervisada aumenta la motivación y acerca lo abstracto a lo concreto (Pozuelo et al., 2023). Estos mecanismos didácticos se describen como esenciales para cerrar la brecha entre la teoría y la experiencia.

El funcionamiento de estas ventajas queda claro al observar el patrón de mejora por componente. La *ley de Ohm* y registró el mayor crecimiento porcentual (+2.18 puntos; = 38.93 %), seguido de los *circuitos y el magnetismo* (+2.00; $\approx 33.56\%$). El simulador permitió a los usuarios cambiar los voltajes, las resistencias y las configuraciones en ambas situaciones, al instante cómo los cambios afectaban a la corriente y al brillo, y comparar los cálculos con las mediciones virtuales, todo lo cual la investigación atribuye a una mejora en la comprensión conceptual y en las habilidades para resolver problemas. Esta conducta se alinea con la función que se dice que desempeñan las TIC en el fomento del *aprender haciendo*, la reflexión sobre la acción y el crecimiento de las habilidades de resolución de problemas en materias consideradas difíciles como la Física (Alastor et al., 2023; Torres Cañizález y Cobo Beltrán, 2017). En otras palabras, cuando el contenido combina *carga conceptual y procedimiento cuantitativo*, la retroalimentación instantánea del simulador parece acelerar la construcción de modelos mentales operativos.

Aunque la ley de Gauss es un tema históricamente abstracto para los estudiantes en el diagnóstico (dificultad con el flujo y las superficies gaussianas), el crecimiento fue igualmente considerable (+1.86; $\approx 28.35\%$). La representación dinámica de las líneas de campo, las superficies cerradas y la variación de carga en este caso permitió visibilizar lo que normalmente requeriría un proceso de abstracción, lo que respalda la afirmación de que la exploración

controlada y la visualización gráfica son herramientas para descifrar fenómenos complejos y reforzar la intuición física (Chávez y Mestres, 2023; Pozuelo et al., 2023). Este resultado es coherente con la bibliografía revisada en la introducción, que demuestra las ventajas de utilizar simulaciones en diseños cuasi-experimentales para la enseñanza de la física (Casadei et al., 2008; Mera y López, 2023).

Aunque se observó una mejora notable en los *circuitos y el magnetismo*, la media tras la prueba seguía estando por debajo de 8 puntos. Este particular revela la necesidad de más tiempo de andamiaje y experiencias de inducción y de campo graduadas que conecten específicamente la variación temporal y la respuesta actual para la integración conceptual de la electricidad y el magnetismo. Lo anterior se reconoce como una deficiencia en el diagnóstico. La base teórica respalda la idea de que los simuladores fomentan el aumento de los niveles de complejidad y el refuerzo de la investigación guiada, pero también pone de relieve importantes obstáculos prácticos que podrían limitar su utilidad (UNESCO, 2023). En la práctica, sería necesario planificar más secuencias que incluyan nuevos ciclos de contraste entre la previsión, la observación y la explicación para mantener y desarrollar este progreso.

El estudio señala que todos los estudiantes superaron los promedios y que se produjeron cambios en la actitud, incluyendo una mayor confianza en la resolución de problemas y una disposición a probar cosas nuevas y hablar sobre soluciones. Este elemento concuerda con estudios que relacionan los simuladores con entornos inmersivos y accesibles, mayores niveles de motivación intrínseca y un aprendizaje autodirigido mejorado (Montenegro et al., 2025). Trabajar con simulaciones y compartir los resultados con los compañeros funciona como nodos que amplían la red de conexiones significativas, lo que permite transferencias a contextos novedosos, según la teoría conectivista (Toro, 2024).

Los resultados a nivel nacional anteriormente citados como Manrique y Panza (2021) demuestran que los métodos creativos que incorporan tecnología mejoran la transferencia a la realidad; Toala et al. (2021) registran que los entornos virtuales mantienen el compromiso y la dedicación; y Rosero et al. (2022) informan de que PhET tiene un impacto positivo en el electromagnetismo a pesar de la preparación inadecuada de los profesores y la integración tecnológica. Además de aportar pruebas en la misma dirección, el resultado de esta investigación refleja mejoras relevantes con una pequeña intervención aplicado a un grupo de docentes en formación, lo que implica que puede ser replicado al realizar ajustes.

Dado que no hubo un grupo de control y que la muestra solo contó con 25 estudiantes, el diseño preexperimental de un solo grupo requiere cautela a la hora de extraer conclusiones sobre la causalidad. Futuras réplicas con diseños cuasi-experimentales y seguimiento longitudinal permitirían aislar los efectos y observar la persistencia del aprendizaje. La elección metodológica, que se basa en la necesidad de evaluar una intervención, docente en su contexto, es relevante para estimar la magnitud del cambio y la viabilidad (Hernández y Mendoza, 2018). Además, los

obstáculos de tiempo, formación e infraestructura que la UNESCO (2023) enumera como impedimentos para la adopción de la simulación siguen existiendo en los sistemas educativos y afectan a la escalabilidad.

En general, el argumento principal del artículo se apoya en datos cuantitativos y observaciones realizadas en el aula: los simuladores PhET son recursos didácticos útiles, especialmente cuando se incorporan en secuencias que hacen hincapié en la exploración guiada, la retroalimentación en tiempo real y la visualización de fenómenos. Los datos sugieren tres estrategias que se ajustan al marco propuesto para promover la mejora continua: 1) profundizar en el trabajo con Gauss y la inducción mediante tareas graduales de predicción-experimento-explicación; 2) institucionalizar el tiempo y el apoyo para la adaptación de los docentes, abordando los obstáculos señalados por la UNESCO; y 3) aprovechar la creciente autoeficacia de los estudiantes para introducir problemas más abiertos que movilicen la transferencia, en consonancia con la orientación conectivista y las experiencias nacionales documentadas.

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que el rendimiento general de los estudiantes mejora significativamente cuando las simulaciones PhET se incorporan de forma sistemática en un plan de estudios sobre electromagnetismo. La relevancia pedagógica de la intervención y su capacidad para reducir las brechas conceptuales observadas inicialmente se ven respaldadas por la media del grupo, que pasó de 6.08/10 en la prueba diagnóstica a 8.00/10 en la prueba posterior, lo que supone un aumento de 1.92 puntos y una mejora del 31.74 %.

El patrón de mejora por componente apunta a mejoras especialmente notables en áreas en las que el razonamiento físico depende de la visualización y la manipulación de variables. La *ley de Ohm* experimentó el mayor aumento porcentual (de 5.60 a 7.78; 38.93 %), seguida de *Magnetismo y circuitos* (de 5.96 a 7.96; 33.56 %). Este patrón está en consonancia con la mediación didáctica que promueve la transferencia de la teoría a la solución de problemas del mundo real al permitir a los estudiantes pasar de fórmulas aisladas a modelos mentales manipulables (medición virtual, modificación de parámetros y retroalimentación instantánea).

En cuanto al rendimiento observable, la secuencia didáctica cambió la forma en que los estudiantes interactuaban con el material. Además de un aumento en las respuestas correctas, se observó una mayor confianza a la hora de describir fenómenos y una mayor capacidad para aplicar los principios electromagnéticos en entornos simulados; algo difícil de lograr en entornos convencionales debido al coste y al peligro que ello conlleva. La intervención siguió la lógica del aprendizaje activo, lo que concuerda con este cambio de postura, pasando de ser receptores pasivos a protagonistas que experimentan y debaten.

Tras la intervención, los estudiantes mostraron una mejora en la interpretación de representaciones (líneas de campo, instrumentos virtuales, etc.) y en la integración conceptual-

procedimental, ya que fueron capaces de resolver problemas comunes con mayor precisión y describir las implicaciones del cambio de voltaje y resistencia.

Si se cumplen los requisitos de implementación (tiempo de planificación, infraestructura y apoyo docente), los resultados sugieren que las simulaciones pueden ser una innovación práctica y escalable en los cursos de física a nivel institucional. Es preciso destacar que los obstáculos como las limitaciones de tiempo, la reticencia a adaptarse y la infraestructura inadecuada suelen impedir el uso de recursos interactivos; sin embargo, los éxitos logrados aquí demuestran que estos obstáculos pueden superarse cuando la experiencia se media pedagógicamente con una evaluación basada en competencias y tareas guiadas.

Concluimos reconociendo dos limitaciones del estudio que servirán de base para futuras investigaciones: 1) el tamaño de la muestra ($n = 25$) limita la generalización externa, y 2) el diseño preexperimental de un solo grupo impide aislar por completo los efectos de la maduración u otros factores. Para evaluar los efectos a largo plazo de la técnica y su transferencia a entornos escolares reales, las investigaciones futuras deberían incluir grupos de comparación, evaluaciones de retención a medio plazo y un seguimiento del rendimiento en tareas auténticas (como el diseño de experiencias docentes por parte de futuros profesores).

REFERENCIAS

- Alastor, E., Sánchez, E., Martínez-García, I. y Rubio, M. (2023). *TIC en educación en la era digital: propuestas de investigación e intervención*. Universidad de Málaga. <https://monografias.uma.es/index.php/mumaed/catalog/book/65>
- Casadei, L., Cuicas, M., Debel, E. y Alvarez, Z. (2008). La simulación como herramienta de aprendizaje en física. *Actualidades Investigativas en Educación*, 8(2), 1-27. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2719756>
- Chávez Farfán, J. G., y Mestres Gómez, Universidad de Guayaquil. (2023). Simuladores Phet: como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje experimental de física [Phet Simulators: as a teaching tool for experimental teaching and learning of physics]. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 8(11), 1303–1322. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i11.6337>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa [INEVAL]. (2025). *Ser Estudiante. Nivel Bachillerato. Año lectivo 2023-2024. Informe de resultados*. INEVAL. https://cloud.evaluacion.gob.ec/dagireportes/sestciclo21/nacional/2023-2024_3.pdf
- Lino-Calle, V. A., Barberán-Delgado, J. A., López-Fernández, R., & 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>
- Manrique Loayza, E. O., & Panza Plaza, G. E. (2019). *El desarrollo de competencias para la resolución de problemas matemáticos en los estudiantes del décimo año de Educación General Básica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Educación]. Repositorio Institucional UNAE. <http://repositorio.unae.edu.ec/handle/56000/1093>
- Mera-Menéndez, J. R. y López-González, W. O. (2023). Simuladores PHET: una herramienta didáctica para el mejoramiento del rendimiento académico de estudiantes en Energía Mecánica. *MQRInvestigar*, 7(4), 112–130. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.112-130>
- Montenegro Montenegro, D. E., Vinuesa Beltrán, R. M. y Morales Rovalino, V. F. (2025). Uso de simuladores virtuales como herramienta de aprendizaje activo en entornos educativos universitarios. *Technology Rain Journal*, 4(1). <https://doi.org/10.55204/trj.v4i1.e75>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2023). *Global Education Monitoring Report 2023: Tecnología en la educación – A tool on whose terms? (Resumen en español)*. UNESCO.

- Palacios, Y. y Nova, A. (2023). Formación y desarrollo de las competencias docentes: aportes a la calidad educativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 2673-2693.
- Pozuelo Muñoz, J., Martín García, J., Carrasquer Álvarez, B., & Cascarosa Salillas, E. (2023). *Percepciones del profesorado ante el uso de simuladores virtuales en el aula de ciencias. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 98(37.2). <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i37.2.95842>
- Quiñónez García, L. X., Sánchez Lóor, J. G., Sosa Castro, J. M., & Toaza Morales, J. C. (2022). Falta de recursos tecnológicos: consecuencias en la calidad educativa de la educación básica. *Revista Científica Multidisciplinaria Ogma*, 1(2), 46–61. <https://doi.org/10.69516/rg9kzf64>
- Rosero Mellizo, L. S., Rivera Toro, K. A., & Guerrero Julio, M. L. (2022). Simulaciones en PhET como estrategia en tiempos de COVID-19 para generar aprendizaje significativo al potenciar la competencia explicación de fenómenos. *Panorama*, 16(30), 224–142. Politécnico Grancolombiano. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v16i30.3135>
- Serrano, J. L. y Moreno-García, J. (2024). Inteligencia artificial y personalización del aprendizaje: ¿innovación educativa o promesas recicladas? *Eduotec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (89), 1–17. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.89.3577>
- Toala Pilay, M. A., Romero Castro, V. F., Romero Castro, M. I., & Romero Castro, R. M. (2021). La inteligencia artificial en la Educación Física en tiempo de COVID-19. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 5(21), 1508–1517. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v5i21.293>
- Toro, L. (2024, 25 de junio). *El uso de la teoría del conectivismo en la educación digital*. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/el-uso-de-la-teoria-del-conectivismo-en-la-educacion-digital>
- Torres Cañizález, P. C. y Cobo Beltrán, J. K. (2017). Tecnología educativa y su papel en el logro de los fines de la educación. *Educere*, 21(68), 31–40. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela
- Villarreal Villarreal, E. (2024). El simulador PhET como alternativa de aprendizaje en la materia de circuitos eléctricos a nivel técnico. *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 2(2), 57–71. <https://doi.org/10.59721/rinve.v2i2.21>