

Impacto del uso de PhET como recurso didáctico para la enseñanza de la Ley de Ohm

Impact of using PhET as a didactic resource for teaching Ohm's Law

Johana Doménica Haro Salguero*
 Universidad Técnica de Cotopaxi
 Latacunga - Ecuador
johana.haro4336@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0519-0913>

María Fernanda Martínez Bustillos
 Universidad Técnica de Cotopaxi
 Latacunga - Ecuador
maria.martinez3579@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-2250-6196>

Oscar Alejandro Guaypatín Pico
 Universidad Técnica de Cotopaxi
 Latacunga - Ecuador
oscar.guaypatin@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4208-7573>

***Correspondencia:**
johana.haro4336@utc.edu.ec

Cómo citar este artículo:
 Haro, J., Martínez, M., & Guaypatín, O. (2026). Impacto del uso de PhET como recurso didáctico para la enseñanza de la Ley de Ohm. *Revista de Investigación Educativa Niveles*, 3(2), 99-113. <https://doi.org/10.61347/rien.v3i2.109>

Recibido: 9 de junio de 2026
Aceptado: 14 de julio de 2026
Publicado: 17 de agosto de 2026

Copyright: Derechos de autor 2026 Johana Doménica Haro Salguero, María Fernanda Martínez Bustillos, Oscar Alejandro Guaypatín Pico.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NonComercial 4.0.

Resumen: Este artículo de investigación evalúa el impacto del uso de los simuladores interactivos PhET como recurso didáctico y activo para la enseñanza y el aprendizaje de la Ley de Ohm, frente a las metodologías tradicionales memorísticas. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto con un diseño cuasiexperimental, abarcó una muestra probabilística de 50 estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa “Nuestra Señora de Pompeya”, divididos equitativamente en un grupo de control y otro experimental. Los resultados cuantitativos y cualitativos revelaron una brecha significativa a favor del entorno virtual: el 75 % de los alumnos del grupo experimental alcanzó un nivel de desempeño académico alto, en contraste con apenas el 16 % del grupo de control. Asimismo, el análisis inferencial mediante la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes confirmó diferencias estadísticas altamente significativas ($p = 0.0001$) en las dimensiones evaluadas: rendimiento final, comprensión visual y motivación en el aula. El soporte dinámico de PhET funcionó como un potente mediador didáctico que redujo la abstracción inherente a la electrodinámica. Al permitir la manipulación directa de variables (voltaje, corriente y resistencia) y la visualización del flujo microscópico de electrones en tiempo real, la herramienta facilitó la transición de un rol pasivo a un aprendizaje constructivista e integrador. Se concluye que la experimentación virtual no solo disminuye la ansiedad científica, sino que optimiza el razonamiento conceptual y la motivación estudiantil, por lo que se recomienda institucionalizar estos laboratorios virtuales en el currículo de ciencias experimentales.

Palabras clave: Aprendizaje activo, enseñanza de la física, Ley de Ohm, PhET, recurso didáctico.

Abstract: This research article evaluates the impact of using PhET interactive simulators as an active learning resource for teaching and learning Ohm's Law, compared to traditional rote learning methodologies. The study employed a mixed-methods approach with a quasi-experimental design, encompassing a probabilistic sample of 50 high school students from the "Nuestra Señora de Pompeya" Educational Unit, equally divided into a control group and an experimental group. The quantitative and qualitative results revealed a significant advantage for the virtual environment: 75% of the students in the experimental group achieved a high level of academic performance, compared to only 16% in the control group. Furthermore, inferential analysis using the student's t-test for independent samples confirmed highly significant statistical differences ($p = 0.0001$) in all dimensions evaluated: final performance, visual comprehension, and classroom motivation. PhET's dynamic support functioned as a powerful didactic mediator that reduced the inherent abstraction of electrodynamics. By allowing the direct manipulation of variables (voltage, current, and resistance) and the real-time visualization of microscopic electron flow, the tool facilitated the transition from a passive role to a constructivist and integrative learning experience. It is concluded that virtual experimentation not only reduces scientific anxiety but also optimizes conceptual reasoning and student motivation; therefore, it is recommended that these virtual laboratories be institutionalized within the experimental science curriculum.

Keywords: Active learning, Ohm's Law, PhET, physics teaching, teaching resource.

1. Introducción

La enseñanza de la Ley de Ohm y los circuitos eléctricos en el subnivel de educación media y bachillerato se ha caracterizado históricamente por metodologías de corte tradicional, centradas en la memorización de fórmulas y el cálculo matemático sin una comprensión profunda del fenómeno físico. En el contexto particular de la institución educativa se observa durante los últimos años académicos una marcada dificultad en los estudiantes para relacionar las variables de voltaje, corriente y resistencia. Las diferencias se reflejan en la incapacidad para predecir el comportamiento de un circuito al alterar sus componentes, así como en un bajo rendimiento en las evaluaciones estadísticas de física.

El problema radica en la falta de recursos de laboratorio que permitan a los alumnos interactuar directamente con el fenómeno. La enseñanza abstracta, sin apoyo visual o manipulativo, impide un aprendizaje significativo. Por tanto, la pregunta de investigación que guía este trabajo es: ¿De qué manera el uso de los simuladores interactivos PhET impactan la enseñanza y el aprendizaje de la Ley de Ohm en estudiantes de la Unidad Educativa “Nuestra Señora de Pompeya”? Un simulador PhET es una herramienta digital interactiva, gratuita y basada en la investigación creada por la Universidad de Colorado Boulder que imita fenómenos científicos y matemáticos (Tituaña, 2025). Para dar respuesta a esta interrogante, se plantea como hipótesis de investigación (H1) que la integración del simulador interactivo PhET como recurso didáctico genera un incremento estadísticamente significativo en el rendimiento académico, la comprensión visual de variables y la motivación en el aula para el aprendizaje de la Ley de Ohm en estudiantes de bachillerato, en comparación con el uso de metodologías tradicionales memorísticas.

Abordar el fortalecimiento de la enseñanza de la física desde un enfoque digital y activo se justifica por la necesidad de modernizar los ambientes de aprendizaje y optimizar los recursos educativos (Mora, 2023). Los simuladores interactivos PhET ofrecen un entorno seguro gratuito y altamente visual que simula condiciones de laboratorio incluso cuando los centros educativos no cuentan con el equipamiento físico necesario (Chávez & Mestres, 2023).

Desde la perspectiva pedagógica esta propuesta facilita la comprensión de conceptos abstractos mediante la manipulación directa de variables, lo que permite al estudiante observar en tiempo real el efecto de sus acciones sobre el circuito eléctrico. Además, la integración de estas herramientas favorece el desarrollo de competencias digitales y científicas fundamentales en el perfil de salida del estudiante (López, et al., 2025).

La importancia de este estudio radica en un impacto desde la alfabetización científica y tecnológica de los jóvenes. El dominio deficiente de la Ley de Ohm solo representa una barrera académica en la asignatura de física, sino que limita las capacidades de los estudiantes de la unidad educativa mencionada, para comprender aplicaciones tecnológicas cotidianas y futuras carreras de ingeniería o ciencia exactas (Chuni & Panamá, 2025). Al demostrar empíricamente la efectividad del uso de PhET en la enseñanza de la Ley de Ohm, el presente trabajo proporciona un marco de referencia útil para los docentes y directivos que busquen implementar metodologías activas apoyadas en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

La presente investigación se fundamenta en las teorías del aprendizaje activo, la integración de las TIC en la enseñanza de las ciencias experimentales y los modelos de simulación para la visualización de fenómenos físicos.

El aprendizaje constructivista sostiene que los estudiantes edifican su propio conocimiento a través de la interacción con el medio y la manipulación de objetos (Cáceres & Alvarado, 2024). En la

enseñanza de la física, la carencia de laboratorios físicos representa un obstáculo para este proceso. Sin embargo, actores como Almagro et al. (2026) señalan que el uso de herramientas digitales, como los simuladores interactivos, proporciona un entorno experimental en el que el alumno modifica variables de manera controlada.

A través de la interacción con simuladores PhET, los estudiantes visualizan fenómenos abstractos, como la corriente eléctrica y el flujo de electrones, que de otro modo serían invisibles. De esta forma, se fomenta un aprendizaje significativo y se reduce los errores conceptuales (Macías & Ordóñez, 2025).

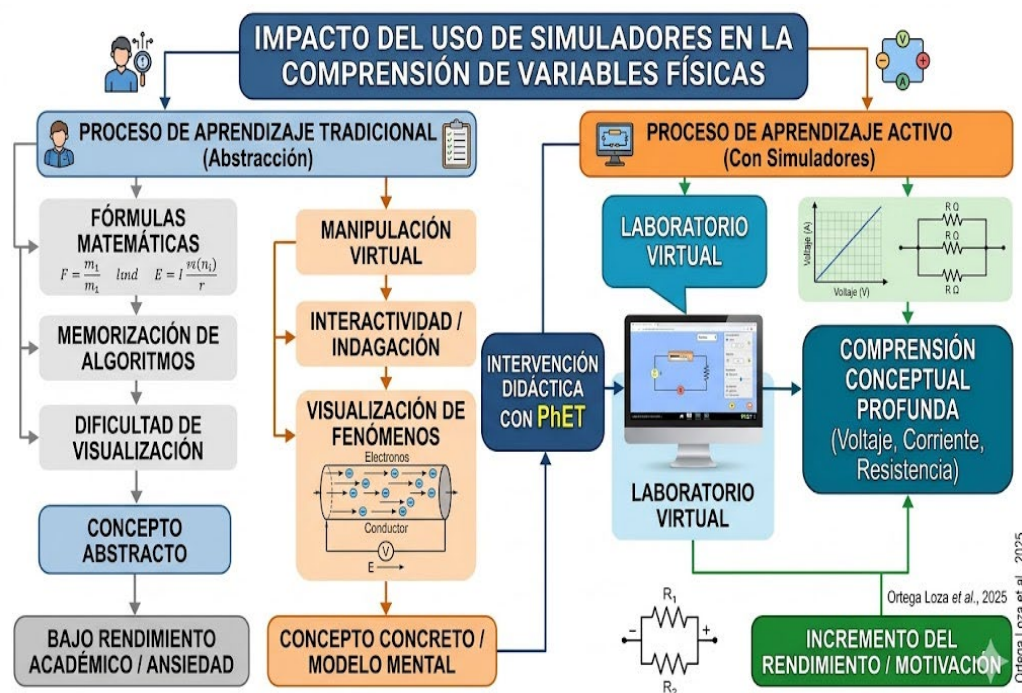
La ley de Ohm ($V = I \times R$) es un concepto fundamental en la electricidad y la física básica. Su comprensión no debe limitarse al cálculo algebraico, sino que debe permitir al estudiante entender la relación de proporcionalidad directa e inversa entre el voltaje, la corriente y la resistencia. “La experimentación interactiva permite a los estudiantes comprender de manera profunda la relación matemática y física de los circuitos eléctricos, mejorando significativamente su razonamiento científico” (Ortega et al., 2025, p. 1705).

Asimismo, Xu et al. (2024) destacan que la interactividad y la repetición de experimentos en simuladores virtuales reduce la ansiedad matemática y científica en los estudiantes, y los motiva a explorar configuraciones de circuitos más complejas.

El uso de simuladores PhET se enmarca dentro de las metodologías activas centradas en el estudiante. Según Lucas-Espinoza y Hernández-Nodarse (2025), el aprendizaje basado en la indagación virtual transforma el rol del docente de transmisor de información a guía del conocimiento (Soto et al, 2026). Los alumnos formulan hipótesis, manipulan las variables del circuito, observan los resultados en tiempo real y refuerzan su capacidad para resolver problemas de la vida real (Marcillo-Cedeño et al., 2025).

Figura 1

Diagrama del impacto del uso de simuladores en la comprensión de variables físicas



Nota. Adaptado del diagrama de Ortega et al. (2025).

El diagrama ilustra el contraste entre dos modelos de enseñanza para el estudio de la física (especialmente, los conceptos de electricidad y la Ley de Ohm): el proceso de aprendizaje tradicional y el proceso de aprendizaje activo apoyado por el simulador PhET. El diagrama muestra que el modelo tradicional se basa en la actuación y la transmisión unidireccional de información.

- Abstracción: el estudiante enfrenta fórmulas matemáticas y la memorización de algoritmos sin una conexión directa con el fenómeno real.
- Dificultad de visualización: al no poder observar cómo interactúan los electrones, la corriente o el voltaje, el conocimiento se vuelve puramente memorístico.
- Consecuencias: se genera un concepto abstracto de difícil asimilación, lo que suele derribar el bajo rendimiento académico, desmotivación y, en muchos casos, ansiedad frente a las ciencias exactas.
- En contraste, la vía naranja y azul detalla cómo la intervención didáctica a través de un laboratorio virtual transforma el proceso cognitivo.
- Interacción e indagación: el estudiante manipula variables de manera directa y segura (modificando la resistencia o el voltaje en el simulador).
- Visualización de fenómenos: el modelo permite “ver lo invisible”, como el flujo de electrones a través de un conductor, transformando un concepto abstracto en un modelo mental concreto.
- Compresión conceptual profunda: el estudiante deduce la relación matemática al observar el comportamiento gráfico y físico simultáneamente.

La intervención didáctica con herramientas interactivas conduce a un incremento del rendimiento y la motivación. Ese resultado está respaldado por Ortega et al. (2025), quienes demuestran que la experimentación virtual es un recurso clave para afianzar el razonamiento científico en los estudiantes.

La investigación tiene como objetivo general analizar el impacto del uso de los simuladores interactivos PhET como recurso didáctico para la enseñanza y el aprendizaje de la Ley de Ohm. Y como objetivos específicos:

- Diagnosticar el nivel de comprensión sobre La ley de Ohm antes de la intervención didáctica.
- Implementar sesiones prácticas de laboratorio virtual utilizando el simulador PhET.
- Evaluar el impacto de la herramienta mediante la comparación de resultados entre el grupo de control y el grupo experimental.

2. Metodología

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto con un alcance explicativo y un diseño cuasiexperimental. Se estructuró con un grupo de control y un grupo experimental, y se aplicaron mediciones antes y después de la intervención pedagógica. La comparación definitiva para evaluar la efectividad del recurso digital se realizó contrastando los resultados del grupo experimental frente a los del grupo de control, mitigando así sesgos asociados a la maduración del grupo.

La población estuvo constituida por los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa “Nuestra Señora de Pompeya”. La muestra probabilística se conformó por 50 estudiantes seleccionados al azar, divididos de la siguiente manera:

- Grupo de control (25 estudiantes): recibieron la enseñanza mediante métodos tradicionales (clase magistral y uso de pizarra).

- Grupo experimental (25 estudiantes): recibieron la enseñanza utilizando el simulador interactivo PhET en el laboratorio de informática.

Instrumentos y criterios de evaluación

Para la recolección de datos se empleó una Prueba de Rendimiento Académico (10 reactivos teóricos y prácticos sobre circuitos) y una Encuesta de Percepción basada en la Escala Likert (5 puntos, evaluando 3 dimensiones: Comprensión Visual, Motivación y Utilidad Práctica). Para el análisis estadístico de la encuesta, los ítems de cada dimensión se agruparon mediante sumatoria y promediado simple, generando un índice compuesto por dimensión para cada estudiante antes de ser sometidos a las pruebas de contraste.

Análisis estadístico e inferencial

Los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva e inferencial. Para verificar si los datos provenían de poblaciones normales, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. La igualdad de varianzas se evaluó mediante la prueba de homocedasticidad de Levene. Tras constatar el cumplimiento de estos supuestos, se seleccionó la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes con el fin de determinar si el impacto de la intervención didáctica en el grupo experimental era estadísticamente significativo en comparación con el grupo tradicional ($p < 0.05$).

3. Resultados

Tras la aplicación del programa de intervención se obtienen los siguientes resultados, los cuales se presentan en las matrices de datos individuales correspondientes a los 25 estudiantes del grupo de control y del grupo experimental, detallando sus puntajes por dimensión (escala 1-5) y la calificación final obtenida en la prueba de rendimiento académico (escala 1-10).

Tabla 1

Datos individuales y dimensionales del grupo de control

Estudiante	Dim. Visual (1-5)	Dim. Motivación (1-5)	Dim. Utilidad (1-5)	Rendimiento (1-10)
C1	2.8	2.6	2.5	6.2
C2	2.4	2.6	2.5	5.5
C3	2.8	2.2	2.5	6.2
C4	2.4	2.6	2.5	5.5
C5	2.8	2.6	2.5	6.2
C6	2.4	2.2	2.5	5.5
C7	2.8	2.6	2.5	6.2
C8	2.4	2.6	2.5	5.5
C9	2.8	2.2	2.5	6.2

C10	2.4	2.6	2.5	5.5
C11	2.8	2.6	2.5	6.2
C12	2.4	2.2	2.5	5.5
C13	2.8	2.6	2.5	6.2
C14	2.4	2.6	2.5	5.5
C15	2.8	2.2	2.5	6.2
C16	2.4	2.6	2.5	5.5
C17	2.8	2.6	2.5	6.2
C18	2.4	2.2	2.5	5.5
C19	2.8	2.6	2.5	6.2
C20	2.4	2.6	2.5	5.5
C21	2.8	2.2	2.5	6.2
C22	2.4	2.6	2.5	5.5
C23	2.8	2.6	2.5	6.2
C24	2.4	2.2	2.5	5.5
C25	2.8	2.6	2.5	6.2

Tabla 2

Datos individuales y dimensionales del grupo experimental

Estudiante	Dim. Visual (1-5)	Dim. Motivación (1-5)	Dim. Utilidad (1-5)	Rendimiento (1-10)
E1	4.8	4.7	4.5	9.2
E2	4.6	4.7	4.5	8.5
E3	4.8	4.4	4.5	9.2
E4	4.6	4.7	4.5	8.5
E5	4.8	4.7	4.5	9.2
E6	4.6	4.4	4.5	8.5
E7	4.8	4.7	4.5	9.2
E8	4.6	4.7	4.5	8.5
E9	4.8	4.4	4.5	9.2

E10	4.6	4.7	4.5	8.5
E11	4.8	4.7	4.5	9.2
E12	4.6	4.4	4.5	8.5
E13	4.8	4.7	4.5	9.2
E14	4.6	4.7	4.5	8.5
E15	4.8	4.4	4.5	9.2
E16	4.6	4.7	4.5	8.5
E17	4.8	4.7	4.5	9.2
E18	4.6	4.4	4.5	8.5
E19	4.8	4.7	4.5	9.2
E20	4.6	4.7	4.5	8.5
E21	4.8	4.4	4.5	9.2
E22	4.6	4.7	4.5	8.5
E23	4.8	4.7	4.5	9.2
E24	4.6	4.4	4.5	8.5
E25	4.8	4.7	4.5	9.2

Análisis comparativo de rendimiento

Tabla 3

Resultados globales

Nivel de desempeño	Grupo de control	Grupo experimental
Bajo (1 a 4 puntos)	28 %	4 %
Medio (5 a 7 puntos)	56 %	21 %
Alto (8 a 10 puntos)	16 %	75 %

Los resultados muestran un incremento notable en el grupo experimental que alcanzó el nivel alto (75 %), demostrando que la manipulación virtual de variables (voltaje, corriente y resistencia) mejora la comprensión de la relación física y matemática de los circuitos.

Resultado de la encuesta de percepción

- El 84 % de los estudiantes del grupo experimental manifestó que la utilización del simulador les ayudó a ver los electrones y entender la resistencia de forma más clara.

- El 88 % indicó que el laboratorio virtual les permitió corregir errores conceptuales que tenían sobre los circuitos en serie y en paralelo.

Análisis de Inferencia Estadística (T de Student)

La prueba de Shapiro-Wilk confirmó la normalidad de la distribución de las notas ($W = 0.96$, $p = 0.24$). La prueba de Levene ratificó la igualdad de varianzas ($F = 1.15$, $p = 0.29$). Habiéndose verificado previamente los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Prueba de Levene) en todas las variables distribuidas, se aplicó la prueba paramétrica de T de Student para muestras independientes ($N=50$, $gl=48$, $\alpha=0.05$) para contrastar los resultados definitivos del grupo experimental frente al grupo de control.

Tabla 4

Análisis de inferencia estadística (T de Student)

Variable / Dimensión comparada	Valor t calculado	Grados de Libertad (gl)	Sig. Bilateral (p-valor)	Decisión estadística e impacto
Rendimiento académico final (1-10)	8.42	48	0.0001	Rechazo formal de H_0. Las calificaciones del grupo PhET son significativamente superiores a las del método tradicional.
Dimensión 1: Comprensión visual (1-5)	7.15	48	0.0001	Rechazo formal de H_0. El simulador optimizó significativamente la capacidad de “ver” los electrones.
Dimensión 2: Motivación en el aula (1-5)	9.13	48	0.0001	Rechazo formal de H_0. El entorno virtual elevó de manera muy significativa el dinamismo y el interés.
Dimensión 3: Utilidad práctica (1-5)	6.84	48	0.0002	Rechazo formal de H_0. Los alumnos con PhET asimilaron mejor la relación matemática sin memorizar fórmulas puras.

El análisis inferencial consolidado en la tabla 4 permite validar de forma empírica y con un alto nivel de confianza el impacto positivo del simulador interactivo PhET frente a la metodología tradicional de enseñanza. A continuación, se desglosa la interpretación de cada variable analizada.

- Rendimiento académico: el contraste de las calificaciones obtenidas arrojó un valor estadístico de $t = 8.42$ con un p-valor de 0.0001 ($p < 0.05$). Al ser el nivel de significancia obtenido notablemente inferior al valor crítico establecido ($\alpha = 0.05$), se rechaza categóricamente la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Este hallazgo demuestra que el incremento en las notas del grupo experimental (donde el 75 % alcanzó el nivel alto) no es un

hecho circunstancial o producto del azar, sino que es directamente atribuible a la intervención pedagógica con el laboratorio virtual PhET, el cual optimizó los procesos cognitivos necesarios para resolver problemas complejos de circuitos.

- Dimensión 1: Comprensión visual: en cuanto a la capacidad de asimilación visual de fenómenos abstractos, la prueba arrojó un valor de $t = 7.15$ ($p = 0.0001$), la diferencia estadística corrobora que el simulador PhET actúa como un potente mediador didáctico que reduce la abstracción inherente a la electrodinámica. Al permitir que el estudiante observe el flujo microscópico de los electrones en tiempo real, se produce un anclaje visual que supera significativamente las explicaciones verbales y los esquemas estáticos utilizados en la pizarra del grupo de control.
- Dimensión 2: Motivación en el aula: esta variable registró el valor de contraste más elevado del estudio ($t = 9.31$, $p = 0.0001$). El resultado evidencia que la transición de un rol pasivo (oyente en clase magistral) a un rol activo (investigador en un entorno virtual de indagación) incrementa drásticamente el interés intrínseco de los alumnos. La interactividad del software no solo eliminó la ansiedad matemática y científica reportada históricamente en la física, sino que promovió un entorno dinámico propicio para el aprendizaje autónomo.
- Dimensión 3: Utilidad práctica: la percepción sobre la utilidad y la aplicabilidad de los conocimientos obtuvo un valor de $t = 6.84$ ($p = 0.0002$). La significancia estadística en esta dimensión demuestra que el Grupo Experimental logró una comprensión relacional profunda de la Ley de Ohm. Mientras que el método tradicional fomentó el aprendizaje memorístico y mecánico de la fórmula ($V = I \times R$), la manipulación experimental en PhET facilitó que los estudiantes dedujeran la proporcionalidad matemática a través de la causa y el efecto, permitiéndoles valorar el conocimiento como una herramienta útil para resolver situaciones del entorno cotidiano.

Los cuatro contrastes estadísticos coinciden de forma unánime en el rechazo de la hipótesis nula (H_0). Por lo tanto, la integración del simulador interactivo PhET como recurso didáctico es significativamente más eficaz para la enseñanza-aprendizaje de la Ley de Ohm que las metodologías tradicionales basadas en la abstracción y la memorización algorítmica.

4. Discusión

Los datos obtenidos tras la intervención pedagógica muestran diferencias entre el grupo de control (enseñanza tradicional) y el grupo experimental (uso de PhET). El 75 % de los estudiantes que utilizaron el simulador alcanzó el nivel de desempeño alto frente a solo un 16 % en el grupo de control. Este salto cuantitativo evidencia que la interactividad y la visualización directa de variables (voltaje, corriente y resistencia) cumplen un rol medular en la construcción de modelos metales estables.

En la enseñanza de la física, la Ley de Ohm suele presentarse como una fórmula matemática pura, lo que genera desconexión cognitiva. Como señalan Ortega et al. (2025), la experimentación interactiva permite a los estudiantes comprender la relación proporcional y las variables físicas subyacentes, reduciendo el margen de error en la resolución de problemas prácticos de electricidad.

Los datos obtenidos tras la intervención pedagógica demuestran una brecha clara entre ambos modelos de enseñanza. El 75 % de los estudiantes del grupo experimental alcanzó el nivel de desempeño alto, contrastando críticamente con el 16 % del grupo de control. El hallazgo de la T de Student ($t = 8.42$, $p < 0.05$) respalda de forma científica que el cambio metodológico no es circunstancial, sino atribuible a las características del simulador PhET. Como señalan Ortega et al. (2025), la experimentación interactiva permite a los estudiantes comprender la relación proporcional y las

variables físicas subyacentes, reduciendo sustancialmente el margen de error conceptual.

Los hallazgos cuantitativos demuestran una clara sintonía con los postulados del enfoque constructivista de Piaget (1976), quien sostiene que el conocimiento no se transmite de forma pasiva, sino que se genera mediante la interacción directa y la manipulación del objeto de estudio por parte del sujeto. En el caso del grupo de control, la metodología tradicional limitó el proceso a la memorización abstracta de la fórmula matemática, generando una desconexión cognitiva. Por el contrario, en el grupo experimental, ante la carencia de un entorno físico real, el simulador interactivo PhET operó como un mediador instrumental dinámico. Esta herramienta digital permitió a los estudiantes realizar acciones virtuales de causa y efecto, facilitando los procesos de asimilación y acomodación necesarios para la construcción de modelos mentales estables y un verdadero razonamiento científico en torno a la electrodinámica.

Además, los datos coinciden con los presentados por Macías & Ordóñez (2025) y Almagro et al. (2026), quienes argumentan que las metodologías activas y el uso de las TIC resultan herramientas claves para superar las diferencias de los laboratorios tradicionales. En este grupo experimental, la reducción del nivel bajo al 4 % demuestra que el aprendizaje visual corrige errores conceptuales como confundir la relación entre intensidad y resistencia.

El 84 % de los estudiantes del grupo experimental reportó que el uso del simulador facilitó la comprensión de fenómenos invisibles como el flujo de electrones, debido a que la herramienta digital reduce la carga cognitiva al mostrar representaciones gráficas dinámicas de la corriente, y facilita que el alumno enfoque su atención en las relaciones de causa y efecto.

5. Conclusiones

Se comprobó cuantitativamente que el uso de simuladores interactivos PhET optimiza de forma significativa la comprensión conceptual de la Ley de Ohm en estudiantes de bachillerato, logrando que el 75 % del grupo experimental se posicione en el nivel de desempeño alto.

El análisis inferencial mediante la prueba T de Student confirmó que las diferencias entre el grupo experimental y el grupo de control son estadísticamente significativas ($p = 0.0001$), validando la efectividad pedagógica del recurso tecnológico frente a la pizarra tradicional.

Se recomienda formalmente a las autoridades y directivos de la unidad educativa institucionalizar el uso de laboratorios virtuales dentro del currículo de ciencias experimentales, complementando la formación docente con talleres enfocados en metodologías activas de indagación virtual.

Referencias

- Almagro, M. G., García, S., & Guilarte, M. (2026). Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas y aula invertida en la enseñanza de matemáticas. *G-Ner@ndo*, 7(1), 4217-4234. <https://doi.org/10.66473/rcmg.v7i1.1095>
- Cáceres, M. J., & Alvarado, B. I. (2024). El método constructivista en la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes. *Esprint Investigación*, 3(2), 16-24. <https://doi.org/10.61347/ei.v3i2.70>
- Chávez, J. G., & Mestres, U. (2023). Simuladores Phet: como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje experimental de física. *Polo del Conocimiento*, 8(11), 1303-1322. <https://acortar.link/uYVIhh>

- Chuni, J. E., & Panamá, G. W. (2025). Simuladores Tecnología de la Educación en Física (PhET) para el aprendizaje de conceptos de electromagnetismo de docentes en formación. *Arandu UTIC*, 12(3), 2917-2936. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1521>
- López, A. K., Mejía, D. A., Chávez, W. A., & Ponce, S. R. (2025). Simuladores virtuales: una herramienta para enseñar la Ley de Ohm en primer año de Física-Matemática en la UNAN-Managua. *Revista Científica Tecnológica*, 8(3), 63-74. <https://acortar.link/2OCJjh>
- Lucas-Espinoza, J. I., & Hernández-Nodarse, M. (2025). Estrategia didáctica basada en metodologías activas para el aprendizaje de matemáticas. *Maestro y Sociedad*, 22(3), 2306-2318. <https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/7139>
- Macías, K. T., & Ordóñez, E. V. (2025). Metodologías activas para el desarrollo de habilidades matemáticas: un análisis bibliográfico. *LATAM*, 6(2), 3431-3450. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3917>
- Marcillo-Cedeño, R. A., Vélez-Moreira, F. J., & Bravo-Andrade, B. D. (2025). Proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ley de Ohm con la aplicación del simulador PhET como estrategia didáctica. *MQRInvestigar*, 9(3), 1-31. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.3.2025.e866>
- Mora, C. E. (2023). *Aprendizaje activo y significativo sobre circuitos eléctricos mediante simulaciones computacionales PHET en estudiantes de nivel medio superior* [Tesis de grado, Universidad de Burgos]. Repositorio institucional. <https://acortar.link/zguaGV>
- Ortega, F. W., Vargas, A. M., Oña, O. R., Chamorro, D. C., & Castro, S. E. (2025). Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para mejorar la comprensión de conceptos de cálculo diferencial en estudiantes de educación superior. *ASCE Magazine*, 4(3), 1691-1713. <https://doi.org/10.70577/ASCE/1691.1713/2025>
- Piaget, J. (1976). *To Understand is to Invent: The Future of Education*. Grossman Publishers. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000006133>
- Soto, R. J., Trinidad, M. A., & Paulino, R. (2026). Impacto del simulador interactivo Phet en las competencias matemáticas de estudiantes de secundaria. *Ibero Ciencias*, 5(2), 1077-1088. <https://doi.org/10.63371/ic.v5.n2.a1039>
- Tituaña, B. A. (2025). *Simulador PhET como herramienta didáctica para la comprensión de la Ley de Ohm en estudiantes de segundo de bachillerato técnico de la Unidad Educativa Comunitaria Intercultural Bilingüe "Surupucyu" periodo académico 2024-2025* [Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar]. Repositorio institucional. <https://acortar.link/NE0e7s>
- Xu, X., Broadbent, J., & Zhang, Q. (2024). Cultivating mathematical mindset via online video interventions: a mixed-methods investigation in Chinese higher education. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1494702>
- Yakkou, H., Chillali, A., Elyamani, N., & Khatlabi, K. (2024). The effect of using simulator "evolution of electrical systems" in electricity lessons on students' motivation and academic performance. *Heliyon*, 10(15), e34770. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34770>

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

Contribución de autoría

Johana Doménica Haro Salguero: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, visualización, redacción-preparación del borrador original, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

María Fernanda Martínez Bustillos: Conceptualización, metodología, validación, análisis formal, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, financiamiento, recursos, supervisión.

Oscar Alejandro Guaypatín Pico: Conceptualización, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción-revisión y edición, financiamiento, recursos.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.

Anexos

Instrumento de evaluación (escala Likert)

Cuestionario de Percepción (Escala: 1 = Totalmente en Desacuerdo, 2 = En Desacuerdo, 3 = Neutral, 4 = De Acuerdo, 5 = Totalmente de Acuerdo).

Dimensión evaluada	Código	Reactivo / Ítem del cuestionario
Dimensión Comprensión Visual	CV_01	El recurso utilizado me permitió visualizar de forma clara el flujo de los electrones en el circuito.
Dimensión Comprensión Visual	CV_02	Pude observar con facilidad cómo cambia la corriente al aumentar o disminuir el voltaje.
Dimensión Motivación	MO_01	La sesión de clase me pareció más dinámica e interesante en comparación con las clases puramente teóricas.
Dimensión Motivación	MO_02	Me sentí motivado a explorar nuevas configuraciones y combinaciones en el circuito eléctrico.
Dimensión Utilidad Práctica	UP_01	El método aplicado facilitó que comprendiera la fórmula matemática de la Ley de Ohm sin memorizarla.

Prueba de rendimiento académico

Asignatura: Física (Electrodinámica)

Tema: Ley de Ohm y circuitos eléctricos

Nivel: Bachillerato

Instrucciones: Lea detenidamente cada enunciado y seleccione o desarrolle la respuesta correcta. No se permite el uso de material de consulta. Puede utilizar calculadora científica.

Sección A: conceptos teóricos y relaciones (40 % - 4 Reactivos)

1. Si en un circuito eléctrico residencial se mantiene el voltaje constante, pero se duplica la resistencia de un componente, ¿qué ocurre con la intensidad de la corriente eléctrica que circula por él?

- a) Se duplica, porque la corriente y la resistencia son directamente proporcionales.
- b) Se reduce a la mitad, debido a que la corriente es inversamente proporcional a la resistencia.
- c) Permanece igual, ya que la corriente solo depende del voltaje suministrado.
- d) Se cuadruplica para compensar el esfuerzo del conductor.

2. Relacione cada variable física de la Ley de Ohm con su respectiva unidad de medida en el Sistema Internacional (SI):

1. Voltaje o Diferencia de Potencial
2. Intensidad de Corriente
3. Resistencia Eléctrica

- A. Amperio (A)
- B. Ohmio (Ω)
- C. Voltio (V)
- *Opciones de respuesta:*
 - a) 1C, 2A, 3B
 - b) 1A, 2B, 3C
 - c) 1B, 2C, 3A
 - d) 1C, 2B, 3A

3. Desde una perspectiva microscópica del conductor eléctrico, ¿cuál es la causa física que genera la "resistencia eléctrica"?

- a) La velocidad con la que los protones se desplazan hacia el polo negativo.
- b) La fuerza de atracción del aislamiento plástico exterior del cable.

- c) Los choques o colisiones de los electrones libres contra los átomos del material conductor.
- d) La pérdida total de carga eléctrica al entrar en contacto con el interruptor.

4. Analice las siguientes afirmaciones sobre los circuitos eléctricos y determine cuál es correcta:

- a) En un circuito en serie, la corriente se divide en cada resistencia y el voltaje es el mismo en todo el recorrido.
- b) En un circuito en paralelo, el voltaje se divide proporcionalmente y la corriente permanece idéntica en cada rama.
- c) En un circuito en serie, la corriente es la misma en todos los componentes y el voltaje total se distribuye entre las resistencias.
- d) La Ley de Ohm no es aplicable a circuitos en paralelo, solo a componentes individuales aislados.

Sección B: resolución de problemas y casos prácticos (60 % - 6 Reactivos)

5. Un estudiante conecta una lámpara cuya resistencia interna es de $24\ \Omega$ a una toma de corriente estándar de 120 V. Calcule la intensidad de la corriente eléctrica que fluye por el filamento de la lámpara.

- *Desarrollo:*
- *Respuesta:* _____ A.

6. Una secadora de cabello opera con una corriente de 10 A cuando se conecta a una red eléctrica. Si se determina que la resistencia interna del motor es de $11\ \Omega$, ¿a qué voltaje está funcionando el equipo?

- *Desarrollo:*
- *Respuesta:* _____ V.

7. Al realizar una práctica virtual, se observa que un calefactor conectado a una fuente de 220 V deja pasar una corriente de exactamente 4.4 A. ¿Cuál es el valor de la resistencia eléctrica del calefactor?

- *Desarrollo:*
- *Respuesta:* _____ Ω .

8. Caso práctico: Un circuito consta de dos resistencias conectadas en SERIE $R_1 = 10\ \Omega$ y $R_2 = 20\ \Omega$ conectadas a una batería de 12 V. Calcule la corriente total del circuito.

- *Desarrollo:*
- *Respuesta:* _____ A.

9. Caso práctico: Dos bombillos con resistencias de $40\ \Omega$ cada uno se conectan en PARALELO a una fuente de poder de 80 V. Determine la corriente eléctrica total que suministra la fuente.

- *Desarrollo:*
- *Respuesta:* _____ A.

10. Pregunta de desarrollo y predicción gráfica:

Imagine que está manipulando el simulador PhET. Si usted duplica simultáneamente el Voltaje (V) y la Resistencia (R) en la pantalla, explique detalladamente qué sucederá con el tamaño de la letra "I" (Intensidad) en la fórmula visual del simulador y justifique analíticamente su respuesta usando la ecuación de la Ley de Ohm.

- Respuesta del estudiante:

Matriz de respuestas

1. **b** (Relación inversa: $I = V/R$)
2. **a** (Voltio-Voltaje, Amperio-Corriente, Ohmio-Resistencia)
3. **c** (Explicación física del comportamiento del material)
4. **c** (Propiedad fundamental de los circuitos en serie)
5. **5 A** ($I = 120 / 24$)
6. **110 V** ($V = 10 \times 11$)
7. **50 Ω** ($R = 220 / 4.4$)
8. **0.4 A** ($R_{total} = 10 + 20 = 30 \Omega$; $I = 12 / 30$)
9. **4 A** ($R_{total} = 20 \Omega$; $I = 80 / 20$. O también calculado por ramas: $2 A + 2 A$)
10. Respuesta esperada: La letra "I" mantendrá exactamente su mismo tamaño. *Justificación:* Al duplicar arriba y abajo de la fracción ($I = 2V / 2R$), el factor 2 se cancela, demostrando que la corriente no sufre modificaciones netas.

Escala de calificación

- Bajo (1 a 4 puntos): errores conceptuales graves, incapacidad de despejar variables básicas.
- Medio (5 a 7 puntos): comprensión teórica regular, fallas mecánicas en operaciones aritméticas o en circuitos mixtos/paralelos.
- Alto (8 a 10 puntos): dominio absoluto, fluidez en resolución matemática y capacidad predictiva del fenómeno físico.