

Artículo original

Innovación tecnodidáctica mecánica y aprendizaje significativo: un análisis estadístico en la formación de ingenieros



Mechanical technodidactic innovation and meaningful learning: a statistical analysis in engineering education

Inovação tecnodidática mecânica e aprendizagem significativa: uma análise estatística na formação de engenheiros

Yury José Duany Salazar¹  0000-0003-2656-5176  lsanchez@uo.edu.cu

Lida de la Caridad Sánchez Ramírez¹  0000-0003-1782-6194  lidin2610@gmail.com

Lizette de la Concepción Pérez Martínez¹  0000-0002-3613-2852  lizetteperezmartinez@gmail.com

¹ Universidad de Oriente. Cuba.

Recibido: 22/02/2026

Aceptado: 17/06/2026

RESUMEN

Esta investigación evaluó el efecto de un procedimiento tecnodidáctico mecánico en el aprendizaje significativo de 50 estudiantes del perfil técnico de Ingeniería Mecánica, seleccionados de una población de 60. Mediante un diseño cuasiexperimental, con mediciones pre y postintervención, se aplicaron cuestionarios, entrevistas, observación directa, grupos focales y evaluaciones diagnósticas. La metodología mixta integró enfoques cualitativos y cuantitativos, con validación estadística a través de prueba t para muestras relacionadas y análisis de regresión lineal. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la comprensión técnica (media inicial de 62.31 frente a 77.23 posterior, diferencia de 14.92 puntos; $p < 0.0001$). Un hallazgo relevante fue el efecto nivelador: los estudiantes

con menor rendimiento inicial experimentaron mayores avances (coeficiente de regresión -0.117 ; $p=0.003$), lo que indica que la intervención redujo las brechas preexistentes. Las percepciones de estudiantes y docentes corroboraron estos resultados, aunque se identificó una brecha entre la efectividad percibida de los recursos tecnológicos (92 % de docentes) y su impacto real en la participación activa (60 %). Se concluye que la integración deliberada de herramientas digitales con metodologías participativas no solo mejora el desempeño académico, sino que también promueve un aprendizaje contextualizado, significativo y equitativo. Este procedimiento constituye un referente metodológico replicable en otros programas técnicos, consolidando la innovación didáctica como eje transformador de la formación en ingeniería.

Palabras clave: aprendizaje significativo; formación técnica; integración tecnológica; procedimiento tecnodidáctico.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of a mechanical techno-didactic procedure on the meaningful learning of 50 students from the Mechanical Engineering technical profile, selected from a population of 60. Using a quasi-experimental design with pre- and post-intervention measurements, questionnaires, interviews, direct observation, focus groups, and diagnostic assessments were applied. The mixed methodology integrated qualitative and quantitative approaches, with statistical validation through paired-sample t-test and linear regression analysis. The results evidenced a significant improvement in technical comprehension (initial mean of 62.31 versus 77.23 post-intervention, a difference of 14.92 points; $p<0.0001$). A relevant finding was the leveling effect: students with lower initial performance experienced greater advances (regression coefficient -0.117 ; $p=0.003$), indicating that the intervention reduced pre-existing gaps. Student and teacher perceptions corroborated these results, although a gap was identified between the perceived effectiveness of technological resources (92 % of teachers) and their real impact on active participation (60 %). It is concluded that the deliberate integration of digital tools with participatory methodologies not only improves academic performance but also promotes contextualized, meaningful, and equitable learning. This procedure constitutes a replicable methodological reference in other technical programs, consolidating didactic innovation as a transformative axis of engineering education.

Keywords: meaningful learning; technical training; technological integration; technodidactic procedure.

RESUMO

Esta pesquisa avaliou o efeito de um procedimento tecnodidático mecânico na aprendizagem significativa de 50 estudantes do perfil técnico de Engenharia Mecânica, selecionados de uma população de 60. Por meio de um delineamento quase-experimental com medições pré e pós-intervenção, foram aplicados questionários, entrevistas, observação direta, grupos focais e avaliações diagnósticas. A metodologia mista integrou abordagens qualitativas e quantitativas, com validação estatística por meio do teste t para amostras relacionadas e análise de regressão linear. Os resultados evidenciaram uma melhora significativa na compreensão técnica (média inicial de 62,31 contra 77,23 posterior, diferença de 14,92 pontos; $p < 0,0001$). Um achado relevante foi o efeito nivelador: os estudantes com menor rendimento inicial experimentaram maiores avanços (coeficiente de regressão $-0,117$; $p = 0,003$), o que indica que a intervenção reduziu as lacunas preexistentes. As percepções de estudantes e professores corroboraram esses resultados, embora tenha sido identificada uma lacuna entre a eficácia percebida dos recursos tecnológicos (92 % dos professores) e seu impacto real na participação ativa (60 %). Conclui-se que a integração deliberada de ferramentas digitais com metodologias participativas não apenas melhora o desempenho acadêmico, mas também promove uma aprendizagem contextualizada, significativa e equitativa. Este procedimento constitui um referencial metodológico replicável em outros programas técnicos, consolidando a inovação didática como eixo transformador da formação em engenharia.

Palavras-chave: procedimento tecnodidático; formação técnica; aprendizagem significativa; integração tecnológica.

INTRODUCCIÓN

La formación del perfil técnico mecánico en el nivel superior exige una actualización constante de los enfoques pedagógicos, en correspondencia con los avances tecnológicos y las demandas del entorno profesional (Proaño *et al.*, 2025). En la carrera de ingeniería mecánica se evidencia una brecha persistente entre los conocimientos teóricos impartidos en el aula y su aplicación práctica en

escenarios reales, lo que limita la capacidad de los estudiantes para comprender y operar con eficacia los sistemas mecánicos complejos que caracterizan su campo de desempeño (Alfonzo, 2023).

Diversos estudios coinciden en que el aprendizaje significativo y el enfoque constructivista constituyen fundamentos esenciales para superar estas limitaciones, siempre que se articulen con metodologías activas y recursos tecnológicos pertinentes (Ausubel, 2000; Vygotsky, 1978). En este sentido, las estrategias didáctico-digitales -como simuladores, plataformas interactivas y entornos virtuales- se presentan como herramientas eficaces para fortalecer la comprensión técnica y el rendimiento académico (Proaño *et al.*, 2025). Sin embargo, su implementación en el nivel superior continúa siendo parcial y fragmentada, lo que revela la necesidad de procedimientos integradores que conjuguen innovación pedagógica, actualización tecnológica y flexibilidad metodológica (Sánchez *et al.*, 2010; Sánchez & Pozo, 2017).

El fundamento teórico del estudio se sustenta en la necesidad de vincular los contenidos conceptuales con las prácticas operativas, promoviendo un aprendizaje contextualizado, colaborativo y significativo (Alfonzo, 2023). La situación problemática radica en la insuficiente articulación entre teoría y práctica en la enseñanza de la ingeniería mecánica, lo que genera vacíos en la formación profesional y limita la pertinencia de los egresados frente a los desafíos actuales del perfil técnico mecánico (Proaño *et al.*, 2025).

La revisión bibliográfica muestra avances en la incorporación de recursos digitales y metodologías activas, pero también evidencia brechas en la sistematización de estas innovaciones y en su integración coherente con los objetivos formativos (Sánchez *et al.*, 2010; Qiu *et al.*, 2023). Se identifica, por tanto, una laguna en el estado de conocimientos que justifica la necesidad de procedimientos didácticos capaces de superar la fragmentación y garantizar una formación técnica más integral (Alfonzo, 2023).

En este contexto, se propone el analizar estadísticamente un procedimiento tecnodidáctico mecánico orientado a mejorar el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería. El propósito central consiste en demostrar, con base empírica y verificable, la eficacia de un procedimiento que integra recursos tecnológicos con metodologías participativas, resaltando su importancia y alcance como solución innovadora para la educación técnica en el nivel superior (Proaño *et al.*, 2025).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación adoptó un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, con el propósito de analizar las deficiencias en la capacidad de los estudiantes del perfil técnico mecánico para identificar y visualizar el funcionamiento de sistemas eléctricos y mecánicos.

Este diseño permitió obtener una comprensión integral del fenómeno, facilitando la triangulación de datos y la validación de los resultados. El estudio se desarrolló como una investigación de campo en un entorno educativo, específicamente en la institución docente de nivel superior José Maceo, por un periodo de tres años. El alcance fue descriptivo y correlacional, pues se describió el estado actual del proceso de enseñanza-aprendizaje y se exploró la relación entre la implementación del procedimiento tecnodidáctico mecánico y la mejora en las habilidades de los estudiantes.

Por consiguiente, la unidad de análisis estuvo conformada por 50 estudiantes del perfil técnico mecánico, seleccionados de manera intencional por su participación activa en el proceso formativo de una población total de 60 estudiantes. Se consideraron sus calificaciones, percepciones y experiencias en relación con la intervención didáctica.

Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Se emplearon diversas técnicas para la recopilación de información:

- Cuestionarios estructurados aplicados a estudiantes y docentes (n=10 docentes del área de mecánica), diseñados para recoger percepciones sobre la capacidad de identificar y visualizar sistemas mecánicos, así como la efectividad de los recursos didáctico-digitales.
- Entrevistas semiestructuradas con los 10 docentes del área de mecánica, que permitieron profundizar en sus experiencias y opiniones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Observación directa en el aula (50 sesiones de clase observadas), enfocada en analizar la dinámica educativa, las metodologías empleadas, la interacción docente-estudiante y el uso de recursos tecnológicos.
- Grupos focales con cinco grupos de 10 estudiantes cada uno, que facilitaron la discusión sobre sus experiencias, dificultades y sugerencias para optimizar el proceso de aprendizaje.
- Evaluaciones diagnósticas aplicadas antes y después de la intervención, con el objetivo de medir el nivel de comprensión de los sistemas mecánicos.

Para la validación de los instrumentos, se implementó un proceso que aseguró la confiabilidad, validez y objetividad de los instrumentos:

- Confiabilidad: se calculó el coeficiente de Cronbach para evaluar la consistencia interna de los cuestionarios.
- Objetividad: se definieron criterios claros para la administración y calificación de los instrumentos, minimizando sesgos en la interpretación de los resultados.

En el análisis estadístico, las calificaciones obtenidas antes y después de la intervención fueron comparadas mediante la prueba t de Student para muestras dependientes, con un nivel de significancia de 0.05. Asimismo, se aplicó un análisis de regresión lineal para evaluar la relación entre el rendimiento inicial y la mejora académica alcanzada tras la intervención. Para complementar el análisis cuantitativo, se elaboraron diagramas de caja y gráficos de dispersión que ilustraron visualmente los resultados y las tendencias observadas.

Se tuvieron en cuenta las consideraciones éticas, y los procedimientos se realizaron respetando los principios de imparcialidad y anonimato de los participantes. La aplicación de cuestionarios, entrevistas y evaluaciones se llevó a cabo de acuerdo con las normas éticas establecidas por el comité académico de las instituciones participantes, lo que garantizó la confidencialidad de la información y el consentimiento informado de los estudiantes y docentes involucrados.

Por último, entre las principales limitaciones se reconoció el tamaño reducido de la muestra, lo que restringe la generalización de los resultados. Asimismo, se identificaron dificultades relacionadas con el acceso desigual a recursos tecnológicos y la disponibilidad de tiempo de los docentes para participar en las entrevistas y grupos focales.

RESULTADOS

La investigación sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje del perfil técnico mecánico en el nivel superior mostró resultados significativos derivados del uso combinado de los instrumentos validados para la recolección de datos. Los hallazgos evidenciaron mejoras en la capacidad de los estudiantes para identificar y visualizar sistemas mecánicos, así como en la percepción de la efectividad de los recursos didáctico-digitales empleados.

En las encuestas aplicadas a estudiantes, se observó que el 26 % valoró su habilidad para identificar y visualizar sistemas mecánicos como alta, mientras que un 24 % la consideró moderada. Las categorías extremas tuvieron menor representación, con un 8 % que calificó su capacidad como muy baja y un 18 % que la evaluó como muy alta. Estos resultados se presentan en la tabla 1, donde se aprecia una distribución equilibrada con predominio de percepciones positivas.

Tabla 1. Distribución de la percepción estudiantil sobre la capacidad para identificar y visualizar sistemas mecánicos (n=50)

Categoría de percepción	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Muy baja	4	8 %
Baja	12	24 %
Moderada	12	24 %
Alta	13	26 %
Muy alta	9	18 %
Total	50	100 %

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas aplicadas

La interpretación estadística confirmó esta tendencia: la moda correspondió a la categoría "alta" (26 %), la mediana se situó en la categoría "moderada" y el coeficiente de asimetría (+0.35) indicó una ligera inclinación hacia percepciones más altas. Estos valores se muestran en la tabla 2, lo que permitió concluir que la mayoría de los estudiantes reconoció avances en su capacidad de identificación y visualización de sistemas mecánicos.

Tabla 2. Medidas de tendencia central y forma (estimadas con codificación ordinal)

Estadístico	Valor	Interpretación
Moda	Alta (26 %)	Categoría más frecuente entre los estudiantes
Mediana	Moderada	Punto central de la distribución ordinal
Asimetría	+0.35 (leve)	Tendencia hacia percepciones más altas; distribución ligeramente sesgada a la derecha

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas aplicadas

En las encuestas aplicadas a docentes, el 92 % opinó que los recursos didácticos empleados resultaron efectivos para el aprendizaje de los estudiantes. No obstante, solo el 60 % consideró que la tecnología utilizada en el aula contribuyó de manera significativa a mejorar la participación estudiantil. Este hallazgo señaló una brecha entre la percepción de efectividad de los recursos y su impacto en la motivación y participación activa de los estudiantes, lo que constituye un aspecto crítico para el perfeccionamiento del procedimiento tecnodidáctico mecánico.

Los resultados aportaron evidencia empírica sobre la pertinencia del procedimiento tecnodidáctico mecánico, confirmando que su aplicación favoreció la comprensión de los sistemas mecánicos y fortaleció el desempeño académico. Al mismo tiempo, se identificaron áreas de mejora relacionadas con la integración plena de los recursos tecnológicos en la dinámica participativa del aula.

Las entrevistas semiestructuradas realizadas con docentes del área de mecánica permitieron profundizar en sus experiencias. Se constató que, aunque reconocieron la utilidad de los recursos digitales, enfrentaron dificultades en su integración práctica dentro del currículo, así como cierta resistencia de los estudiantes a participar activamente en entornos tecnológicos.

La observación sistemática reveló un predominio de clases centradas en la exposición teórica, con escasa incorporación de actividades prácticas que favorecieran la visualización y comprensión de sistemas mecánicos (Tabla 3). Esta distribución sesgada evidenció la necesidad de implementar metodologías más activas y participativas, como el aprendizaje basado en proyectos, el uso de simuladores digitales y la resolución colaborativa de problemas técnicos.

Tabla 3. Resultados de la observación sistemática de sesiones de clase (n=50 sesiones observadas)

Tipo de actividad predominante	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Explicación teórica de conceptos	40	80 %
Actividades prácticas con visualización de sistemas mecánicos	10	20 %
Total	50	100 %

Fuente: Elaboración propia

El análisis complementario de las medidas estadísticas (Tabla 4) confirmó que la moda correspondió a la explicación teórica, mientras la asimetría negativa reflejó una marcada concentración en actividades expositivas. El índice de aplicación práctica se estimó en 0.20, lo que evidenció la baja frecuencia de actividades que promovieran la visualización activa de sistemas mecánicos.

Tabla 4. Medidas complementarias de la observación sistemática

Indicador	Valor estimado	Interpretación
Moda	Explicación teórica	Actividad más frecuente en las sesiones observadas
Asimetría	Negativa (-0.85)	Concentración marcada en actividades expositivas; baja presencia de prácticas
Índice de aplicación práctica	0.20	Proporción de clases que incluyen visualización activa de sistemas mecánicos

Fuente: Elaboración propia

Las evaluaciones diagnósticas aplicadas antes y después de la intervención mostraron que un porcentaje elevado de estudiantes tenía dificultades para identificar correctamente los componentes de un sistema mecánico. Tras la implementación de estrategias innovadoras, se observó una mejora significativa en la comprensión, reflejada en el aumento del rendimiento académico y en la capacidad para visualizar los sistemas. La prueba t de Student (Tabla 5) confirmó la significancia estadística de esta mejora.

Tabla 5. Estadísticas descriptivas y prueba t de Student para muestras dependientes

Variable	Media	Desviación estándar	Estadístico t	gl	p (bilateral)
Antes	62.31	-	-	-	-
Después	77.23	-	-	-	-
Diferencia	14.92	1.49	50.91	25	8.96×10^{-27} (< 0.0001)

Fuente: Elaboración propia

El modelo de regresión (Tabla 6) confirmó la existencia de una relación significativa entre la calificación inicial y la mejora obtenida. La pendiente negativa indicó que los estudiantes con menor rendimiento inicial tendieron a mejorar más.

Tabla 6. Modelo de regresión

Modelo	Coeficientes no estandarizados B	Error estándar	Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.
(Constante)	21.842	4.215	-	5.182	.000
Rend. inicial	-0.117	0.038	-0.421	-3.079	.003

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de la intervención produjo un cambio notable en la variable estudiada. La media inicial, situada en 62.31 puntos se elevó hasta 77.23 tras la intervención, lo que representó una diferencia de 14.92 unidades. Este incremento reflejó un avance en el desempeño de los participantes.

La consistencia de la mejora quedó evidenciada en la baja dispersión de los datos: la desviación estándar de 1.49 indicó que la mayoría de los estudiantes progresaron de manera homogénea, sin grandes variaciones individuales.

El análisis inferencial reforzó estas conclusiones. El estadístico t alcanzó un valor de 50.91, acompañado de 25 grados de libertad, lo que confirmó la robustez del hallazgo. El valor p resultante (8.96×10^{-27}) fue inferior a 0.0001, donde se descarta cualquier posibilidad de que la mejora observada se debiera al azar.

De manera general, los resultados mostraron una mejora significativa y consistente en el rendimiento, corroborada por evidencia estadística. La intervención no solo elevó el nivel promedio, sino que también contribuyó a una mayor homogeneidad en el grupo, lo que constituye un hallazgo relevante para la investigación educativa.

DISCUSIÓN

El efecto nivelador observado -esto es, que los estudiantes con menor rendimiento inicial experimentaron una mejora proporcionalmente superior- sugiere un fenómeno que trasciende la mera constatación empírica (Al-Khiami *et al.*, 2024). Este hallazgo resulta particularmente significativo porque, como señalan Bertozzi *et al.* (2022), en el contexto de la educación en ingeniería, las intervenciones que logran reducir las disparidades preexistentes son excepcionalmente valiosas, ya que la formación técnica suele caracterizarse por una alta variabilidad en los niveles de partida de los estudiantes.

Resulta revelador la homogeneidad de la mejora observada en todo el espectro de desempeño. Bunjaku *et al.* (2024) documentaron que, en entornos de integración tecnológica, existe el riesgo latente de amplificar las brechas educativas cuando las herramientas digitales no están acompañadas de un diseño pedagógico inclusivo. La tendencia inversa observada en el presente estudio sugiere que el diseño del procedimiento tecnodidáctico mecánico incorporó elementos de andamiaje que facilitaron el acceso equitativo al conocimiento técnico, lo cual constituye un hallazgo central de esta investigación.

Al situar estos resultados en el contexto del estado del arte contemporáneo, se identifica una convergencia fundamental con los postulados de Wazlawick y Wazlawick (2024) sobre las metodologías de aprendizaje activo en la educación superior. Estos autores demostraron que las estrategias pedagógicas que articulan los saberes conceptuales con la práctica operativa generan sinergias que potencian el desarrollo de competencias profesionales. El procedimiento tecnodidáctico mecánico, al integrar recursos digitales que permiten múltiples formas de representación y acceso a los contenidos, parece haber operado bajo una lógica similar: ofreció rutas alternativas para la comprensión de los sistemas mecánicos.

Aslanov y Bolshakov (2023) proporcionan evidencia adicional que respalda esta interpretación. En su estudio sobre simuladores de realidad virtual para formación en ingeniería, documentaron que los entornos inmersivos permiten a los estudiantes explorar sistemas complejos a su propio ritmo, repetir operaciones cuantas veces sea necesario y recibir retroalimentación inmediata, características que resultan particularmente beneficiosas para estudiantes con dificultades iniciales. La presente investigación extiende estos hallazgos al demostrar que dicho beneficio no se limita al contexto de

simuladores avanzados, sino que se manifiesta también en intervenciones tecnodidácticas de menor complejidad tecnológica.

No obstante, sería incorrecto afirmar que estos hallazgos se alinean con todas las investigaciones disponibles sobre tecnología educativa. Strazzeri *et al.* (2024) encontraron que la implementación de realidad virtual en ingeniería requiere cuidadosas consideraciones de usabilidad para resultar efectiva, y que, sin una integración curricular adecuada, los beneficios pueden ser marginales. Este hallazgo resuena con las observaciones del presente estudio, donde se evidenció que la mera disponibilidad de recursos no garantiza su efectividad pedagógica.

La discrepancia con los resultados de Motejlek y Alpay (2023) merece un análisis. Estos autores, en un estudio sobre retención de información en simulaciones de realidad virtual, concluyeron que el aprendizaje mediado por tecnología mostraba resultados comparables -pero no superiores- a los métodos multimedia tradicionales. Sin embargo, el presente estudio sugiere que la diferencia crucial no radica en la tecnología *per se*, sino en el diseño pedagógico que la acompaña. Canavesi y Ravarini (2024) argumentan en esta misma línea, señalando que las metodologías activas mediadas por tecnología desarrollan competencias que trascienden lo puramente técnico, abarcando dimensiones sociales, personales y digitales del aprendizaje.

Desde una perspectiva teórica, los hallazgos de este estudio contribuyen a la comprensión de los mecanismos subyacentes al aprendizaje significativo mediado por tecnología. Angelis y Bailey (2025) demostraron que las intervenciones educativas basadas en experiencias desafiantes -las denominadas "disyuntivas desorientadoras"- pueden catalizar procesos de aprendizaje transformador cuando logran conectar con las experiencias previas de los estudiantes. El procedimiento tecnodidáctico mecánico, al presentar los sistemas desde perspectivas visuales interactivas no disponibles en los métodos tradicionales, parece haber operado bajo esta lógica.

En esta línea, la investigación realizada por Guimarães y da Silva Lima (2023), sobre modelado estructural de métodos de aprendizaje activo en educación en ingeniería, demostró una relación causal positiva entre la adhesión a metodologías activas y el rendimiento académico. Específicamente, estos autores documentaron una mejora en las puntuaciones de aprendizaje como efecto del aumento en la adhesión a metodologías activas. La presente investigación complementa este hallazgo al demostrar que dicho efecto no solo es significativo en promedio, sino que beneficia a los estudiantes con mayores dificultades iniciales.

Se identifican algunas limitaciones. La primera se refiere al tamaño muestral y al contexto institucional específico. Bunjaku *et al.* (2024) advierten que la generalización de hallazgos sobre integración tecnológica en educación requiere cautela, dado que los efectos pueden variar significativamente, según las características sociodemográficas de los estudiantes y la cultura institucional.

La segunda limitación atañe a la duración del estudio. Al-Khiami *et al.* (2024) señalaron que uno de los desafíos metodológicos en la evaluación de intervenciones tecnológicas en ingeniería es determinar si las mejoras observadas a corto plazo se mantienen en el tiempo. En su estudio sobre realidad virtual para estudiantes de ingeniería civil, documentaron que la motivación y el rendimiento inicialmente elevados tendían a normalizarse tras períodos de exposición prolongada. El presente estudio, al limitarse a mediciones pretest-postest inmediatas, no puede determinar la sostenibilidad de los efectos observados.

La tercera limitación se refiere a las variables intervinientes no controladas. Strazzeri *et al.* (2024) identificaron que factores como la usabilidad del sistema, la experiencia previa con tecnología y la susceptibilidad a la fatiga o el mareo por simulación pueden influir significativamente en los resultados. Aunque el diseño cuasiexperimental empleado permite atribuir los cambios a la intervención con razonable confianza, no es posible descartar completamente la influencia de estos factores.

A pesar de estas limitaciones, existen razones para considerar que los resultados son válidos. Canavesi y Ravarini (2024) argumentan que la consistencia de los hallazgos con los marcos teóricos del aprendizaje activo -particularmente la coherencia con los principios de andamiaje y retroalimentación continua- otorga plausibilidad teórica a los resultados. Asimismo, Wazlawick y Wazlawick (2024) destacan que la triangulación metodológica -combinando medidas cuantitativas de rendimiento con percepciones cualitativas de estudiantes y docentes- fortalece la validez interna de este tipo de estudios.

De las reflexiones anteriores se derivan líneas de indagación. Bertozzi *et al.* (2022) sugieren que uno de los desafíos pendientes en la investigación sobre aprendizaje visible en ingeniería es determinar qué componentes específicos de las intervenciones tecnodidácticas son los "ingredientes activos" responsables de los efectos observados. En esta línea, futuros estudios podrían descomponer el procedimiento en sus componentes constitutivos -visualización interactiva, retroalimentación

inmediata, colaboración entre pares- mediante diseños factoriales que permitan aislar la contribución de cada elemento.

Aslanov y Bolshakov (2023) señalan otra dirección relevante: la necesidad de estudios longitudinales que evalúen la retención del aprendizaje en el tiempo. La pregunta sobre si el efecto nivelador observado a corto plazo se mantiene una vez que cesa la intervención tiene implicaciones prácticas importantes para el diseño curricular. Motejlek y Alpay (2023) encontraron que la retención de información en entornos virtuales puede ser comparable a la de métodos tradicionales, pero no necesariamente superior, lo que sugiere que los beneficios más sustanciales podrían residir en dimensiones no evaluadas en el presente estudio, como la motivación o la autoeficacia.

Por último, Angelis y Bailey (2025) proponen explorar la transferibilidad de este tipo de intervenciones a otras áreas de la formación técnica. La pregunta de si los principios pedagógicos que guiaron el procedimiento tecnodidáctico mecánico son aplicables a dominios como la ingeniería eléctrica, la automatización o la termodinámica constituye una línea de investigación de gran relevancia práctica y teórica.

Esta investigación ha aportado evidencia empírica de que la integración deliberada de recursos tecnológicos interactivos con metodologías participativas puede mejorar significativa y equitativamente el aprendizaje de sistemas mecánicos en estudiantes de ingeniería. La magnitud de dicha mejora, su homogeneidad y su efecto nivelador constituyen hallazgos que trascienden el interés meramente local para adquirir relevancia teórica y práctica, cumpliendo así con el objetivo central de la investigación (Al-Khiami *et al.*, 2024).

La trascendencia del trabajo reside en haber identificado, más allá de la efectividad global del procedimiento, los mecanismos que probablemente la explican: la retroalimentación inmediata que ofrecen los entornos interactivos, la externalización del razonamiento que permiten las visualizaciones, y el andamiaje implícito que facilita el acceso a contenidos complejos (Bertozzi *et al.*, 2022). Estos mecanismos no son exclusivos de la ingeniería mecánica ni del contexto institucional donde se realizó el estudio; por el contrario, constituyen principios pedagógicos de validez potencialmente general, como lo demuestran investigaciones en diversos dominios de la educación en ingeniería (Canavesi & Ravarini, 2024; Strazzeri *et al.*, 2024).

Se abre así una agenda de investigación, cuyo desarrollo permite ofrecer respuestas sobre cómo diseñar entornos de aprendizaje técnico que sean simultáneamente rigurosos, atractivos y equitativos. La educación en ingeniería, como la tecnología que estudia, es un campo en permanente evolución; las innovaciones pedagógicas no deben ser la excepción (Guimarães & da Silva Lima, 2023).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonzo, P. L. (2023). Aprendizaje Activo en Educación Superior. Estrategia en la virtualidad. *Mendive. Revista de Educación*, 21(2), e3109. <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/3109>
- Al-Khiami, M. I., Jaeger, M., Soleimani, S. M., & Kazem, A. (2024). Enhancing concrete structures education: Impact of virtual reality on motivation, performance and usability for undergraduate engineering students. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(1), 306-325. <https://doi.org/10.1111/jcal.12881>
- Angelis, J. N., & Bailey, S. W. (2025). Broadening undergraduate student perspectives on equity in operations: A summary of materials and experiences. *INFORMS Transactions on Education*, 26(2), 163-173. <https://doi.org/10.1287/ited.2023.0040>
- Aslanov, R., & Bolshakov, A. (2023). Method for constructing virtual reality simulators for turning and milling for an engineering education system for building cyber-physical systems. In *Society 5.0* (pp. 91-106). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35875-3_8
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-9454-7>
- Bertozzi, G., Paciarotti, C., & Crivellini, A. (2022). Visible Learning and synchronous online lesson in higher education: a study in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 47(6), 986-1008. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2092721>
- Bunjaku, I. B., Gagica, S., & Kent, M. D. (2024). Integrating digital tools in engineering education: Social impact of technological integration. *IFAC-PapersOnLine*, 58(3), 118-122. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.136>

- Canavesi, A., & Ravarini, A. (2024). Innovative methodologies of active learning to develop the competencies of the future of work. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 24(4), 22-36. <https://doi.org/10.33423/jhetp.v24i4.6941>
- Guimarães, L. M., & da Silva Lima, R. (2023). Structural Modeling and Measuring Impact of Active Learning Methods in Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, 66(6), 543-552. <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3259882>
- Motejlek, J., & Alpay, E. (2023). The retention of information in virtual reality based engineering simulations. *European Journal of Engineering Education*, 48(5), 929-948. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2160968>
- Proaño Vargas, J. I., Caguana Inga, L. M., Poma Cuenca, V. M., Siza Maisincho, T. E., Jaramillo Sarango, M. F., & Mera Carriel, M. A. (2025). Uso de entornos virtuales para simular procesos mecánicos en la formación técnica ecuatoriana. *Revista Multidisciplinar De Estudios Generales*, 4(2), 573-594. <https://doi.org/10.70577/reg.v4i2.110>
- Qiu, Q., Páez Paredes, M., & Pérez Lemus, L. (2023). La integración de las TIC en la Educación Superior. Retos y perspectivas. *Aula Abierta*, 12(4). <https://www.horizontepedagogico.cu/index.php/hop/article/view/335>
- Sánchez R. L., & Pozo V. M (2017). The alternative collaborative research method for research training in university students. *International Journal of Current Engineering Sciences*, 6(05), 97-104. <https://revistainnovaitfp.com/index.php/innovajournal/article/view/21>
- Sánchez Ramírez, L. C., Pardo Gómez, M. E., & Izquierdo Lao, J. M. (2010). La dinámica del proceso de formación para la investigación científica en la Educación Superior sustentada en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. *Pedagogía Universitaria*, 15(2). <http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/viewFile/532>
- Strazzeri, I., Notebaert, A., Barros, C., Quinten, J., & Demarbaix, A. (2024). Virtual reality integration for enhanced engineering education and experimentation: A focus on active thermography. *Computers*, 13(8), 199. <https://doi.org/10.3390/computers13080199>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*.

Harvard University Press <https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674576292>

Wazlawick, P., & Wazlawick, R. S. (2024). Interconnections between active learning methodologies in higher education and the construction of soft skills: A proposal on ontological learning paths for the training of young professionals in the area of information technology. *Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade*, 17(4), 1324-1346.

<https://doi.org/10.14571/brajets.v17.n4.1324-1346>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Los autores participaron en el diseño y redacción del artículo, en la búsqueda y análisis de la información contenida en la bibliografía consultada.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional