

Mejora tecnológica de la enseñanza en prótesis estomatológica: habilidades y objetivos de desarrollo sostenible

Technological improvement of teaching dental prosthetics: skills and sustainable development goals

<https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0489>

Magela Roche Cruz¹

<https://orcid.org/0000-0003-4836-5888>
magelarochecruz@gmail.com

Arialys Hernández Nariño^{1*}

<https://orcid.org/0000-0002-0180-4866>
arialys.hernandez@gmail.com

Yasniel Sánchez Suárez²

<https://orcid.org/0000-0003-1095-1865>
yasnielsanchez9707@gmail.com

Esteban Rodríguez Torres³

<https://orcid.org/0000-0002-3571-6899>
ert931025@gmail.com

Recibido: 19/01/2026

Aceptado: 13/04/2026

RESUMEN

El proceso de enseñanza-aprendizaje en entornos de escasez y alto costo de materiales exige herramientas innovadoras que aseguren su continuidad. Este estudio se propone valorar las implicaciones de la mejora tecnológica de un medio de enseñanza para prótesis estomatológica en la adquisición de habilidades y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El estudio es cuasiexperimental con enfoque mixto, realizado entre enero de 2023 y enero de 2024 con 40 estudiantes (grupo control n=20, experimental n=20) y 5 profesores. Se diagnosticaron debilidades, se diseñó e implementó la mejora, y se evaluó su efecto mediante pruebas t de Student, U de Mann-Whitney, d de Cohen, r y análisis de contenido para los ODS. El grupo experimental mostró diferencias estadísticamente significativas en evaluaciones académicas, en percepciones de habilidades prácticas y satisfacción. El análisis de contenido evidenció contribuciones directas a los ODS 3, 4, 9 y 12. La mejora tecnológica resultó efectiva en el contexto específico estudiado y constituye un punto de partida para generalizar los hallazgos en investigaciones adicionales que exploren la escalabilidad de esta innovación en contextos con limitaciones similares.

Palabras clave: Enseñanza superior; materiales de enseñanza; desarrollo de habilidades; tecnología educativa; desarrollo sostenible.

1. Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Cuba.
 2. Universidad de Matanzas, Matanzas. Cuba
 3. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila. Cuba
- * Autor de correspondencia: arialys.hernandez@gmail.com

ABSTRACT

Teaching-learning process in environments marked by material scarcity and high costs requires innovative tools to ensure its continuity. This study assesses the implications of a technological improvement to a prosthetic dentistry teaching device on skill acquisition and the Sustainable Development Goals. A quasi-experimental study with a mixed-method approach was conducted between January 2023 and January 2024 with 40 students (control group $n=20$, experimental $n=20$) and 5 professors. Weaknesses were diagnosed, the improvement was designed and implemented, and its effect was evaluated using Student's t-test, Mann-Whitney U, Cohen's d, r and content analysis for the SDGs. The experimental group showed statistically significant differences in academic evaluations, perceptions of practical skills, and satisfaction. Content analysis evidenced direct contributions to SDGs 3, 4, 9, and 12. The technological improvement proved effective in the specific context studied and serving as a starting point for further research exploring the scalability of this innovation in contexts with similar limitations.

Keywords: Higher education, instructional materials, skill development, educational technology, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

La formación de habilidades prácticas en la educación médica superior se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 4: "Educación de calidad", que promueve el acceso a una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y el ODS 3: "Salud y bienestar", que busca garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos (Naciones Unidas, 2015). Así, la adquisición de competencias técnicas en estudiantes de tecnología de la salud no solo mejora su preparación profesional, sino que fortalece los sistemas sanitarios y contribuye a la cobertura universal de salud (Cooper & Holmboe, 2025).

En este sentido, la innovación en medios de enseñanza, como el perfeccionamiento de equipos especializados, se convierte en una estrategia clave para fomentar habilidades prácticas sostenibles (Luque Suárez, 2024). La integración de tecnologías accesibles y adaptadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje responde también al ODS 9: "Industria, innovación e infraestructura", al promover la innovación en contextos de recursos limitados (McIsaac et al., 2024). La adaptación de medios de enseñanza reduce la dependencia de insumos importados y fortalece la autonomía local (Estrella López, 2025), lo que refleja un compromiso con la formación de profesionales desde una perspectiva de desarrollo sostenible (Huss & Ikiugu, 2020).

Los medios de enseñanza se conciben como objetos naturales o construidos que, al cumplir con requisitos higiénicos, psicológicos y pedagógicos, pueden ser empleados para el logro de los objetivos formativos. En su carácter desarrollador, estos medios demuestran potencialidades para la aprehensión de contenidos y la mejora de habilidades cognitivas (Ipek et al., 2018).

A pesar de que se reconocen estudios de innovación educativa de alto valor tecnológico en odontología y su incidencia en el aprendizaje (Patil et al., 2023; Mahrous et al., 2023), no se han investigado sistemáticamente los impactos de mejoras tecnológicas incrementales en medios de enseñanza, de bajo costo y basadas en el reciclaje, sobre la adquisición de habilidades prácticas específicas en la formación técnica de estomatología y, más allá, cómo este tipo de intervención puede contribuir a los ODS en entornos de recursos tecnológicos y de infraestructura limitados.

El objetivo de esta investigación es valorar las implicaciones de la mejora tecnológica de un medio de enseñanza para prótesis estomatológica en la adquisición de habilidades y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

METODOLOGÍA

Se realizó una investigación cuasiexperimental en la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, en el período comprendido de enero del 2023 a enero del 2024 con 40 estudiantes y cinco profesores de la especialidad de Prótesis Estomatológica. El enfoque del estudio fue mixto, el componente cuantitativo, donde se compararon las calificaciones prácticas y las percepciones (encuestas) entre un grupo experimental y uno de control. El componente cualitativo estuvo basado en el análisis de contenido de entrevistas grupales, observaciones y documentos, lo que permitió comprender el proceso de mejora y valorar sus implicaciones para los ODS.

El estudio respondió a dos preguntas: ¿Qué implicaciones tiene la mejora tecnológica a un medio de enseñanza para la adquisición de habilidades prácticas en prótesis estomatológica? ¿Qué implicaciones tiene la mejora tecnológica a un medio de enseñanza para adquirir habilidades prácticas en prótesis estomatológica al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)? El diseño de la investigación incorporó varias fases:

Caracterización y diagnóstico: para revelar el desarrollo actual de las habilidades prácticas se realizó una revisión de documentos tales como: el programa de la asignatura y el plan de estudio de la Educación Superior de Ciclo Corto en Prótesis Estomatológica; se realizó una entrevista grupal a cinco especialistas del grupo provincial sobre la utilización y disponibilidad de los analizadores de Ney y dos encuestas estructuradas a estudiantes y profesores que imparten la asignatura, todo ello para evaluar su percepción sobre el uso e implicación del medio de enseñanza en el desarrollo de habilidades. Por su parte, la observación de clases prácticas facilitó la identificación de las brechas en el cumplimiento de las habilidades.

La encuesta a profesores indagó en: empleo del Analizador de Ney en el planeamiento y diseño de la prótesis parcial removible; calidad de los analizadores para el desarrollo de las habilidades prácticas; importancia de la mejora para el desarrollo de habilidades; nivel de conocimientos sobre las habilidades prácticas. En tanto, a los estudiantes se les preguntó: importancia de su empleo para adquirir habilidades de análisis; cumplimiento de principios biomecánicos debido a su empleo; logro de las habilidades prácticas; impacto del déficit del medio de enseñanza en su aprendizaje y satisfacción con el uso del Analizador de Ney. Para

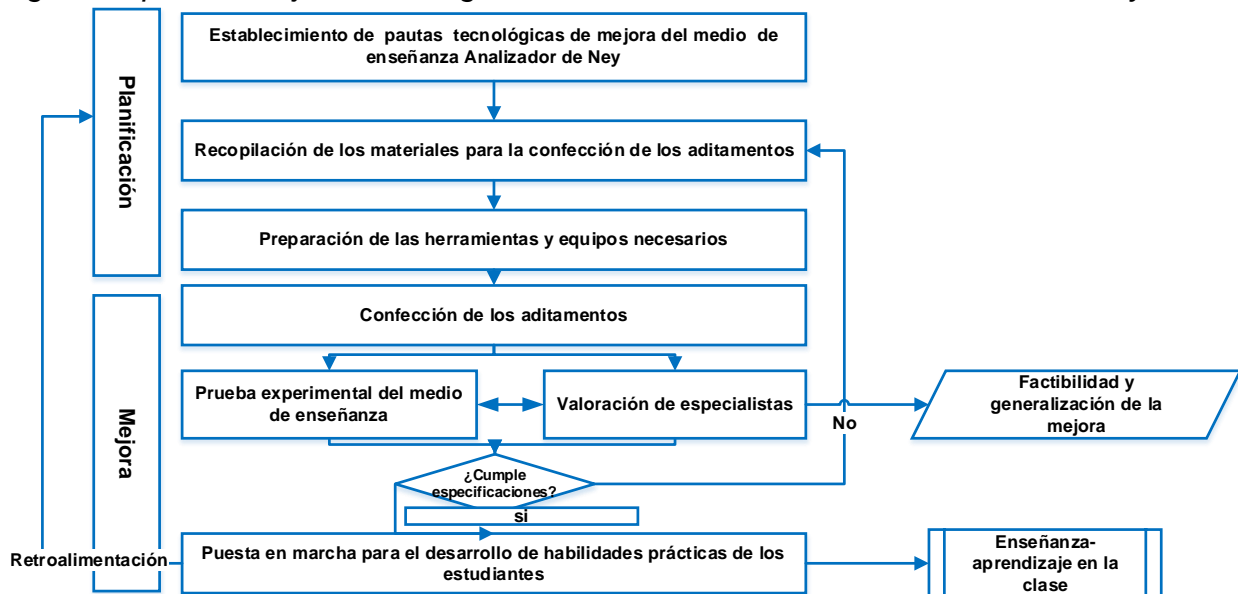
ambas encuestas se empleó una escala cualitativa ordinal: de acuerdo (A), parcialmente de acuerdo (PA) y no de acuerdo (NA).

Se validó el contenido de los instrumentos mediante el juicio de 15 especialistas en prótesis estomatológica y en la investigación en educación médica superior, provenientes de instituciones sanitarias de la provincia y de la universidad médica. La consistencia interna se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con un valor general de $\alpha = 0.818$, lo que indicó una buena fiabilidad. Por grupos, el grupo control presentó $\alpha = 0.825$ y el grupo experimental $\alpha = 0.811$, valores que confirmaron la estabilidad del instrumento en ambos contextos.

Intervención (mejora tecnológica): La intervención se sustentó en un algoritmo que, mediante la modelación (Fadul, 2004), representó los componentes, conceptos y relaciones que fundamentan el desarrollo de habilidades prácticas con la mejora tecnológica del medio de enseñanza (Figura 1).

Figura 1.

Algoritmo para la mejora tecnológica del medio de enseñanza Analizador de Ney.



Análisis de las implicaciones: El impacto de esta intervención se evaluó mediante la comparación de las evaluaciones prácticas y calificaciones académicas antes y después de implementada la mejora. Se administraron las mismas encuestas estructuradas tanto a estudiantes del grupo experimental, como a profesores para evaluar su percepción sobre la efectividad del medio de enseñanza mejorado para facilitar el aprendizaje práctico.

Las implicaciones para los objetivos de desarrollo sostenible resultaron del análisis del comportamiento de la intervención ante las metas clave. Los autores revisaron documentos sobre metas e indicadores oficiales de la Agenda 2030. Primero se seleccionaron aquellas metas directamente vinculadas con la salud, la educación y la innovación tecnológica. Luego, mediante la técnica de análisis de contenido se

aplicó una matriz de categorías basada en las metas definidas anteriormente. Se codificaron sistemáticamente las evidencias que, durante la intervención, demostraban contribuciones a educación, salud e innovación.

Los 40 estudiantes fueron divididos en dos grupos, uno de control (20 estudiantes) y otro experimental (20 estudiantes). El grupo experimental estuvo compuesto de estudiantes del primer año del curso 2024, con el instrumento ya diseñado. El grupo control estuvo conformado por 20 estudiantes que recibieron la misma asignatura en el curso 2023, sin utilizar el medio de enseñanza.

Se garantizaron condiciones similares de paridad para el estudio con los dos grupos. Ambos corresponden al mismo año académico, recibieron el mismo contenido y estructura del programa con igual claustro de profesores; su conformación es igual, de acuerdo con las fuentes de ingreso de los estudiantes.

El análisis cuantitativo incluyó estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) y de comparación de grupos control y experimental. Para las variables evaluaciones sistemáticas y calificaciones finales se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes, previa verificación de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene), con un nivel de significación $\alpha = 0.05$. Se calculó además el tamaño del efecto mediante la d de Cohen para estimar la magnitud práctica de las diferencias; para valores ≥ 0.8 se consideró un efecto grande.

En cuanto a las percepciones de los estudiantes se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, adecuada para datos ordinales. Se calculó el tamaño del efecto ($r = z/\sqrt{n}$) para cuantificar la magnitud de las diferencias; para valores ≥ 0.5 se consideró un efecto grande. Fue utilizado el software SPSS versión 20.

RESULTADOS

Caracterización y diagnóstico

El programa de la asignatura prótesis parcial removible, responde al interés de contribuir a la formación de un estudiante capaz de reconocer la importancia de la tecnología para solucionar uno de los problemas de salud de la población que es la rehabilitación con Prótesis Estomatológica. Se imparte en el segundo período, en segundo año de la carrera, durante 18 semanas, teniendo una duración de 192 horas, de ellas 132 presenciales y 60 de práctica laboral investigativa.

En la unidad seis con el tema, planeamiento y diseño en prótesis parcial removible, los estudiantes deben utilizar los analizadores o tangenciómetros para realizar el planeo de un aparato protésico parcial removible. El profesor debe explicar por qué usar el analizador, así como la obligatoriedad de su uso para la construcción de las prótesis parciales removibles ya sean metálicas o acrílicas. Se deben desarrollar las habilidades prácticas siguientes:

Además, se utiliza la manipulación de los analizadores, planeamiento y diseño de las distintas clases de Kennedy, análisis y diseño sobre modelos definitivos para determinar el paralelismo relativo de dos o más superficies dentarias, que determinan las distintas áreas de los dientes y permiten identificar los puntos de máximo contorno de la prótesis.

Asimismo, este permite determinar el grado de interferencias existentes con respecto al eje de inserción y remoción del aparato, así como determinar la mejor vía, estimar la cantidad de retención que se puede generar en la superficie del diente pilar lo cual puede implicar la modificación de su superficie, ayudar en el establecimiento de los planos guías paralelos y establecer la alineación de las superficies dentarias de los dientes pilares.

El intercambio con especialistas del grupo provincial manifiesta que en los servicios de prótesis estomatológica de la provincia de Matanzas y en la universidad, los analizadores o tangenciómetros en existencia están deteriorados y han perdido algunas de sus partes y piezas. Se concuerda en que la carencia de materiales dentales y el costo elevado de los productos y recursos, hace necesario la sustitución de piezas y materiales y búsqueda de alternativas para la continuidad del proceso enseñanza aprendizaje. Las encuestas a profesores y estudiantes, así como las calificaciones y observaciones a clases prácticas, apuntaron a dificultades para el cumplimiento de las habilidades prácticas.

Intervención

La intervención resultó en:

- Análisis de los componentes del medio de enseñanza Analizador de Ney (varilla analizadora, grafito y porta grafito, cuchilla para cera, calibrador de profundidad). Se identificaron posibilidades de ajuste tecnológico a la varilla analizadora y el porta grafito (capacidad del equipamiento y existencia de materiales reciclados).
- Recolección de los materiales desechables, necesarios para la mejora tecnológica a los aditamentos afectados (acero inoxidable y alpaca).
- Confección de cada aditamento, prueba y ajuste de la funcionalidad del medio.
- Valoración por los cinco especialistas, quienes expresaron coincidencias en la idoneidad, calidad y posibilidad de uso del medio modificado, para adquirir habilidades prácticas. Consideraron acertada la innovación propuesta para su aplicación y generalización en los servicios de estomatología

Análisis de las implicaciones

Adquisición de habilidades

La utilización de este medio ya mejorado permitió que el grupo experimental pudiera cumplir las habilidades prácticas correspondientes al programa de estudio del Ciclo Corto de Prótesis Estomatológica. En las clases prácticas observadas, donde el estudiante desarrolla las habilidades con el Analizador de Ney recuperado, se detectó una selección correcta de métodos y medios para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje en correspondencia con los objetivos propuestos, de forma tal que se propicia el desarrollo de la independencia cognoscitiva de los estudiantes.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Tanto en las evaluaciones sistemáticas como en las calificaciones finales, el grupo

experimental obtuvo mejores resultados que el grupo control, con diferencias superiores a un punto. Estos hallazgos indican que el medio de enseñanza mejorado tuvo un efecto notablemente positivo (d de Cohen) y estadísticamente significativo en el rendimiento académico de los estudiantes (tabla 1).

Tabla 1

Análisis estadístico de las evaluaciones sistemáticas y calificaciones finales de ambos grupos.

Variable	Media Control	Media Experimental	Desviación estándar (DE)	Diferencia	d de Cohen	t, gl p-valor
Evaluaciones sistemáticas	2.70	4.00	0.97 (experimental)	+1.30	1,38	-4,36, 38
			0.92 (control)			p < 0.001
Calificaciones finales	3.10	4.20	0.83 (experimental)	+1.10	1,26	-4,01, 38
			0.91 (control)			p < 0.001

Nota: Convenciones de Cohen: 0.2 = efecto pequeño, 0.5 = efecto mediano, 0.8 = efecto grande, > 1.0 = efecto muy grande

La tabla 2 presenta diferencias estadísticamente significativas en las percepciones de los estudiantes, en tres de los cinco ítems evaluados: en el logro de habilidades prácticas, la percepción de afectación por déficit de calidad técnica y, con mayor relevancia en la satisfacción con el uso del analizador, el grupo experimental mostró valoraciones superiores al grupo control; los tamaños de los efectos se ubicaron en grande ($r = 0.69$), muy grande y extremadamente grande respectivamente.

Para los ítems relacionados con la importancia del analizador y el cumplimiento de principios biomecánicos, aunque el grupo experimental mostró medias superiores, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 2

Análisis estadístico de las percepciones de los estudiantes de ambos grupos.

Ítem	Grupo Control (n=20) M (DE)	Grupo Experimental (n=20) M (DE)	U de Mann-Whitney	p-valor	r
Importancia del empleo del analizador en el análisis, planeamiento y diseño de la Prótesis Parcial Removable	2.70 (0.47)	2.90 (0.31)	145.0	< 0.094	0.27
Cumplimiento de principios biomecánicos	2.45 (0.51)	2.65 (0.49)	165.0	< 0.233	0.19
Logro de habilidades prácticas	2.00 (0.00)	2.65 (0.49)	50.0	< 0.001	0.69
Afectación en la adquisición de habilidades por déficit de analizadores con calidad técnica	2.00 (0.00)	2.90 (0.31)	20.0	< 0.001	0.83
Satisfacción con el uso del analizador	2.00 (0.00)	3.00 (0.00)	0.0	< 0.001	0.90

En tanto las figuras 2 y 3 muestran las percepciones de los profesores antes y después de la aplicación del medio mejorado.

Figura 2
Resultados de encuestas a profesores antes de la mejora

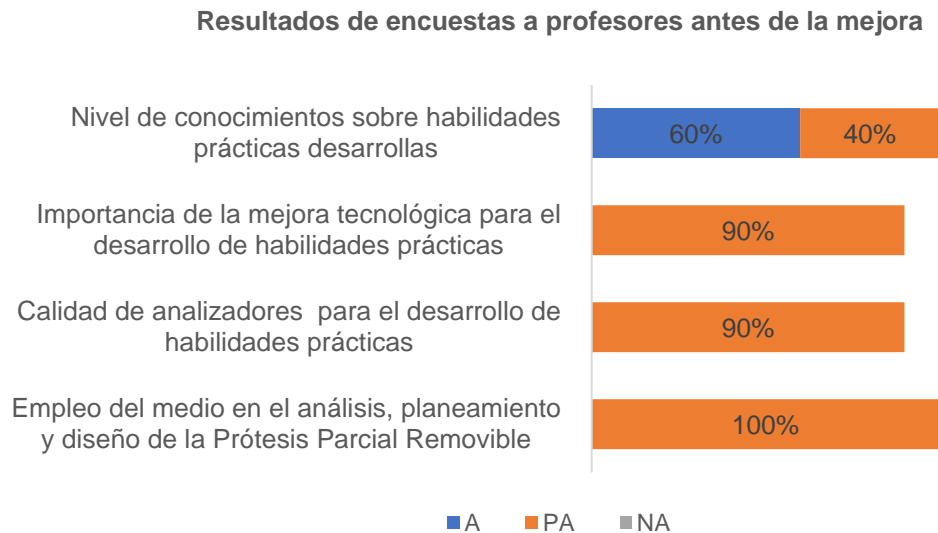


Figura 3
Resultados de encuestas a profesores después de la mejora



Cumplimiento de los ODS

La tabla 3 muestra el análisis de la contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la dimensión de la sostenibilidad (social, económica y ambiental) de mayor manifestación.

Tabla 3

Análisis de contenido: contribución de la mejora tecnológica para el desarrollo de habilidades a los ODS.

ODS y metas relevantes	Categoría de análisis	Valoración/dimensión
ODS 4: Educación de calidad 4.3: Acceso igualitario a educación técnica y superior. 4.4: Competencias técnicas y profesionales para el empleo. 4.7: Adquisición de conocimientos para el desarrollo sostenible.	Acceso y calidad educativa	La intervención asegura que la falta de recursos no impida la adquisición de habilidades clave, directamente alineado con las metas de ODS 4. Dimensión social
ODS 3: Salud y Bienestar 3.8: Cobertura universal de salud. 3.c: Aumentar la contratación, el desarrollo y la formación de personal sanitario	Formación técnica profesional	La investigación forma parte del ecosistema de formación de recursos humanos, particularmente en las tecnologías de la salud. fundamental para sistemas sanitarios resilientes. Dimensión social
ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura 9.4: Actualizar infraestructuras y tecnologías para que sean sostenibles. 9.5: Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica. 9.b: Apoyar el desarrollo tecnológico nacional	Innovación tecnológica	Es una innovación incremental y contextual, que optimiza recursos existentes, reduce la dependencia externa y se alinea con la soberanía tecnológica. Dimensión económica
ODS 12: Producción y consumo responsables 12.5: Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclaje y reutilización	Innovación tecnológica	La mejora se basa en principios de reutilización y reciclaje de materiales ("recorderías"), proporciona una nueva vida útil a un equipo, evita la generación de residuos y el consumo de nuevos recursos. Dimensión ambiental

La intervención mostró una asociación directa con los ODS 3 (Salud y bienestar), 4 (Educación de calidad) y 9 (Innovación e infraestructura), respaldada por las diferencias estadísticamente significativas en las habilidades prácticas adquiridas; las percepciones de profesores, estudiantes y el 100% de aprobación por especialistas de la mejora tecnológica; la propia identificación de la fabricación de aditamentos para superar escasez de medios de enseñanza con las condiciones técnicas para su empleo en el aprendizaje de principios biomecánicos; y el análisis y planeación de la prótesis, sustentado en el diseño de un algoritmo científicamente argumentado para alcanzar esos propósitos. Adicionalmente, la contribución al

ODS 12 (Producción y consumo responsables) se evidencia en la reutilización de materiales reciclados como el acero inoxidable y alpaca, con un consumo pequeño y económico, en comparación con el equipamiento convencional.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que una innovación tecnológica incremental, de bajo costo y basada en el reciclaje, aplicada al Analizador de Ney, produjo mejoras estadísticamente significativas y con tamaños del efecto grandes en la adquisición de habilidades prácticas y en la satisfacción de los estudiantes. Este hallazgo coincide con estudios que destacan el valor de adaptaciones tecnológicas en simulación odontológica (Patil et al., 2023) y con investigaciones que reportan mejoras significativas en destrezas psicomotoras mediante tecnologías complementarias a la formación tradicional (Farag & Hashem, 2021).

Sin embargo, a diferencia de estudios que se centran en innovaciones de alta fidelidad como simuladores hápticos, impresión 3D o inteligencia artificial (Mahrous et al., 2019; Mahrous et al., 2023), la presente investigación demuestra que, en contextos de recursos limitados, una mejora tecnológica de bajo costo pero funcional puede generar un impacto educativo comparable o superior en términos de magnitud del efecto ($d = 1.26$). Esta diferencia es crucial porque ofrece una alternativa viable y sostenible para entornos donde las tecnologías avanzadas no son económicamente accesibles o inviables por falta de infraestructura.

En cuanto a las percepciones docentes, si bien la mayoría de los profesores mostró una valoración positiva tras la intervención, un docente vinculado al entorno asistencial cambió negativamente su valoración. Este hallazgo sugiere que la preparación pedagógica y la familiaridad con contextos educativos son determinantes para la adopción de innovaciones, lo que señala la necesidad de mayor trabajo metodológico con especialistas que laboran predominantemente en la práctica asistencial (Sukkurwalla et al., 2024).

El análisis de contenido evidencia que esta innovación contribuye directamente a los ODS 3, 4, 9 y 12. A diferencia de estudios que reportan restricciones estructurales significativas para alcanzar estos ODS en países de ingresos medios y bajos (Ahmed & Batt, 2025), nuestros hallazgos muestran que soluciones endógenas pueden superar parcialmente estas barreras. La reutilización de materiales reciclados (acero inoxidable y alpaca) y la fabricación local de aditamentos representan un modelo de innovación responsable que alinea los propósitos educativos con la sostenibilidad ambiental (ODS 12) y la soberanía tecnológica (ODS 9) (Lehoux et al., 2018; Filho et al., 2022).

En conjunto, estos resultados indican que la mejora tecnológica del Analizador de Ney es una intervención prometedora y contextualmente relevante, pero no exenta de limitaciones. Aunque los tamaños del efecto sugieren que el impacto observado es sustancial y no atribuible al azar, tanto el tamaño muestral ($n = 40$ estudiantes, $n = 5$ profesores), como la especificidad del medio de enseñanza en una institución, limitan la generalización de los hallazgos a otras organizaciones educativas o especialidades con similares problemáticas. El estudio aún no permite establecer una relación causal definitiva entre la intervención y los resultados, más

allá de la validez interna lograda con las condiciones de paridad entre grupos. Por último, la evaluación del impacto a largo plazo en el desempeño de los estudiantes no fue abordada. Estos aspectos sugieren investigaciones adicionales para robustecer los resultados.

CONCLUSIONES

La mejora tecnológica incremental del Analizador de Ney, basada en la fabricación de aditamentos con materiales reciclados (acero inoxidable y alpaca), resultó efectiva en el contexto específico de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) y tamaños del efecto muy grandes (d de Cohen = 1.26 para calificaciones finales; $r = 0.69-0.90$ para percepciones de estudiantes) entre el grupo experimental y el grupo control, lo que sugiere un impacto educativo significativo.

La intervención mostró aportes directos a los ODS 3 (formación de técnicos para servicios de salud), ODS 4 (educación técnica de calidad), ODS 9 (innovación tecnológica local) y ODS 12 (consumo responsable mediante reciclaje), según el análisis de contenido realizado.

Sin embargo, estas conclusiones deben matizarse por las limitaciones del estudio, lo que implica que los hallazgos no son aún generalizables a otros contextos sin estudios de replicación adicionales.

La evidencia presentada sienta las bases para futuras investigaciones que exploren la escalabilidad de esta innovación en otras instituciones de salud y contextos con limitaciones similares, así como el diseño de estudios experimentales que permitan establecer relaciones causales de alto valor científico.

REFERENCIAS

- Adenle, A., De Steur, H., Mwongera, C., Rola-Rubzen, F., De Barcellos, M., Vivanco, D., Timilsina, G., Possas, C., Alders, R., Chertow, M., Poons, S., & Scholes, B. (2023). Global UN 2030 agenda: How can Science, Technology and Innovation accelerate the achievement of Sustainable Development Goals for All? *PLOS Sustainability and Transformation*, 32(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000085>
- Altıntaş, L., & Şahiner, M. (2024). Transforming medical education: The impact of innovations in technology and medical devices. *Expert Review of Medical Devices*, 21, 797-809. <https://doi.org/10.1080/17434440.2024.2400153>
- Cooper, D., & Holmboe, E. S. (2025). Competency-based medical education at the front lines of patient care. *New England Journal of Medicine*, 393 (4), 376-388. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2411880>
- Ahmed, A. I., & Batt, A. M. (2025). Exploring faculty development initiatives in medical education in resource-limited settings: Perspectives and challenges. *BMC Medical Education*, 25, 1501. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07848-7>
- Estrella López, B. C., Aguilar-Berrezueta, R. J., & Machuca Vivar, S. A. (2025). La formación de profesionales de la salud: retos y oportunidades en la era tecnológica y global. *Revista Conrado*, 21(102), 45-

53. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/4321>
- Fadul, J. (2004). *Diseño estructurado de algoritmos*. Colombia: Alexander Oviedo Fadul. <https://n9.cl/pw90tt>
- Farag, A., & Hashem, D. (2021). Impact of the haptic virtual reality simulator on dental students' psychomotor skills in preclinical operative dentistry. *Clinics and Practice*, 11(4), 635-644. <https://doi.org/10.3390/clinpract12010003>
- Filho, L., Vidal, D., Chen, C., Petrova, M., Dinis, M., Yang, P., Rogers, S., Álvarez-Castañón, L., Djekić, I., Sharifi, A., & Neiva, S. (2022). An assessment of requirements in investments, new technologies, and infrastructures to achieve the SDGs. *Environmental Sciences Europe*, 34. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00629-9>
- Huss, N., & Ikiugu, M. N. (2020). Education for sustainable health care: From learning to professional practice. *Medical Teacher*, 42(10), 1097-1101. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1797998>
- Ipek, I., & Ziatdinov, R. (2018). New approaches and trends in the philosophy of educational technology for learning and teaching environments. *European Journal of Contemporary Education*, 7(3), 381-389. <https://doi.org/10.13187/ejced.2017.3.381>
- Lehoux, P., Silva, H., Sabio, R., & Roncarolo, F. (2018). The unexplored contribution of responsible innovation in health to sustainable development goals. *Sustainability*, 10(11), 4015. <https://doi.org/10.3390/su10114015>
- Luque Suárez, J. C. (2024). Innovación y transformación en la educación de las ciencias de la salud: retos, oportunidades y compromiso ético. *Revista Médica*, 32(2), 7-9. <https://doi.org/10.18359/rmed.7591>
- Mahrous, A., & Schneider, G. B. (2019). Enhancing student learning of removable prosthodontics using the latest advancements in virtual 3D modeling. *Journal of Prosthodontics*, 28, 471-472. <https://doi.org/10.1111/jopr.13044>
- Mahrous, A., Botsko, D., Elgreatly, A., Tsujimoto, A., Qian, F., & Schneider, G. (2023). The use of artificial intelligence and game-based learning in removable partial denture design: A comparative study. *Journal of Dental Education*, 87, 1188-1199. <https://doi.org/10.1002/jdd.13225>
- Mclsaac, M., Buchan, J., Abu-Agla, A., & Global Health Workforce Network. (2024). Global strategy on human resources for health: Workforce 2030—A five-year check-in. *Human Resources for Health*, 22(68). <https://doi.org/10.1186/s12960-024-00940-x>
- Naciones Unidas. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Patil, S., Bhandi, S., Awan, K., Licari, F., Di Blasio, M., Ronsivalle, V., Cicciù, M., & Minervini, G. (2023). Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students—A systematic review. *BMC Oral Health*, 23(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03410-3>
- Sukkurwalla, A., Zaidi, S., Taqi, M., Waqar, Z., & Qureshi, A. (2024). Exploring medical educators' perspectives on teaching effectiveness and student learning. *BMC Medical Education*, 24, 1433. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06465-0>