Revista
ESTOMATOLÓGICA
Herediana
E-ISSN 2225-7616

ARTÍCULO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE / ARTIGO ORIGINAL

DOI: https://doi.org/10.20453/reh.v36i1.6531

Desempeño y percepción de estudiantes de Estomatología al utilizar un simulador háptico para la preparación dentaria de una corona libre de metal

Performance and perception of dental students using a haptic simulator for tooth preparation of a metal-free crown

Desempenho e percepção de estudantes de estomatologia ao utilizar um simulador háptico para a preparação dentária de uma coroa livre de metal

Angie Patricia Pichilingue-Orbe[1],
Diana Valeria Alata-Palacios[1],
Alessandra Camila Merejildo-Luna[1],
Pablo Armando Chávez-Alayo[1],
Mary Isabel Fukuhara-Nakama[1]

[1] Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

RESUMEN

Objetivo: Describir el desempeño y analizar la percepción de estudiantes de Estomatología de una universidad privada de Lima Metropolitana al utilizar un simulador háptico para la preparación dentaria de una corona libre de metal en el sector posterior. **Materiales y métodos:** Estudio transversal, descriptivo y observacional. Participaron 27 estudiantes, quienes realizaron la preparación dentaria de una corona libre de metal en una molar inferior mediante el simulador háptico Simodont® Dental Trainer. El desempeño se evaluó a través de una rúbrica de seis parámetros (puntaje máximo de 20 puntos) y se clasificó la actividad como aprobada (≥11) o desaprobada (<11). La percepción sobre la utilidad del simulador se midió mediante una encuesta tipo Likert de cinco puntos. Se aplicaron análisis descriptivos y bivariados con pruebas no paramétricas ($p < 0,05$). **Resultados:** El 66,67 % de los estudiantes desaprobó la evaluación global de destreza manual. El desgaste oclusal presentó el mayor porcentaje de resultados no aceptables (70,37 %) y el 100 % de los participantes afectó los dientes adyacentes. En contraste, el ángulo de convergencia mostró un 74,07 % de resultados satisfactorios. La percepción general del simulador fue positiva (mediana = 4). Se hallaron asociaciones significativas entre el desempeño en el desgaste oclusal y la percepción de similitud con la turbina dental real ($p = 0,041$) y el control del mango ($p = 0,043$), así como entre el ángulo de convergencia y la comodidad manual ($p = 0,010$). **Conclusiones:** Aunque los estudiantes mostraron una percepción favorable del simulador háptico, el desempeño técnico fue predominantemente subóptimo. Estos hallazgos sugieren que la percepción positiva no se traduce necesariamente en una competencia inmediata. La simulación háptica debe integrarse de manera estructurada y progresiva dentro del entrenamiento preclínico, incorporando siempre la retroalimentación del docente.

Palabras clave: entrenamiento simulado; tecnología háptica; destreza motora; educación en odontología; realidad virtual.

Recibido: 26-05-2025
Aceptado: 11-03-2026
En línea: 30-03-2026

Artículo de acceso abierto
© Los autores

Citar como:
Pichilingue-Orbe AP, Alata-Palacios DV, Merejildo-Luna AC, Chávez-Alayo PA, Fukuhara-Nakama MI. Desempeño y percepción de estudiantes de Estomatología al utilizar un simulador háptico para la preparación dentaria de una corona libre de metal. Rev Estomatol Herediana. 2026;36(1):e6531. doi:10.20453/reh.v36i1.6531

ABSTRACT

Objective: To describe performance and analyze the perception of dental students from a private university in Metropolitan Lima when using a haptic simulator for tooth preparation of a metal-free crown in the posterior region. **Materials and methods:** A cross-sectional, descriptive, and observational study was conducted. A total of 27 students participated, performing tooth preparation for a metal-free crown on a mandibular molar using the Simodont® Dental Trainer haptic simulator. Performance was assessed using a six-parameter rubric (maximum score: 20 points), and the activity was classified as pass (≥11) or fail (<11). Perception of the simulator's usefulness was measured using a five-point Likert-type survey. Descriptive and bivariate analyses were conducted using nonparametric tests ($p < 0.05$). **Results:** 66.67% of students failed the global manual dexterity assessment. Occlusal reduction showed the highest proportion of unacceptable results (70.37%), and 100% of participants affected adjacent teeth. In contrast, the convergence angle showed 74.07% satisfactory results. Overall perception of the simulator was positive (median = 4). Significant associations were found between performance in occlusal reduction and perceived similarity to a real dental handpiece ($p = 0.041$) and handpiece control ($p = 0.043$), as well as between convergence angle and manual comfort ($p = 0.010$). **Conclusions:** Although students showed a favorable perception of the haptic simulator, technical performance was predominantly suboptimal. These findings suggest that positive perception does not necessarily translate into immediate clinical competence. Haptic simulation should be integrated in a structured and progressive manner within preclinical training, consistently incorporating instructor feedback.

Keywords: simulation training; haptic technology; motor skills; dental education; virtual reality.

RESUMO

Objetivo: Descrever o desempenho e analisar a percepção de estudantes de Estomatologia de uma universidade privada de Lima Metropolitana ao utilizar um simulador háptico para a preparação dentária de uma coroa livre de metal no setor posterior. **Materiais e métodos:** Estudo transversal, descritivo e observacional. Participaram 27 estudantes, que realizaram a preparação dentária de uma coroa livre de metal em um molar inferior por meio do simulador háptico Simodont® Dental Trainer. O desempenho foi avaliado por meio de uma rubrica de seis parâmetros (pontuação máxima de 20 pontos), classificando-se a atividade como aprovada (≥11) ou reprovada (<11). A percepção sobre a utilidade do simulador foi medida por meio de uma escala do tipo Likert de cinco pontos. Foram realizadas análises descritivas e bivariadas com testes não paramétricos ($p < 0,05$). **Resultados:** 66,67% dos estudantes reprovaram na avaliação global de destreza manual. O desgaste oclusal apresentou o maior percentual de resultados não aceitáveis (70,37%), e 100% dos participantes afetaram os dentes adjacentes. Em contraste, o ângulo de convergência apresentou 74,07% de resultados satisfatórios. A percepção geral do simulador foi positiva (mediana = 4). Foram encontradas associações significativas entre o desempenho no desgaste oclusal e a percepção de similaridade com a turbina odontológica real ($p = 0,041$) e o controle do instrumento manual ($p = 0,043$), assim como entre o ângulo de convergência e o conforto manual ($p = 0,010$). **Conclusões:** Embora os estudantes tenham apresentado uma percepção favorável do simulador háptico, o desempenho técnico foi predominantemente subótimo. Esses achados sugerem que a percepção positiva não se traduz necessariamente em competência imediata. A simulação háptica deve ser integrada de forma estruturada e progressiva no treinamento pré-clínico, incorporando sempre o feedback docente.

Palavras-chave: treinamento simulado; tecnologia háptica; destreza motora; educação em odontologia; realidade virtual.

INTRODUCCIÓN

La educación en odontología combina componentes teóricos y prácticos, los cuales son esenciales para el desarrollo de las habilidades clínicas necesarias en el ejercicio profesional. El modelo tradicional de aprendizaje clínico involucra al paciente, el estudiante y al docente, quien cumple un rol fundamental en la supervisión y retroalimentación del proceso formativo. Sin embargo, este modelo presenta limitaciones importantes, tales como

la disponibilidad y variabilidad de los casos clínicos, así como consideraciones éticas inherentes a la atención, que restringen la repetición deliberada de los procedimientos (1, 2).

Ante las limitaciones del entorno clínico real, la fase preclínica resulta determinante en la formación odontológica, al permitir la consolidación de destrezas manuales en un entorno controlado previo al contacto con el paciente. El uso de fantomas ha sido una estrategia ampliamente empleada para este fin; no obstante, este tipo de simulación requiere supervisión constante, presenta restricciones para replicar determinados procedimientos y supone costos adicionales cuando se requieren múltiples repeticiones (3). Estas variables han impulsado la incorporación de nuevas tecnologías educativas orientadas a optimizar el entrenamiento (4).

En este contexto, los simuladores hápticos han emergido como una herramienta innovadora que permite replicar procedimientos clínicos en entornos virtuales sin riesgo para el paciente. Estos dispositivos proporcionan retroalimentación sensorial en tiempo real, facilitan la repetición ilimitada de los ejercicios (5-7) y ofrecen métricas objetivas para la evaluación del desempeño, lo que promueve la autoevaluación y una mayor autonomía del estudiante (8). Diversos estudios reportan que su uso contribuye al desarrollo de la destreza psicomotriz fina y al fortalecimiento de habilidades manuales durante la etapa preclínica (5-8).

Entre los simuladores disponibles, Simodont® Dental Trainer (Nissin, Japón), desarrollado en 2009 en Ámsterdam (Países Bajos), ha sido incorporado en diversos programas académicos como una herramienta complementaria (5). Si bien existe evidencia que respalda su utilidad general, los resultados reportados en la literatura son heterogéneos y dependen del tipo de procedimiento, el contexto educativo y los criterios de medición empleados (9, 10). En particular, la evidencia específica sobre su uso en procedimientos de rehabilitación oral sigue siendo escasa.

Actualmente, las coronas libres de metal, como las de disilicato de litio o zirconia, constituyen la alternativa terapéutica de elección en rehabilitación oral debido a sus ventajas mecánicas, estéticas y de biocompatibilidad frente a las metal-cerámicas (11). La preparación dentaria para estas restauraciones exige una alta precisión técnica: control del desgaste oclusal y axial, establecimiento de un ángulo de convergencia óptimo, definición de la línea de terminación cervical y preservación de los dientes adyacentes. Estas exigencias convierten a la preparación dentaria de coronas libres de metal en un modelo clínico pertinente para la evaluación objetiva de la destreza manual.

A pesar de la creciente adopción de esta tecnología, la evidencia sobre su impacto en el desempeño de estudiantes durante la preparación dentaria de coronas libres de metal es limitada, particularmente en contextos latinoamericanos. Asimismo, pocos estudios integran simultáneamente la evaluación objetiva mediante parámetros estandarizados y la percepción subjetiva de los estudiantes. Esta carencia de información dificulta el establecimiento de recomendaciones pedagógicas claras en el área de rehabilitación oral.

Por tales razones, el presente estudio tuvo como objetivo describir el desempeño y analizar la percepción de estudiantes de estomatología de una universidad privada de Lima Metropolitana al utilizar un simulador háptico para la preparación dentaria de una corona libre de metal en el sector posterior.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal y descriptivo en la Facultad de Estomatología de una universidad privada de Lima Metropolitana. La población estuvo conformada por la totalidad de estudiantes matriculados en el curso de Internado Clínico Estomatológico del Adulto (n = 27). Los criterios de inclusión fueron la participación voluntaria y la condición de matrícula vigente. Los participantes podían presentar o no experiencia previa con simuladores hápticos en procedimientos distintos a la preparación dentaria de coronas. Se excluyeron a aquellos estudiantes con experiencia previa en el uso de estos simuladores para la preparación dentaria de coronas libres de metal posteriores, así como a quienes presentaran limitaciones visuales, auditivas o psicomotrices. El estudio contó con la aprobación del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (código SIDISI 213188, constancia CIE-313-27-24) y se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes.

Para la evaluación se emplearon dos instrumentos. El primero fue una rúbrica para medir la destreza manual en la preparación dentaria, compuesta por seis parámetros y con un puntaje máximo de 20 puntos, la cual permitió clasificar la actividad como aprobada (≥11) o desaprobada (<11) (tabla 1). El segundo instrumento fue una encuesta de percepción sobre la utilidad de los simuladores hápticos, conformada por ocho preguntas con respuestas en una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = «menos útil»; 5 = «muy útil»).

Tabla 1. Rúbrica de evaluación de la destreza manual en la preparación dentaria de una corona libre de metal en el sector posterior con el uso del simulador háptico Simodont® Dental Trainer.

Parámetro	Indicador	No aceptable	Aceptable	Satisfactorio
Desgaste oclusal	Desgaste en milímetros de la cara oclusal en una vista vestíbulo-lingual o palatina	Desgaste oclusal <2 mm o >2,5 mm (0 puntos)	Desgaste oclusal >2,0 mm y ≤2,5mm (2 puntos)	Desgaste oclusal de 2,0 mm (3 puntos)
Desgaste axial	Desgaste en milímetros de todas las caras del diente	Desgaste axial <1,5 mm o >2,0 mm (0 puntos)	Desgaste axial >1,5 mm y ≤2 mm (2 puntos)	Desgaste axial 1,5 mm (5 puntos)
Ángulo de convergencia oclusal	Ángulo formado entre las dos paredes opuestas de una preparación que convergen gradualmente hacia oclusal	Ángulo <6° o >20° (0 puntos)	Ángulo ≤20° y >10° (2 puntos)	Ángulo ≥6° y ≤10° (3 puntos)
Ubicación de la línea de terminación cervical	Ubicación de la línea de terminación tomando como referencia el margen gingival	Línea de terminación cervical más de 1 mm supragingival o más de 0,5 mm infragingival (0 puntos)	Línea de terminación cervical a no más de 1 mm supragingival y no menos de 0,5 mm infragingival (2 puntos)	Línea de terminación cervical del margen gingival a 0,5 mm supragingival (3 puntos)
Tipo de línea de terminación cervical	Forma de la línea de terminación, evaluada desde el punto medio de las cuatro caras del diente	No se observa línea de terminación (0 puntos)	Se observa parcialmente la línea de terminación tipo *chamfer* (2 puntos)	Se observa la línea de terminación en forma de *chamfer* definida en las cuatro caras libres (3 puntos)
Preservación de los dientes adyacentes	Número de piezas dentarias adyacentes afectadas durante la preparación	Dientes vecinos afectados (0 puntos)		Ningún diente vecino afectado (3 puntos)

Ambos instrumentos fueron adaptados de estudios previos (12, 13) y sometidos a un proceso de validación de contenido mediante el juicio de expertos. Participaron seis docentes del área de oclusión y rehabilitación oral, todos con un mínimo de cinco años de experiencia docente. La confiabilidad de la encuesta se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,6.

Previo al inicio del estudio, se realizó un proceso de calibración entre tres evaluadores mediante la revisión conjunta de casos bajo la supervisión de un docente experto. Los evaluadores tenían la condición de egresados de la carrera y, durante su formación, recibieron capacitación en coronas libres de metal y uso de simuladores hápticos. Posteriormente, se llevó a cabo un estudio piloto con nueve estudiantes del primer año de la especialidad de rehabilitación oral para evaluar la aplicabilidad y consistencia de los instrumentos.

Los estudiantes fueron citados al centro de realidad virtual háptica y se les asignó una unidad del simulador con un usuario anónimo. Antes de la actividad práctica, recibieron una sesión teórica de 10 minutos a cargo de un docente especialista, en la cual se explicaron los parámetros clínicos para la preparación dentaria y los criterios de la rúbrica de evaluación. Luego, los estudiantes realizaron la preparación dentaria en un molar inferior. El simulador permitió la visualización desde diferentes ángulos y el uso de la herramienta *zoom*. Los estudiantes dispusieron de un tiempo máximo de una hora y pudieron ejecutar intentos ilimitados; para el análisis, se consideró solo la mejor preparación dentaria según el criterio de cada estudiante. Al finalizar, los participantes completaron una encuesta virtual anónima sobre la percepción de la utilidad del simulador.

La evaluación de las preparaciones estuvo a cargo de los evaluadores, quienes utilizaron la rúbrica y las herramientas virtuales del sistema Simodont® Dental Trainer, tales como la regla milimetrada virtual, el medidor de ángulo y la superposición del diente previo a la preparación dentaria (figura 1). Estas herramientas permitieron obtener mediciones objetivas y precisas.

Los datos fueron procesados en Microsoft Excel y exportados al programa estadístico Stata v. 18.0 para su análisis, considerando un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$). Para las variables cualitativas, se calcularon frecuencias absolutas y relativas; para las cuantitativas, se determinaron la mediana y los percentiles 25 y 75. La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. El análisis bivariado exploró la asociación entre la percepción de utilidad de los simuladores y los parámetros de destreza manual evaluados durante la preparación dentaria de coronas libres de metal. También

se determinó la asociación entre el desempeño global (aprobado/desaprobado) y la percepción de utilidad mediante las pruebas de Kruskal-Wallis y la U de Mann-Whitney, respectivamente, considerando un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$.

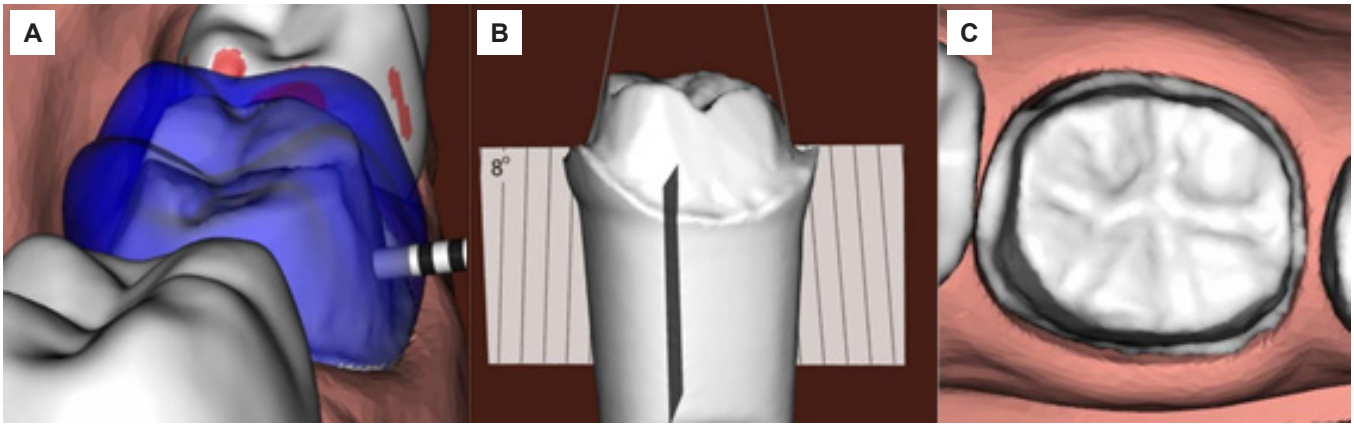


Figura 1. Evaluación del tallado para corona libre de metal en simulador háptico. A) Medida de la cantidad de desgaste. B) Medida del ángulo de convergencia oclusal. C) Vista oclusal.

RESULTADOS

La tabla 2 detalla el desempeño de los estudiantes en la preparación dentaria de una corona libre de metal en el sector posterior mediante simulación háptica, evaluado a través de seis parámetros clínicos específicos. De manera global, el 66,67 % de los estudiantes (n = 18) fue clasificado como desaprobado, mientras que el 33,33 % (n = 9) alcanzó el nivel de aprobación según el puntaje total de la rúbrica aplicada.

Tabla 2. Distribución del desempeño en la destreza manual para la preparación dentaria de una corona libre de metal en el sector posterior usando un simulador háptico.

Destreza manual	No aceptable		Aceptable		Satisfactorio	
	n	%	n	%	n	%
Desgaste oclusal	19	70,37	4	14,82	4	14,81
Desgaste axial	3	11,11	18	66,67	6	22,22
Ángulo de convergencia oclusal	4	14,81	3	11,11	20	74,07
Ubicación de la línea de terminación cervical	7	25,93	16	59,26	4	14,81
Tipo de línea de terminación cervical	7	25,93	15	55,56	5	18,52
Preservación de los dientes adyacentes	27	100,00	0	0	0	0,00
	Aprobados		Desaprobados			
	9	33,33	18	66,67		
Total	27	100,00				

El análisis por parámetros evidenció un desempeño variable. El desgaste oclusal mostró una elevada proporción de resultados no aceptables (70,37 %; n = 19), con porcentajes equivalentes de evaluaciones aceptables (14,82 %; n = 4) y satisfactorias (14,81 %; n = 4). En contraste, el desgaste axial presentó predominantemente resultados aceptables (66,67 %; n = 18), seguidos de evaluaciones satisfactorias (22,22 %; n = 6) y un menor porcentaje de resultados no aceptables (11,11 %; n = 3).

El ángulo de convergencia oclusal fue el parámetro con mejor desempeño: el 74,07 % de las preparaciones (n = 20) fue calificado como satisfactorio, mientras que los resultados no aceptables y aceptables representaron el 14,81 % (n = 4) y el 11,11 % (n = 3), respectivamente.

En cuanto a la línea de terminación cervical, tanto su ubicación como su tipo mostraron mayoritariamente evaluaciones aceptables (59,26 % y 55,56 %, respectivamente), con proporciones menores de resultados satis-

factorios (14,81 % y 18,52 %) y no aceptables (25,93 % en ambos casos). La preservación de los dientes adyacentes evidenció el desempeño más desfavorable, dado que el 100 % de las preparaciones (n = 27) se clasificó como no aceptable.

La tabla 3 resume la percepción de los estudiantes sobre la utilidad de los simuladores hápticos en el aprendizaje y entrenamiento clínico. En general, se observó una valoración favorable, con medianas de 4 en siete de los ocho ítems, lo que indica una percepción positiva y relativamente homogénea de esta tecnología como herramienta educativa. Los estudiantes destacaron la utilidad del simulador para el aprendizaje autodidacta y el entrenamiento en el tallado de coronas posteriores; asimismo, resaltaron la similitud de la sensación háptica y del control del mango del simulador en comparación con la turbina de alta velocidad sobre una pieza real (mediana = 4 en ambos casos). El realismo de los modelos anatómicos y la utilidad del sistema como herramienta de evaluación de la destreza manual también fueron valorados positivamente.

Tabla 3. Percepción de la utilidad del simulador háptico en estudiantes de pregrado de Estomatología.

Percepción de la utilidad de simuladores hápticos	Md	P25	P75
P1. ¿En qué grado el simulador virtual háptico es útil para el aprendizaje autodidacta en un procedimiento clínico?	4	4	5
P2. ¿En qué grado el uso del simulador virtual háptico brinda comodidad manual al realizar los procedimientos?	3	3	4
P3. ¿En qué grado las imágenes de los modelos anatómicos e instrumentos presentan realismo?	4	3	4
P4. ¿En qué grado el simulador háptico es útil como herramienta para evaluar la destreza manual en odontología?	4	3	4
P5. ¿En qué grado la sensación percibida con el simulador es similar a la de una turbina dental sobre una pieza dentaria real?	4	3	4
P6. ¿En qué grado la sensación percibida con el simulador es similar a la de una turbina dental sobre una pieza de acrílico o ivorina?	4	3	5
P7. ¿Qué grado de similitud existe entre el control del mango del simulador y el de una turbina de alta velocidad?	4	3	4
P8. ¿En qué grado considera que el uso de simuladores hápticos contribuye al aprendizaje del tallado de una corona libre de metal?	4	3	5

Md: mediana (Q2); P25: percentil 25 (Q1); P75: percentil 75 (Q3); escala tipo Likert de 1 a 5 (menos útil a muy útil).

En contraste, la comodidad manual durante el uso del simulador fue el aspecto con menor puntuación (mediana = 3), aunque mantuvo un rango intercuartílico estrecho, lo que sugiere una percepción consistente entre los participantes.

El análisis bivariado identificó asociaciones estadísticamente significativas entre el desempeño en el desgaste oclusal y la percepción de similitud del simulador con la turbina dental real (p = 0,041), así como con el control del mango (p = 0,043). Igualmente, se observó una asociación significativa entre el ángulo de convergencia y la percepción de comodidad manual durante el uso del dispositivo (p = 0,010). Con respecto a la asociación entre el desempeño global (aprobado/desaprobado) y la percepción de la utilidad de los simuladores, no se observaron diferencias estadísticamente significativas (tabla 4).

Tabla 4. Asociación entre el desempeño clínico y las dimensiones de percepción de la utilidad del simulador háptico.

Destreza manual	Percepción de utilidad de los simuladores hápticos															
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p
Desgaste oclusal																
No aceptable	4,00 (1,03)		4,00 (0,70)		4,00 (0,84)		4,00 (0,76)		4,00 (0,96)		4,00 (1,07)		4,00 (0,69)		4,00 (0,88)	
Aceptable	5,00 (0,50)	0,254*	3,00 (1,00)	0,692*	4,50 (0,96)	0,263*	4,00 (0,50)	0,321*	5,00 (0,50)	0,041*	5,00 (0,50)	0,101*	4,50 (0,58)	0,043*	4,50 (0,58)	0,425*
Satisfactorio	4,50 (0,96)		3,00 (1,26)		3,00 (1,26)		3,50 (0,96)		3,00 (1,63)		3,50 (1,71)		4,50 (1,89)		3,50 (0,96)	
Desgaste axial																
No aceptable	4,00 (0,58)		3,00 (1,15)		4,00 (1,53)		3,00 (1,15)		4,00 (1,00)		3,00 (1,15)		3,00 (1,15)		3,00 (1,15)	
Aceptable	4,00 (1,08)	0,801*	3,00 (0,77)	0,413*	3,50 (0,99)	0,884*	4,00 (0,81)	0,779*	3,50 (1,25)	0,703*	4,00 (1,25)	0,585*	4,00 (1,09)	0,965*	4,00 (0,84)	0,510*
Satisfactorio	4,50 (0,82)		4,00 (0,75)		4,00 (0,52)		4,00 (0,52)		4,00 (0,75)		4,50 (0,98)		4,00 (0,52)		4,50 (0,82)	
Ángulo de convergencia oclusal																
No aceptable	4,00 (1,73)		3,00 (0,50)		2,50 (0,96)		3,50 (0,58)		3,50 (1,41)		3,00 (1,26)		3,00 (1,26)		3,50 (0,58)	
Aceptable	5,00 (0,58)	0,457*	5,00 (0,58)	0,010*	4,00 (0,58)	0,086*	4,00 (0,58)	0,257*	5,00 (1,15)	0,371*	5,00 (0,58)	0,086*	4,00 (0,58)	0,103*	5,00 (0,58)	0,156*
Satisfactorio	4,00 (0,81)		3,00 (0,69)		4,00 (0,88)		4,00 (0,80)		4,00 (1,05)		4,00 (1,12)		4,00 (0,86)		4,00 (0,89)	
Ubicación línea terminación cervical																
No aceptable	4,00 (0,76)		3,00 (0,95)		3,00 (1,27)		3,00 (0,98)		4,00 (1,70)		3,00 (1,63)		4,00 (1,38)		4,00 (0,90)	
Aceptable	4,00 (1,12)	0,605*	3,00 (0,82)	0,509*	3,50 (0,81)	0,240*	4,00 (0,68)	0,200*	4,00 (0,93)	0,859*	4,00 (0,89)	0,297*	4,00 (0,86)	0,808*	4,00 (0,89)	0,458*
Satisfactorio	4,50 (0,58)		4,00 (0,50)		4,00 (0,50)		4,00 (0,50)		3,50 (0,58)		3,50 (0,96)		4,00 (0,50)		4,50 (0,58)	

P1-P8: corresponden a las dimensiones de percepción de la utilidad de simuladores hápticos descritos en la tabla 3; NR: no realizado, los estudiantes solo obtuvieron calificativo «no aceptable».
*Prueba de Kruskal-Wallis.
**Prueba de U de Mann-Witney.

Tabla 4. (*Continuación*).

Destreza manual	Percepción de utilidad de los simuladores hápticos															
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p	Md (DE)	p
Tipo de línea terminación cervical																
No aceptable	4,00 (0,76)		3,00 (0,95)		3,00 (1,11)		4,00 (0,98)		4,00 (1,46)		3,00 (1,40)		4,00 (0,98)		4,00 (1,00)	
Aceptable	4,00 (1,13)	0,525*	3,00 (0,82)	0,635*	4,00 (0,94)	0,233*	4,00 (0,70)	0,196*	4,00 (1,06)	0,387*	4,00 (1,15)	0,782*	4,00 (1,03)	0,722*	4,00 (0,83)	0,676*
Satisfactorio	4,00 (0,84)		4,00 (0,55)		3,00 (0,45)		3,00 (0,55)		3,00 (0,84)		3,00 (1,10)		4,00 (0,89)		4,00 (0,84)	
Preservación dientes adyacentes																
No aceptable	4,00 (0,97)		3,00 (0,80)		4,00 (0,93)		4,00 (0,76)		4,00 (1,12)		4,00 (1,17)		4,00 (0,97)		4,00 (0,85)	
Aceptable	-	NR	-	NR	-	NR	-	NR	-	NR	-	NR	-	NR	-	NR
Satisfactorio	-		-		-		-		-		-		-		-	
Condición																
Aprobados	4,00 (0,71)	0,561**	3,00 (0,73)	0,820**	4,00 (0,71)	0,781**	4,00 (0,60)	0,631**	4,00 (0,78)	0,463**	4,00 (0,83)	0,131**	4,00 (0,78)	0,095**	4,00 (0,67)	0,527**
Desaprobados	4,00 (1,08)		3,00 (0,86)		4,00 (1,04)		4,00 (0,84)		3,50 (1,25)		3,50 (1,25)		4,00 (0,98)		4,00 (0,94)	
Total	4,00 (0,97)		3,00 (0,80)		4,00 (0,93)		4,00 (0,76)		4,00 (1,12)		4,00 (1,17)		4,00 (0,97)		4,00 (0,85)	

P1-P8: corresponden a las dimensiones de percepción de la utilidad de simuladores hápticos descritos en la tabla 3; NR: no realizado, los estudiantes solo obtuvieron calificativo «no aceptable».
*Prueba de Kruskal-Wallis.
**Prueba de U de Mann-Witney.

DISCUSIÓN

La formación odontológica exige el desarrollo progresivo de destrezas para ejecutar procedimientos clínicos de diversa complejidad, entre ellos la preparación dentaria para coronas libres de metal, que demanda precisión en el desgaste, un adecuado ángulo de convergencia y la preservación de estructuras adyacentes. Debido a estas exigencias técnicas, dicho procedimiento constituye un modelo pertinente para evaluar el desempeño preclínico. En este contexto, la incorporación de estrategias de entrenamiento seguras, como la simulación háptica, resulta especialmente relevante para favorecer la adquisición progresiva de estas competencias antes del contacto con el paciente (14).

El presente estudio encontró un rendimiento global predominantemente desfavorable, ya que el 66,67 % de los estudiantes desaprobó. Este hallazgo coincide con lo

reportado por Stoilov et al. (15), quienes evidenciaron altas tasas de fallas en preparaciones dentaria realizadas en simuladores virtuales. En conjunto, estos resultados sugieren que la incorporación de simuladores hápticos, por sí sola, no garantiza el desarrollo inmediato de la competencia técnica.

La evaluación por parámetros mostró diferencias marcadas. El desgaste oclusal presentó un 70,37 % de resultados no aceptables, lo que concuerda con Hey et al. (16), quienes reportaron una tendencia al sobredesgaste dentario en simulación virtual. Este desempeño podría explicarse por la limitada fidelidad táctil y la menor percepción estereoscópica en comparación con simuladores convencionales, lo que dificulta el control preciso del desgaste (10, 15, 16), especialmente en fases iniciales de entrenamiento.

El hallazgo más crítico fue la preservación de los dientes adyacentes, ya que el 100 % de los estudiantes produjo algún grado de daño. Este resultado supera lo descrito por Habib (12), quien reportó un rendimiento promedio del 66,9 % en este parámetro, y por Hey et al. (16), donde el 58,33 % de los estudiantes afectó hasta cuatro piezas adyacentes. Desde el punto de vista clínico, esto es especialmente relevante debido al carácter irreversible del daño en estructuras dentarias sanas (8, 16).

El bajo desempeño podría relacionarse con una curva de aprendizaje insuficiente, el tiempo limitado de entrenamiento y la ausencia de mecanismos de protección en el entorno virtual. Aunque los estudiantes tenían experiencia previa con simuladores hápticos, la práctica específica para coronas libres de metal fue breve, lo que probablemente impidió consolidar la destreza requerida (17, 18). La literatura señala que el desarrollo de habilidades mediante estos sistemas requiere entre tres y diez sesiones (19) o al menos ocho horas de práctica estructurada (20), además de retroalimentación oportuna e integración con la base teórica (12, 15, 19), condiciones que no se cumplieron plenamente en el presente estudio.

En contraste, el ángulo de convergencia mostró el mejor desempeño, con un 74,07 % de preparaciones satisfactorias. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Amine et al. (20), quienes encontraron que el 74,3 % de las preparaciones dentaria se ubicaron en un rango aceptable de 6° a 16°, con un valor promedio de 11,31°. De manera similar, Hadjichristou et al. (18) reportaron un ángulo de convergencia promedio de 9,45° en una vista mesiodistal y de 11,23° en una vista bucolingual (13), lo cual se considera clínicamente aceptable.

Del mismo modo, el desgaste axial y la línea de terminación alcanzaron niveles predominantemente aceptables. Esto difiere de lo informado por Hattori et al. (10), quienes reportaron resultados menos favorables. Esta discrepancia podría atribuirse a que dichos parámetros requieren principalmente control visual, más que de retroalimentación táctil; por esto, las funciones de rotación tridimensional y magnificación del simulador podrían haber compensado parcialmente las limitaciones hápticas. No obstante, existe debate sobre si estas ayudas tecnológicas disminuyen el realismo clínico o potencian el aprendizaje (15, 21).

Un hallazgo relevante fue la discrepancia entre el desempeño técnico subóptimo y la percepción positiva del simulador. Los estudiantes valoraron favorablemente su utilidad, la similitud con la turbina real y la contribución al aprendizaje autónomo; esto concuerda con estudios previos que reportan altos niveles de satisfacción y realismo en el uso de simuladores hápticos (21-24). Dichas investigaciones lo consideran un complemento útil al entrenamiento preclínico tradicional y una herramienta valiosa para la autoevaluación de la destreza manual (12, 20, 25, 26). Sin embargo, otros autores han señalado limitaciones en la fidelidad táctil (26), lo cual evidencia que la experiencia del usuario varía según el contexto y el modelo de simulador empleado.

En el análisis bivariado, se observaron asociaciones estadísticas significativas entre el desempeño del estudiante en el desgaste oclusal y la percepción de similitud del simulador con la turbina dental real ($p = 0,041$), así como con el control del mango ($p = 0,043$). Esto sugiere que los estudiantes que percibieron una mayor fidelidad del simulador y un mejor control del mango obtuvieron calificaciones más altas en ese parámetro; sin embargo, al contrastarlo con el análisis descriptivo, se advierte que el desgaste oclusal presentó una proporción elevada de calificativos no aceptables, por lo que esta asociación no indica necesariamente un desempeño adecuado.

Además, se evidenció la asociación entre el desempeño en el ángulo de convergencia y la percepción de comodidad manual ($p = 0,010$), lo que sugiere que una mayor ergonomía percibida facilitó el control de los desgastes durante la preparación dentaria. Funciones del simulador como la magnificación y la rotación de 360° podrían haber influido en esta sensación de comodidad; al respecto, algunos estudios reportan que los estudiantes suelen preferir las prácticas en este entorno debido a tales herramientas (21, 27).

Por otro lado, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el desempeño global y ninguna de las ocho dimensiones de la percepción de utilidad; es decir, que dicha percepción no discrimina entre estudiantes aprobados o desaprobados. Al respecto, estudios como el de Casallas-Hernández et al. (28) sostienen que los estudiantes valoran positivamente la utilidad y la facilidad de uso de la tecnología, lo que favorece su incorporación en el aprendizaje. No obstante, estos resultados confirman que una actitud positiva frente a los simuladores puede estar sustentada

más en la afinidad de los estudiantes con la tecnología, y que esta percepción por sí sola no es suficiente para adquirir inmediatamente la competencia clínica. Esto refuerza la necesidad de complementar la percepción subjetiva con evaluaciones objetivas del desempeño e integrar la simulación dentro de un entrenamiento progresivo, estructurado y con retroalimentación continua (12, 15, 29).

Entre las limitaciones del estudio se encuentran su diseño transversal, que impide evaluar la evolución del desempeño en el tiempo, y el tamaño muestral reducido, que restringe la generalización de los hallazgos. De igual manera, si bien la confiabilidad del instrumento fue aceptable y se realizó la calibración de evaluadores, no se calculó el índice de concordancia interevaluador. El hecho de que la selección de la preparación dentaria evaluada se basara en el criterio del estudiante podría haber introducido un sesgo. Estas limitaciones deben considerarse al interpretar los resultados y señalan la necesidad de consolidar estos aspectos en futuras investigaciones.

En síntesis, los hallazgos respaldan el uso de simuladores hápticos en la formación odontológica, siempre que su incorporación sea planificada, progresiva y complementada con otras estrategias de simulación y retroalimentación docente estructurada. Su efectividad depende de su adecuada integración pedagógica dentro del currículo.

CONCLUSIONES

Los estudiantes de pregrado mostraron un desempeño subóptimo en la preparación dentaria de coronas libres de metal mediante simulación háptica, particularmente en el desgaste oclusal y en la preservación de los dientes adyacentes. En contraste, parámetros como el ángulo de convergencia, el desgaste axial y la línea de terminación cervical fueron mayormente aceptables, lo cual sugiere que ciertos aspectos de la preparación dentaria resultan más fáciles de ejecutar en este entorno virtual.

A pesar de la percepción positiva de los estudiantes sobre la utilidad del simulador y el realismo táctil, se observó una discrepancia con el desempeño técnico; esto indica que la valoración subjetiva no garantiza la adquisición inmediata destreza. Las asociaciones significativas halladas entre el desempeño en algunos parámetros y la percepción de control del mango, comodidad manual y similitud con la turbina real destacan que la calidad de la experiencia háptica influye directamente en la ejecución técnica.

Estos hallazgos sugieren que los simuladores hápticos pueden constituir un complemento valioso en la formación preclínica si se integran de manera estructurada mediante sesiones progresivas, retroalimentación docente y prácticas en fantomas. Se enfatiza, por tanto, la necesidad de una planificación pedagógica y de un entrenamiento suficiente para optimizar el desarrollo de las habilidades manuales y motoras en los estudiantes.

Conflicto de intereses:
Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento:
Autofinanciado.

Contribución de autoría:
APPO, DVAP: conceptualización, visualización, metodología, investigación, redacción de borrador original.
ACML: conceptualización, visualización, metodología, investigación.
PACA: conceptualización, visualización, metodología, revisión.
MIFN: visualización, investigación, revisión, edición.

Agradecimiento:
Al Dr. Roberto León Manco por su apoyo en el análisis estadístico.

Correspondencia:
Mary Isabel Fukuhara-Nakama
mary.fukuhara@upch.pe

REFERENCIAS

1. Annamma LM, Varma S, Abuttayem H, et al. Current challenges in dental education- a scoping review. BMC Med Educ. 2024;24(1):1523. doi:10.1186/s12909-024-06545-1
2. Sohail FA, Iqbal M, Malik MG, et al. Perspectives of faculty, students and patients on clinical skills teaching in undergraduate medical education in Pakistan: a qualitative study. BMJ Open. 2025;15(11):e103139. doi:10.1136/bmjopen-2025-103139
3. Kızılırmak B, Gözen M, Güntekin N. Evaluation of dental students' tooth preparation skills using conventional phantom labs versus advanced simulation technologies: a comparative study. BMC Med Educ. 2025;25(1):1365. doi:10.1186/s12909-025-08020-x
4. Felszeghy S, Huhtela O, Manninen K, et al. VR-haptic and phantom head dental training: does the order matter? A comparative study from a preclinical fixed prosthodontics course. Int J Comput Dent. 2024;27(4):389-99. doi:10.3290/j.ijcd.b4451364
5. Grandez KE. Simuladores en odontología y la formación de habilidades clínicas. Odontol Sanmarquina. 2021;24(3):261-7. doi:10.15381/os.v24i3.20717
6. Liu L, Zhou R, Yuan S, et al. Simulation training for ceramic crown preparation in the dental setting using a virtual educational system. Eur J Dent Educ. 2019;24(2):199-206. doi:10.1111/eje.12485
7. Urbankova A, Palomo L, Engebretson SP. A complex haptic exercise to predict pre-clinic operative dentistry performance: a prospective study. J Dent Educ. 2022;86(12):1628-33. doi:10.1002/jdd.13082
8. Bandiaky ON, Lopez S, Hamon L, et al. Impact of haptic simulators in preclinical dental education: a systematic review. J Dent Educ. 2024;88(3):366-79. doi:10.1002/jdd.13426
9. Wei Y, Peng Z. Application of Simodont virtual simulation system for preclinical teaching of access and coronal cavity preparation. PLoS ONE. 2024;19(12):e0315732. doi:10.1371/journal.pone.0315732
10. Hattori A, Tonami K, Tsuruta J, et al. Effect of the haptic 3D virtual reality dental training simulator on assessment of tooth preparation. J Dent Sci. 2022;17(1):514-20. doi:10.1016/j.jds.2021.06.022
11. Almeida MR, de Melo E. Sistemas cerâmicos odontológicos: uma revisão da literatura. J Multidiscip Dent. 2024;14(1):54-62. doi:10.46875/jmd.v14i1.1050
12. Habib SR. Rubric system for evaluation of crown preparation performed by dental students. Eur J Dent Educ. 2018;22(3):e506-13. doi:10.1111/eje.12333
13. Fernández-Sagredo M, Barrios-Penna C, Torres-Martínez P, et al. Percepción de la utilidad de los simuladores virtuales hápticos en educación odontológica por estudiantes, profesionales y académicos: estudio descriptivo observacional. FEM. 2020;23(2):89-94. doi:10.33588/fem.232.1045
14. Patil S, Bhandi S, Awan KH, et al. Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students - A systematic review. BMC Oral Health. 2023;23(1):739. doi:10.1186/s12903-023-03410-3
15. Stoilov L, Stephan F, Stark H, et al. Efficacy of virtual preparation simulators compared to traditional preparations on phantom heads. Dent J. 2024;12(8):259. doi:10.3390/dj12080259
16. Hey J, Schweyen R, Kupfer P, et al. Influence of preparation design on the quality of tooth preparation in preclinical dental education. J Dent Sci. 2017;12(1):27-32. doi:10.1016/j.jds.2016.05.002
17. Vincent M, Giess R, Balthazard R, et al. Virtual aids and students' performance with haptic simulation in implantology. J Dent Educ. 2022;86(8):1015-22. doi:10.1002/jdd.12916
18. Hadjichristou C, Kokoti M, Bakopoulou A. Haptics in fixed prosthodontics and their role in dental education: a literature review. J Dent Educ. 2024;88(8):1020-8. doi:10.1002/jdd.13533
19. Rodrigues P, Nicolau F, Norte M, et al. Preclinical dental students self-assessment of an improved operative dentistry virtual reality simulator with haptic feedback. Sci Rep. 2023;13:2823. doi:10.1038/s41598-023-29537-5
20. Amine M, Wahid HO, Fahi S, et al. Assessment of convergence angle of tooth preparations for complete crowns among dental students: typodont vs simulator. Int J Dent. 2022;2022(1):7615892. doi:10.1155/2022/7615892
21. Arora O, Sivaswamy V, Ahmed N, et al. Effectiveness of digital visualization in teaching crown preparation to predoctoral dental students - a pilot study. J Popul Ther Clin Pharmacol. 2023;30(12):e168-73. doi:10.47750/jptcp.2023.30.12.019
22. Saravia-Rojas M, Mendiola-Aquino C, Geng-Vivanco R. Virtual haptic reality: a teaching strategy to achieve significant learning in dentistry. Can J Educ Soc Stud. 2023;3(3):46-52. doi:10.53103/cjess.v3i3.142
23. Chávez-Alayo P, Fukuhara-Nakama M, Fernández-Jacinto L. Práctica previa odontológica de un caso clínico en simulación háptica antes del tratamiento en el paciente. Rev Estomatol Herediana. 2024;34(2):191-4. doi:10.20453/reh.v34i2.5537
24. Gramatges-Rojas A, Sittoni-Pino MF, Flacco N, et al. Can haptic reinforced VR simulation transform preclinical pulpotomy training? Insights into skill acquisition, student perceptions, and educational impact: randomized controlled trial. Front Oral Health. 2025;6:1677056. doi:10.3389/froh.2025.1677056