

Influencia de la distancia de trabajo y del uso repetido sobre la precisión del sistema de perforación en endodoncia guiada

Influence of working distance and repeated use on the accuracy of the drilling system in guided endodontics

- ¹ Pablo Andrés León Cali  <https://orcid.org/0009-0003-6768-8436>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
Especialidad de endodoncia
paperaltal96@est.ucacue.edu.ec
- ² Esteban Andrés Astudillo Ortiz  <https://orcid.org/0000-0003-0576-7115>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
Docente-Especialidad de Endodoncia
esteban.astudillo@ucacue.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/04/2025

Revisado: 14/05/2025

Aceptado: 20/06/2025

Publicado: 03/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i3.3426>

Cítese:

León Cali, P. A., & Astudillo Ortiz, E. A. (2025). Influencia de la distancia de trabajo y del uso repetido sobre la precisión del sistema de perforación en endodoncia guiada. *ConcienciaDigital*, 8(3), 6-22. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i3.3426>

CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons en la 4.0 Internacional. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

endodoncia
guiada, diente,
canal radicular,
obliteración,
calcificación.

Resumen

Introducción: La obliteración parcial o completa de los conductos radiculares, como resultado de procesos de mineralización progresiva, constituye un desafío significativo en la práctica endodóntica contemporánea. Estos casos complejos exigen un abordaje altamente preciso para minimizar el riesgo de desviaciones, perforaciones iatrogénicas y pérdida de estructura dentaria. En este contexto, las tecnologías de Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM) han permitido el desarrollo de sistemas de navegación guiada que optimizan la planificación y ejecución del acceso endodóntico.

Objetivos: El presente estudio tuvo como objetivo evaluar de manera cuantitativa la influencia de la distancia de trabajo y del número de reutilizaciones sobre la precisión del conjunto broca-anillo utilizado en procedimientos de endodoncia guiada. Se analiza la relación entre la repetición del uso clínico y la desviación angular y lineal en la trayectoria de perforación, con el fin de determinar el impacto funcional de estos factores en la exactitud del sistema de perforación asistida. **Metodología:** Se realizó un estudio experimental para evaluar la precisión del conjunto broca-anillo en endodoncia guiada, considerando la distancia de trabajo y el número de usos. Se utilizaron discos de dentina bovina perforados con brocas de acero rápido (0,65 mm) a 1200 rpm y 4 N de torque, guiadas por anillos impresos en 3D. La desviación se midió con software ImageJ® y los datos se analizaron estadísticamente mediante un Análisis de varianza de dos vías en GraphPad Prism 9. **Resultados:** Este estudio analizó la precisión de las perforaciones realizadas mediante un sistema guiado, enfocándose en las variaciones registradas en los ejes X e Y. En promedio, se observó una desviación de 0,28 mm en el eje X y de -0,43 mm en el eje Y, siendo el mayor desvío detectado a la altura del disco número 7. Para comprender mejor el comportamiento del sistema, se aplicó un análisis ANOVA de dos vías que evaluó el impacto de la profundidad de la perforación y el número de veces que se reutilizó el instrumento. Los resultados no revelaron diferencias estadísticamente significativas, aunque la profundidad explicó una proporción considerable de la variabilidad observada. Además, al analizar las trayectorias de las perforaciones, se notó que no seguían una dirección constante, lo que sugiere una desviación aleatoria sin un patrón claro. **Conclusiones:** En conjunto, estos hallazgos indican

que ni la longitud de la perforación ni la reutilización de los componentes comprometen de forma significativa la precisión del procedimiento. Esto refuerza la confiabilidad de las guías estáticas, que demostraron ser efectivas y estables, incluso tras múltiples usos y en diferentes profundidades, siempre dentro de los parámetros evaluados en este estudio. **Área de estudio general:** Odontología. **Área de estudio específica:** Endodoncia. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords:

guided
endodontics,
tooth, root canal,
obliteration,
calcification.

Abstract

Introduction: Partial or complete obliteration of root canals, because of progressive mineralization processes, constitutes a significant challenge in contemporary endodontic practice. These complex cases require a highly precise approach to minimize the risk of deviations, iatrogenic perforations, and loss of tooth structure. In this context, Computer Aided Design (CAD) and Computer Aided Manufacturing (CAM) technologies have allowed the development of guided navigation systems that optimize the planning and execution of endodontic access. **Objectives:** The objective of this study was to quantitatively evaluate the influence of working distance and the number of reuses on the accuracy of the bit-ring assembly used in guided endodontics procedures. The relationship between the repetition of clinical use and the angular and linear deviation in the drilling path is analyzed, to determine the functional impact of these factors on the accuracy of the assisted drilling system. **Methodology:** An experimental study was conducted to evaluate the accuracy of the drill-ring assembly in guided endodontics, considering the working distance and the number of uses. Bovine dentin discs drilled with high-speed steel drill bits (0.65 mm) at 1200 rpm and 4 N of torque, guided by 3D printed rings, were used. Deviation was measured with ImageJ® software and data was statistically analyzed using a two-way analysis of variance in GraphPad Prism 9. **Results:** This study analyzed the accuracy of the perforations made by a guided system, focusing on the variations recorded in the X and Y axes. On average a deviation of 0.28 mm was observed on the X axis and -0.43 mm in the Y axis, being the largest deviation detected at the height of disk number 7. To better understand the behavior of the system, a two-way ANOVA analysis was applied that evaluated the impact of the drilling depth and the number of times the instrument was reused. The results revealed no

statistically significant differences, although depth explained a considerable proportion of the observed variability. In addition, when analyzing the trajectories of the boreholes, it was noted that they did not follow a constant direction, suggesting a random deviation without a clear pattern. **Conclusions: Taken** together, these findings indicate that neither the length of the perforation nor the reuse of the components significantly compromise the accuracy of the procedure. This reinforces the reliability of the static guides, which proved to be effective and stable, even after multiple uses and at different depths, always within the parameters evaluated in this study. **General area of study:** Dentistry. **Specific area of study:** Endodontics. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

La calcificación de los conductos radiculares constituye una condición clínica de alta complejidad en el ámbito endodóntico, caracterizada por la deposición progresiva de tejido duro dentro del sistema de conductos como respuesta fisiológica a traumatismos dentales u otros estímulos externos, lo que dificulta significativamente su localización y tratamiento (Ambu et al., 2023; Kulinkovych-Levchuk et al., 2022). Antes de la incorporación rutinaria del CBCT en la práctica clínica, el tratamiento de conductos pulpares obliterados se basaba en técnicas tradicionales que requerían un alto grado de habilidad por parte del profesional (Kinariwala & Samaranayake, 2021; Torres et al., 2021). Para localizar el trayecto del conducto radicular, los odontólogos dependían de radiografías periapicales tomadas desde diferentes ángulos, lo que permitía inferir posibles indicios del canal a pesar de la calcificación (Essam et al., 2021). El acceso a la cámara pulpar se realizaba guiándose por el conocimiento anatómico del diente, procurando evitar daños a las estructuras internas y prevenir perforaciones. Se empleaban instrumentos manuales como el explorador DG-16 y limas de pequeño calibre (#6, #8, #10), las cuales eran precurvadas manualmente e introducidas con movimientos delicados tipo watch-winding. En algunos casos, se utilizaban colorantes como el azul de metileno para facilitar la identificación de la entrada del conducto. Cuando estaban disponibles, las puntas ultrasónicas permitían una remoción más precisa del tejido calcificado. En ausencia de imágenes tridimensionales, el éxito del procedimiento dependía fundamentalmente de la sensibilidad táctil, la experiencia clínica y el conocimiento detallado de la anatomía dental por parte del operador (Essam et al., 2021; Patel et al., 2007). Por este motivo presenta riesgos significativos, como perforaciones, fractura de instrumentos y pérdida del trayecto original del canal (Ambu

et al., 2023). Un caso clínico de una mujer de 44 años que acudió en busca de ayuda para tratar su incisivo central superior que había cambiado de color y presentaba un historial complicado. Tras varios intentos fallidos por parte de otros profesionales para encontrar el conducto radicular lo que lamentablemente provocó una perforación en la raíz, se decidió intervenir con apoyo de tecnologías de última generación. Una Tomografía de Haz Cónico (CBCT) permitió ubicar con exactitud el daño, y se selló la perforación usando un cemento biocerámico. Para limpiar con precisión la zona afectada, se utilizaron puntas ultrasónicas, que ayudaron a conservar al máximo la estructura del diente (Astudillo et al., 2024).

El siguiente paso fue realizar una endodoncia guiada, planificada digitalmente y llevada a cabo con una guía quirúrgica impresa en 3D, lo que garantizó un acceso controlado al conducto calcificado. Gracias a la magnificación óptica, el profesional pudo trabajar con una visión clara y detallada (Flores et al., 2024). Además, se aplicó una irrigación ultrasónica con sustancias desinfectantes y se colocó medicación intracanal. Finalmente, el conducto fue sellado cuidadosamente. A los seis meses, la evolución fue positiva, sin molestias ni signos de infección. Este caso muestra cómo la combinación de precisión digital, visión ampliada y técnicas mínimamente invasivas puede marcar la diferencia en tratamientos dentales complejos (Loureiro et al., 2021; Zeeshan et al., 2024).

Esta condición complica la identificación y manejo de los canales, incrementando la probabilidad de errores, como alternativa la endodoncia guiada emerge como una técnica precisa y confiable, basada en el uso de tecnologías digitales como la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) y guías tridimensionales impresas en 3D, incluyendo herramientas digitales para su planificación y realizar accesos a estos canales calcificados (Chaniotis & Ordinola-Zapata, 2022; Velmurugan et al., 2021). Esta metodología tiene como objetivo superar los desafíos diagnósticos y terapéuticos que plantea los conductos radiculares obliterados, una condición que también puede originarse por envejecimiento natural, traumas o lesiones externas (Buchgreitz et al., 2016; Connert et al., 2022). Por otro lado la Endodoncia Guiada Dinámica (DGE) emplea un sistema de navegación en tiempo real que integra cámaras estereoscópicas y software especializado permitiendo realizar ajustes y correcciones durante el procedimiento pero (Kulinkovych-Levchuk et al., 2022; Llaquet et al., 2021).

En este estudio se utilizó el sistema de perforación **ZDrill**, una herramienta desarrollada con brocas de acero rápido, pensada para ayudar a los profesionales en situaciones endodónticas especialmente complejas. Este sistema permite acceder con mayor precisión a conductos calcificados y otros desafíos frecuentes en la práctica clínica mediante endodoncia guiada. Lo interesante de nuestro trabajo es que se trata de una investigación única: hasta ahora, no se han encontrado estudios que evalúen las posibles desviaciones de sistemas como ZDrill cuando se aplican sobre dentina bovina, lo que

convierte a esta propuesta en una valiosa contribución al conocimiento científico en esta área. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de la distancia de trabajo y del uso repetido sobre la precisión del sistema de perforación en endodoncia guiada, donde se aborda la correlación que existe entre el número de usos y la precisión de esta en relación con la distancia. De acuerdo con la actualidad, el uso de Diseño Asistido por Computadora (CAD) y Manufactura Asistida por Computadora (CAM) junto con el uso de brocas de apertura, simplifican de manera significativa el tratar estos casos complejos, por este motivo es fundamental analizar la resistencia de los sistemas de apertura, de la misma manera es importante analizar la desviación de la misma durante el trayecto hasta el extremo más alejado (Connert et al., 2022; Lewis & Aggarwal, 2023; Velmurugan et al., 2021).

2. Metodología

Este estudio experimental tuvo como objetivo evaluar la resistencia y la desviación generadas por un sistema de perforación en endodoncia guiada, simulando en escenarios clínicos complejos de obliteración parcial o total de los conductos radiculares. Para simular un conducto radicular que permitiera valorar con precisión la exactitud del sistema de perforación, se prepararon discos de dentina de 2 mm de altura y 5 mm de diámetro, obtenidos a partir de dientes bovinos. La dentina de origen bovino se ha consolidado como una alternativa confiable en el ámbito de la investigación odontológica, principalmente por su fácil acceso, comportamiento favorable en estudios in vitro y, sobre todo, por su notable similitud con la dentina humana tanto a nivel estructural como compositivo. Esta similitud incluye una textura firme, coloración amarillenta y una matriz rica en colágeno tipo I, fácilmente identificable mediante técnicas histológicas. En ambas especies se reconocen los mismos tipos de dentina primaria (y su predentina), secundaria y terciaria así como las variantes peritubular e intertubular, las líneas de crecimiento y la capa de Tomes. Aunque la dentina bovina no presenta dentina interglobular y muestra una mayor densidad de túbulos dentinarios por milímetro cuadrado con una disposición algo más irregular, su diámetro es comparable al de los túbulos humanos, especialmente en la dentina coronal. Estas coincidencias morfoestructurales han llevado a que los dientes bovinos sean seleccionados como un modelo sustituto adecuado en estudios de adhesión, evaluación de biomateriales dentales y procedimientos restauradores, representando así una opción práctica, ética y científicamente válida para la investigación y la enseñanza en odontología (Falcón et al., 2023; Segovia et al., 2022).

2.1. Preparación de las muestras

2.1.1. Preparación de los dientes bovinos. Los dientes bovinos fueron obtenidos de un espécimen de vacuno adulto obtenidos de un matadero autorizado de la ciudad de Cuenca Ecuador. Tras su extracción, los discos fueron procesados de inmediato para prevenir la

deshidratación y posteriormente conservados en solución fisiológica al 0,9 % de NaCl a 4 °C. Fueron limpiados cuidadosamente para eliminar restos de tejido blando y periodonto. Posteriormente, se realizaron secciones transversales utilizando sierras diamantadas bajo irrigación constante con agua destilada para evitar el sobrecalentamiento de los tejidos y preservar la integridad de la dentina.

2.1.2. Elaboración de los discos de dentina. Para la obtención de los discos de dentina, se utilizó una trephine de 5 mm de diámetro, diseñada para implantes dentales GWDENT®. Se realizó movimientos de picoteo siguiendo condiciones estandarizadas. Se extrajeron 29 discos de dentina, los cuales fueron inspeccionados usando un microscopio endodóntico para asegurar la ausencia de grietas o irregularidades. Se eliminaron 3 discos que no cumplían con los requisitos, quedando un total de 26 discos. Estos se apilaron en tres grupos: Grupo 1 (9 discos), Grupo 2 (9 discos) y Grupo 3 (8 discos).

2.2. Diseño y preparación de soportes y sistema de perforación en endodoncia guiada

2.2.1. Soportes. La estructura de soporte estuvo conformada por una base sobre la cual se apilaron verticalmente los discos de dentina. Esta fue cubierta por un cilindro estabilizador y cerrada con una tapa superior que contenía los anillos guía, permitiendo mantener las muestras firmemente posicionadas y correctamente orientadas durante todo el procedimiento experimental. Tanto las estructuras de soporte como las bases estabilizadoras y los anillos guía fueron diseñados en AutoCAD® (versión para estudiantes, Autodesk Inc.), cuyo modelo se muestra en la **Figura 1A**. El proceso de manufactura se llevó a cabo mediante impresión 3D utilizando una impresora Photon M5s (Anycubic, China) y resina High Clear (Anycubic, China).

2.2.2. Anillos guía del sistema de perforación en endodoncia guiada. Los anillos guía impresos en 3D dirigieron el trayecto de la broca, asegurando una trayectoria controlada y reproducible durante la perforación. El diseño de los anillos guía del sistema de perforación se diseñaron en AutoCAD® con diámetro de 2.95mm, una altura de 5mm y con un agujero guía de 0.68mm (**Figura 1B**). Para la impresión de los anillos guía se utilizó una resina Varseo Crown Plus (Bego, Alemania) reforzada con cerámica para mejorar la estabilidad y precisión del procedimiento.

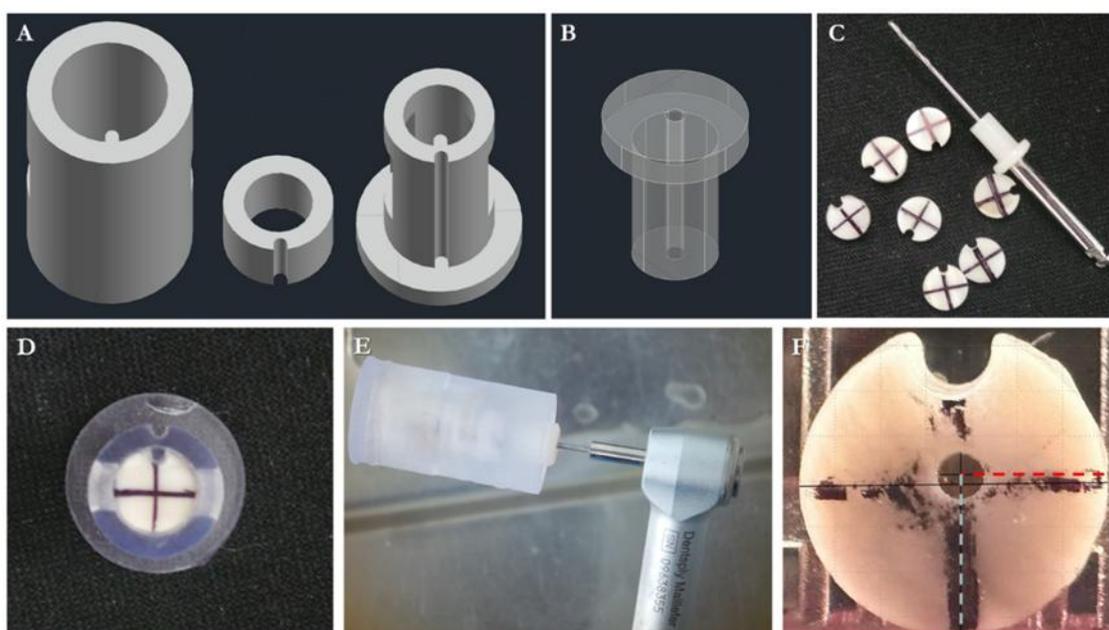
2.2.3. Broca del sistema de perforación en endodoncia guiada. Las perforaciones se realizaron utilizando brocas de acero rápido de 0,65 mm de diámetro tipo Straight Shank (Twist Drills, China), las cuales poseen una sección activa de 4 mm y una parte inactiva de 19 mm, unidas a un mango diseñado para su acoplamiento a sistemas mecanizados de baja velocidad (**Figura 1C**).

2.3. Procedimiento experimental

Los discos de dentina bovina fueron apilados secuencialmente hasta completar la capacidad total de los soportes diseñados para su contención (**Figura 1D**). Cada disco fue registrado con un identificador alfanumérico único, lo cual permitió su trazabilidad a lo largo de todo el procedimiento experimental y contribuyó a minimizar posibles sesgos en la recolección y análisis de los datos. La base de datos generada contempló tres variables principales: la primera fue “Muestra”, correspondiente al número asignado a cada disco (por ejemplo: 0, 1, 2, 3, 4...); la segunda variable fue “Código”, una clave asociada a la condición experimental a la que pertenecía cada muestra. Por ejemplo, los discos del Grupo 1 fueron codificados como 1503000, 1503001, 1503002, en una secuencia numérica consecutiva.

Figura 1

Metodología



Nota: **1A.** Diseño de los soportes de los discos de dentina. **1B.** Diseño del anillo guía del sistema de perforación de endodoncia guiada. **1C.** Discos de dentina bovina junto a la broca endodóntica dentro del anillo guía impreso en resina con relleno cerámico. **1D.** Discos de dentina bovina cargados en el soporte de los discos de dentina. **1E.** Procedimiento de perforación de los discos imitando un conducto radicular completamente obliterado. **1F.** Medición del punto central de la perforación y su desviación.

Los anillos guía fabricados mediante impresión 3D fueron integrados en una tapa superior que dirigió el trayecto de la broca durante la perforación, asegurando una trayectoria precisa, controlada y reproducible. Utilizando brocas de 0,65 mm de diámetro, se realizaron perforaciones centradas en cada disco a una velocidad constante

de 1200 rpm y un torque de 4 N, siguiendo un protocolo estandarizado que garantizó la uniformidad del procedimiento entre todas las muestras (**Figure 1E**). Para evitar el sobrecalentamiento del material y preservar la integridad de las muestras, se aplicó irrigación continua con agua destilada mediante una jeringa triple durante toda la perforación.

2.4. Medición de la desviación

Las mediciones durante proceso experimental se realizaron en una computadora Microsoft Surface Pro-9, y las muestras fueron documentadas fotográficamente utilizando una cámara digital Samsung Galaxy Camera con lente de 23mm. Una regla endodóntica se empleó como escala de referencia al capturar imágenes de las muestras, facilitando la medición precisa entre el punto de perforación y el borde del disco. Una vez obtenidas y perforadas las muestras de dentina, se procedió a medir con precisión la desviación existente entre el punto central teórico de perforación y el borde del disco. Para ello, se utilizaron imágenes calibradas previamente en el software ImageJ®, lo que permitió realizar mediciones exactas expresadas en milímetros (mm) (**Figura 1F**). Se midió la distancia desde el centro de la perforación realizada hacia el extremo más prominente lateral derecho y desde el centro de la perforación hacia el extremo más prominente inferior para trazar los ejes X y Y en cada uno de los discos. Se realizó un estudio de correlación intra e interclase, obteniéndose valores de ICC = 0.94 y $\kappa = 0.89$, lo que indica una excelente fiabilidad de las mediciones y una concordancia casi perfecta entre evaluadores. Una vez obtenidos los valores de la desviación, se utilizó el valor de la primera perforación como referencia y a partir del segundo se sustrajo el valor obtenido de la primera perforación para obtener la medida real de desviación en milímetros. De estos valores se obtuvieron medidas de tendencia central y dispersión en cada uno de los ejes y del total para finalmente dibujar la trayectoria de la perforación en todo el conducto utilizando la aplicación Math 3D online (<https://www.math3d.org>) en la opción “vector and vector tails”.

2.5. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las mediciones realizadas previamente en el software ImageJ®, se empleó Microsoft Excel 2019 para el procesamiento inicial de los datos y GraphPad Prism 9 para el análisis estadístico. Se aplicó una prueba ANOVA de dos factores con medidas repetidas, con el objetivo de evaluar si existía una interacción significativa entre la profundidad del disco (posición en el trayecto) y el número de usos del instrumento.

3. Resultados

Los resultados obtenidos incluyen la medición de las desviaciones en los ejes X e Y a

diferentes profundidades. Se evaluó el efecto de la profundidad y del número de reutilizaciones del sistema guía sobre la precisión de las perforaciones, así como el comportamiento de la trayectoria durante el procedimiento.

3.1. Medición de la desviación

Después de recopilar la información de las perforaciones obtenidas se obtuvo una media de desviación de 0.28mm (± 0.5) en el eje X y -0.43mm (± 0.7) en el eje Y. En promedio el mayor valor de desviación fue 1.23mm (± 0.4) a la altura del disco número 7 en el eje X y -0.91mm (± 1.13). El promedio de menor desviación fue de -0.18mm (± 0.06) en el eje X y 0.03mm (± 0.86) (Tabla 1).

Tabla 1

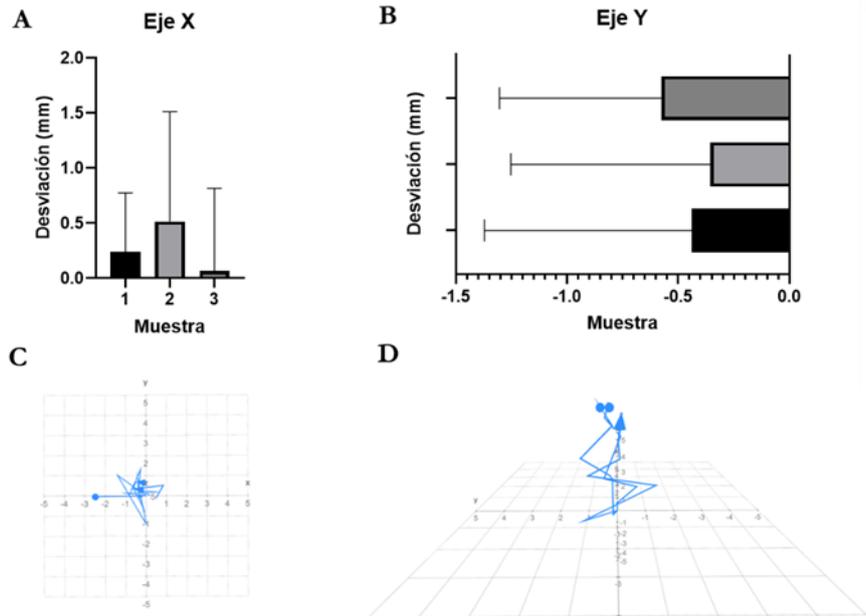
Influencia de la distancia de trabajo y del uso repetido sobre la precisión del sistema de perforación en endodoncia guiada

Muestra	Desviación eje X					Desviación eje Z				
	1	2	3	Media	σ	1	2	3	Media	σ
1	0	0	0	0.00	0.00	0	0	0	0.00	0.00
2	0.01	0.13	0.99	0.38	0.07	-0.32	-1.01	-1.35	-0.89	0.52
3	-0.63	0.17	-1.28	-0.58	0.12	-0.1	0.52	-0.01	0.14	0.34
4	0.4	0.24	0.9	0.51	0.17	-0.58	-0.34	-0.38	-0.43	0.13
5	0.85	1.1	-0.07	0.63	0.13	-2.21	-0.23	-0.29	-0.91	1.13
6	-0.1	-0.41	-0.02	-0.18	0.06	0.38	-2.04	-0.14	-0.60	1.27
7	1.01	2.75	-0.07	1.23	0.04	-1.32	0.83	-1.85	-0.78	1.42
8	0.39	0.14	-	0.27	0.11	0.64	-0.58		0.03	0.86
Media	0.24	0.51	0.06	0.28	0.5	-0.44	-0.36	-0.57	-0.43	0.70

Se realizó un análisis ANOVA de dos vías para evaluar el efecto de la profundidad (factor fila) y del número de usos del instrumento (factor columna) sobre la desviación en el eje X. El análisis mostró que ni la profundidad ($p = 0,14$) ni el número de usos ($p = 0,44$) tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre la desviación (Figura 2A). Tampoco se observó una interacción significativa entre ambos factores. La mayor parte de la variación (48,51%) se atribuyó al factor profundidad, mientras que el número de usos explicó el 6,16% de la variación. De manera similar, se realizó un análisis ANOVA de dos vías para la desviación en el eje Y. Tampoco se observaron efectos estadísticamente significativos de la profundidad ($p = 0,75$) ni del número de usos ($p = 0,95$) sobre la desviación en este eje. La profundidad explicó el 24,07% de la variación total y el número de usos explicó apenas el 0,59% (Figura 2B).

Figura 2

Análisis estadístico y trayectoria



Nota: **1A.** Figura de columnas representando las medidas de desviación en el eje X en las 3 muestras realizadas. **2B.** Gráfico de columnas representativo de las medidas de desviación del eje Y. **C.** Gráfico de trayectoria de los ejes X y Y combinados vistos desde el eje Z+. **D.** Gráfico de trayectoria visto desde el eje X-.

En cuanto a las trayectorias, se observó que la desviación no siguió una dirección específica. Tanto en el eje X como en el eje Y, los valores se alternaron entre positivos y negativos a lo largo de toda la trayectoria, sin alejarse significativamente del eje central (**Figura 2C** y **Figura 2D**).

4. Discusión

Los resultados del análisis de precisión de las perforaciones guiadas mostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas en las desviaciones medidas en los ejes X e Y. Para el eje X, el análisis de ANOVA de dos vías indicó que ni el factor de filas (diferentes condiciones) ni el factor de columnas (repeticiones o grupos) tuvieron un efecto significativo sobre la desviación ($p > 0,05$). De forma similar, en el eje Y, tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones o repeticiones analizadas ($p > 0,05$). Estos hallazgos sugieren que, bajo las condiciones experimentales empleadas, la precisión de las perforaciones se mantuvo constante sin variaciones relevantes atribuibles a los factores estudiados.

Con respecto a las trayectorias, se pudo observar que la desviación no siguió un patrón de desplazamiento específico: tanto en el eje X como en el eje Y, los valores de desviación se alternaron entre positivos y negativos a lo largo de toda la trayectoria, sin alejarse considerablemente del eje central. Esto refuerza la idea de que la técnica de perforación guiada aplicada en este estudio logró mantener una trayectoria controlada a pesar de las pequeñas variaciones naturales.

Podemos interpretar que las desviaciones observadas podrían estar relacionadas con la rotación de la broca en sentido horario, ya que en el eje X predominan los desvíos hacia valores positivos, mientras que en el eje Y, los desvíos tienden a orientarse hacia el eje negativo. Esta rotación podría haber influido en la trayectoria general de las perforaciones. En investigaciones futuras, sería importante comparar estos resultados con movimientos recíprocos para evaluar si este tipo de movimiento mejora la precisión y exactitud en el procedimiento.

El uso de discos de dentina bovina y herramientas de precisión responde a la necesidad de obtener muestras homogéneas y representativas de las propiedades dentales humanas. El diámetro de 6 mm fue elegido para proporcionar una superficie de análisis suficiente sin comprometer la manejabilidad de las muestras, mientras que las perforaciones de 0,65 mm facilitaron la preparación para pruebas posteriores, como la evaluación de la longitud a la que inicia la desviación de la broca. La dentina de origen bovino se ha consolidado como una alternativa confiable en la investigación odontológica, principalmente por su accesibilidad, comportamiento favorable en estudios *in vitro* y, sobre todo, por su notable similitud con la dentina humana a nivel estructural y compositivo. Esta similitud incluye características como una textura firme, coloración amarillenta y una matriz rica en colágeno tipo I, fácilmente identificable mediante técnicas histológicas. En ambas especies se reconocen los mismos tipos de dentina primaria (y su preentina), secundaria y terciaria así como las variantes peritubular e intertubular, las líneas de crecimiento y la capa de Tomes. Aunque la dentina bovina no presenta dentina interglobular y muestra una mayor densidad de túbulos dentinarios por milímetro cuadrado con una disposición algo más irregular, el diámetro de los túbulos es comparable al de la dentina humana, especialmente en la región coronal. Estas similitudes han llevado a la adopción de dientes bovinos como un modelo sustituto adecuado en estudios de adhesión, evaluación de biomateriales dentales y procedimientos restauradores, representando así una opción práctica, ética y científicamente válida para la investigación y la enseñanza en odontología (Falcón et al., 2023; Segovia et al., 2022).

Una de las limitaciones del estudio fue que los anillos de posicionamiento se colocaron directamente en la base estabilizadora para los discos de dentina sin realizar tomografía previa, de manera que fueron posicionados según el diseño original realizado en

AutoCAD®, sin validación adicional de su ubicación tridimensional. Una limitación adicional de este estudio es el espacio entre los discos de dentina, que podría haber generado saltos en los gráficos de transición. Este espacio podría haber influido en la precisión de los resultados, ya que pequeños desplazamientos entre los discos durante las perforaciones podrían haber afectado la continuidad de la trayectoria de la perforación, introduciendo variaciones no deseadas en los datos obtenidos.

Respecto a los resultados obtenidos, tanto el análisis de las distancias de trabajo como el número de reutilizaciones del sistema broca-anillo no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la precisión de la perforación guiada en endodoncia. Aunque se observó una tendencia en la cual, conforme aumentaba la distancia de perforación o el número de reutilizaciones, la desviación angular y lineal también tendía a incrementarse, esta variación no alcanzó significancia estadística.

Estos hallazgos contrastan parcialmente con estudios previos como el de Connert et al. (2022) quienes reportaron que el desgaste del instrumental y la mayor longitud de perforación pueden acumular errores significativos que afectan la precisión al llegar al ápice. Sin embargo, en nuestro estudio, las variaciones detectadas permanecieron dentro de límites que no comprometieron significativamente la trayectoria prevista.

Diversos estudios previos han destacado la efectividad de las guías estáticas en perforaciones cortas, pero también han señalado que su precisión tiende a disminuir conforme aumenta la longitud de la perforación o si se presentan deflexiones mecánicas durante el trayecto. Por ejemplo Lewis & Aggarwal (2023) observaron que en perforaciones largas, la variabilidad en los resultados aumenta, lo que compromete la precisión de la intervención. De manera similar Llaquet et al. (2021) concluyeron que las guías estáticas son muy efectivas en procedimientos de corta distancia, pero su precisión disminuye considerablemente cuando se utilizan para trayectorias más largas o con mayor flexibilidad del equipo. Nuestros resultados están en línea con estas observaciones, demostrando que la distancia se convierte en un factor crítico para tener en cuenta al planificar procedimientos de perforación endodóntica guiada.

En cuanto a la estabilidad de los componentes del sistema Buchgreitz et al. (2016) y Chaniotis & Ordinola-Zapata (2022) destacaron la importancia de la estabilidad mecánica de los anillos guía en la precisión de la perforación. Ambos estudios coincidieron en que el desgaste de los componentes, tras varios usos, puede generar holguras entre la broca y el anillo, lo que compromete la dirección de la perforación. Nuestro estudio confirma estos hallazgos, ya que observamos que incluso cambios mínimos en el ajuste de los componentes afectan significativamente la precisión del trayecto, especialmente en procedimientos que involucran conductos calcificados.

Aunque algunos estudios como el de Kulinkovych-Levchuk et al. (2022) reportan

buenos resultados utilizando guías reutilizadas, nuestros datos sugieren que la reutilización excesiva de componentes podría no ser una práctica segura, especialmente en procedimientos que requieren alta precisión, ya que la tolerancia al error en estos casos es mínima.

En conjunto nuestros resultados sugieren que, bajo las condiciones evaluadas, la distancia de trabajo y el número de reutilizaciones del sistema broca-anillo no afectaron de manera significativa la exactitud de las perforaciones guiadas. No obstante, consideramos relevante continuar monitoreando estos factores en futuras investigaciones, a fin de optimizar aún más la seguridad y la precisión de las técnicas de acceso endodóntico guiado.

5. Conclusiones

- Este estudio logró su objetivo de analizar de forma cuantitativa cómo la distancia de trabajo y el número de reutilizaciones afectan la precisión del sistema broca-anillo en procedimientos de endodoncia guiada. Al evaluar las desviaciones angulares y lineales de la trayectoria de perforación, se constató que, si bien no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los factores estudiados, el análisis de la variabilidad mostró que la profundidad de perforación contribuye de manera importante a la dispersión de los datos, especialmente en el eje X. Estos resultados sugieren que la distancia de trabajo puede tener un impacto funcional en la precisión del acceso guiado, subrayando la importancia de considerar este aspecto durante la planificación clínica para lograr procedimientos más precisos y seguros.
- Los resultados de este estudio sugieren que, tanto la longitud de la perforación como el número de reutilizaciones de los componentes, no tienen un impacto significativo en la precisión de la perforación guiada en endodoncia. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las desviaciones angulares o lineales, lo que indica que estos factores no comprometen de manera considerable la exactitud del procedimiento. Estos hallazgos destacan la robustez de las guías estáticas y sugieren que, dentro de los límites del estudio, su efectividad no se ve afectada por estos aspectos.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

Ambu, E., Gori, B., Marruganti, C., Malvicini, G., Bordone, A., Giberti, L., Grandini, S. & Gaeta, C. (2023). Influence of calcified canals localization on the accuracy of guided endodontic therapy: a case series study. *Dentistry Journal*, 11(8): 183. <https://doi.org/10.3390/dj11080183>

Astudillo Benavides, D. C., Piedra Andrade, R. B., Pesantez Coronel, A. I., & Torrachí Carrasco, J. E. (2024). Criterios clínicos y radiológicos de los tratamientos endodónticos para rehabilitación Endocrown: meta análisis. *Anatomía Digital*, 7(4), 81-104. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v7i4.3201>

Buchgreitz, J., Buchgreitz, M., Mortensen, D. & Bjørndal, L. (2016). Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 49(8), 790–795. <https://doi.org/10.1111/iej.12516>

Chaniotis, A. & Ordinola-Zapata, R. (2022). Present status and future directions: Management of curved and calcified root canals. *International Endodontic Journal*, 55(S3), 656–684. <https://doi.org/10.1111/iej.13685>

Connert, T., Weiger, R. & Krastl, G. (2022). Present status and future directions – Guided endodontics. *International Endodontic Journal*, 55(S4), 995–1002. <https://doi.org/10.1111/iej.13687>

Essam, O., Boyle, E. L., Whitworth, J. M. & Jarad, F. D. (2021). The Endodontic Complexity Assessment Tool (E-CAT): a digital form for assessing root canal treatment case difficulty. *International Endodontic Journal*, 54(7), 1189–1199. <https://doi.org/10.1111/iej.13506>

Falcón, D. E., Enz, N. & Gili, M. A. (2023). Comparación de las características histológicas entre tejidos dentarios bovino y humano. *Revista Nacional de Odontología*, 19(2), 1–8. <https://doi.org/10.16925/2357-4607.2023.02.02>

Flores Sacoto, M. L., Duran Neira, P. A., Bastidas Calva, M. Z., & Álvarez Álvarez, D. P. (2024). Innovación odontológica: impresión 3D de dientes caninos para mejorar la formación endodóntica. *Anatomía Digital*, 7(3), 120-136. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v7i3.3150>

- Kinariwala, N., & Samaranayake, L. (2021). *Guided Endodontics*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55281-7>
- Kulinkovych-Levchuk, K., Pecci-Lloret, M. P., Castelo-Baz, P., Pecci-Lloret, M. R. & Oñate-Sánchez, R. E. (2022). Guided endodontics: a literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 13900. <https://doi.org/10.3390/ijerph192113900>
- Lewis, N. V., & Aggarwal, S. (2023). Static guided endodontic approach for pulp canal obliteration: a case report. *Cureus*, 15(7): e42379. <https://doi.org/10.7759/cureus.42379>
- Llaquet Pujol, M., Vidal, C., Mercadé, M., Muñoz, M. & Ortolani-Seltenerich, S. (2021). Guided endodontics for managing severely calcified canals. *Journal of Endodontics*, 47(2), 315–321. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.11.026>
- Loureiro, M. A. Z., Silva, J. A., Chaves, G. S., Capeletti, L. R., Estrela, C. & Decurcio, D. A. (2021). Guided endodontics: the impact of new technologies on complex case solutions. *Australian Endodontic Journal*, 47(3), 664–671. <https://doi.org/10.1111/aej.12498>
- Patel, S., Dawood, A., Pitt Ford, T. & Whaites, E. (2007). The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International Endodontic Journal*, 40(10), 818–830. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01299.x>
- Segovia, M., Lezcano, M. R., & Gili, M. A. (2022). Uso de dientes bovinos como elección para trabajos de investigación en odontología. *Revista del Ateneo Argentino de Odontología*, 66, 48-51. <https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/lxvi01/articulo06.pdf>
- Torres, A., Lerut, K., Lambrechts, P. & Jacobs, R. (2021). Guided endodontics: use of a sleeveless guide system on an upper premolar with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 47(1), 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.016>
- Velmurugan, N., Sundar, S., Saumya-Rajesh, P., Kasabwala, K., Shilpa-Jain, D., Sarathy, S., Prabakaran, K., Haritha, J. S. & Bjørndal, L. (2021). Endodontic management of pulp canal obliteration using a new single-tooth template: a case series. *Indian Journal of Dental Research*, 32(4), 528–532. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_485_20
- Zeeshan Ahmad, M., Suvarna, N., Prathap, Jose, J. A. Siddhique, A. (2024). Breakthrough approaches in managing calcified canals with guided endodontics:

a case report. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 23(9), 29–34.

<https://doi.org/10.9790/0853-2309102934>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services