



**Universidad
Católica de
Santa María**

Facultad de Odontología

Segunda Especialidad en Cariología y Endodoncia

**Efecto de la esterilización en autoclave sobre la resistencia a la fatiga
cíclica de dos sistemas reciprocantes de níquel-titanio Reciproc Blue
VDW y Rec Blue Dentaline en un conducto artificial metálico**

Arequipa – 2025

Tesis presentada por:

Beltran Quenaya, Frank Anthony

ORCID: 0009-0001-5579-953X

para optar el Título de Segunda Especialidad en Cariología y Endodoncia

Asesor:

Dr. Valero Quispe, Javier Lucho

ORCID: 0000-0001-5111-0072

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN CARIELOGIA Y ENDODONCIA
SEGUNDA ESPECIALIDAD CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 18 de Diciembre del 2025

Dictamen: 015381-C-EPO-2025

Visto el borrador del expediente 015381, presentado por:

2017972051 - BELTRAN QUENAYA FRANK ANTHONY

Titulado:

**EFFECTO DE LA ESTERILIZACIÓN EN AUTOCLAVE SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA
CÍCLICA DE DOS SISTEMAS RECIPROCANTES DE NÍQUEL-TITANIO RECIPROC BLUE VDW Y REC
BLUE DENTALINE EN UN CONDUCTO ARTIFICIAL METÁLICO AREQUIPA - 2025**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

CARIELOGIA Y ENDODONCIA

**29242362 - GALLEGOS VARGAS HERBERT MARIO
DICTAMINADOR**



**29714707 - QUIROZ HUERTA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



**29649041 - ZEVALLOS CHAVEZ MARCO ANTONIO
DICTAMINADOR**



Efecto de la esterilización en autoclave sobre la resistencia a la fatiga cíclica de dos sistemas reciprocantes de níquel-titanio Reciproc Blue VDW y Rec Blue Dentaline en un conducto artificial metál

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.ucsm.edu.pe	4%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.uigv.edu.pe	3%
	Fuente de Internet	
3	minerva.usc.es	3%
	Fuente de Internet	
4	renati.sunedu.gob.pe	2%
	Fuente de Internet	
5	repositorioinstitucional.uabc.mx	2%
	Fuente de Internet	
6	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
7	Submitted to Universidad Catolica de Santo Domingo	1%
	Trabajo del estudiante	
8	repositorio.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita bondad, por la vida, la salud y por ser la guía y la fortaleza inquebrantable que iluminó mi camino a lo largo de esta carrera. A Él le debo todas las bendiciones que me han permitido alcanzar esta meta.

A mi amada esposa, mi compañera de vida y mi fuente constante de inspiración. Gracias por tu paciencia, tu fe incondicional en mí, por ser el motor que me impulsó en los momentos de duda y por tu motivación diaria para seguir adelante hasta la culminación de esta tesis. Este logro también es tuyo.

A mis queridos padres, quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio me brindaron la invaluable oportunidad de estudiar la carrera de Odontología. Su apoyo incondicional y su ejemplo de perseverancia fueron la base sobre la que construí este sueño. Todo lo que soy y lo que alcanzo, se los debo a ustedes.

A mi amigo y profesor Hair Salas Beltrán, quien inculcó en mí el gusto por la Endodoncia.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de manera especial a la Facultad de Odontología de la Universidad Católica de Santa María por facilitar la realización del estudio experimental.



RESUMEN

La fractura de instrumentos de níquel-titanio durante la instrumentación endodóntica, especialmente por fatiga cíclica en conductos curvos, representa una complicación clínica relevante; este estudio evaluó si la esterilización en autoclave afecta la resistencia a la fractura de dos sistemas recíprocos con tratamiento térmico: Reciproc Blue VDW y Rec Blue Dentaline. Se trabajó con 40 instrumentos nuevos divididos en cuatro grupos según sistema y condición de esterilización; el tiempo hasta la fractura fue registrado en un conducto artificial metálico bajo condiciones estandarizadas; el análisis de varianza (ANOVA) de dos factores reveló que la esterilización no tuvo efecto significativo sobre la resistencia ($p = 0.171$), mientras que el tipo de instrumento sí fue determinante ($p = 0.006$).

Pruebas específicas mostraron que Reciproc Blue VDW tuvo mayor resistencia que Rec Blue Dentaline cuando ambos fueron esterilizados ($p = 0.000$); sin esterilización, no se hallaron diferencias significativas ($p = 0.52$); dentro de cada sistema, la esterilización no produjo cambios estadísticamente relevantes en el comportamiento frente a la fatiga. Se concluye que las diferencias observadas se explican por las propiedades del instrumento, no por la acción del autoclave; por tanto, se acepta la hipótesis de que Reciproc Blue VDW presenta mayor resistencia, y se rechaza que la esterilización disminuya la resistencia de los instrumentos tratados térmicamente.

Palabras clave: fatiga cíclica, instrumentación endodóntica, esterilización.

ABSTRACT

The fracture of nickel–titanium instruments during endodontic instrumentation—especially due to cyclic fatigue in curved canals—represents a significant clinical complication. This study evaluated whether autoclave sterilization affects the fracture resistance of two heat-treated reciprocating systems: Reciproc Blue VDW and Rec Blue Dentaline. Forty new instruments were divided into four groups according to system and sterilization condition. The time to fracture was recorded in a metallic artificial canal under standardized conditions. The two-way analysis of variance (ANOVA) revealed that sterilization had no significant effect on resistance ($p = 0.171$), whereas the type of instrument was a determining factor ($p = 0.006$).

Specific tests showed that Reciproc Blue VDW exhibited greater resistance than Rec Blue Dentaline when both were sterilized ($p < 0.001$); without sterilization, no significant differences were found ($p = 0.52$). Within each system, sterilization did not produce statistically significant changes in fatigue behavior. It is concluded that the observed differences are explained by the intrinsic properties of the instruments rather than by the autoclave process. Therefore, the hypothesis that Reciproc Blue VDW has greater resistance is accepted, and the hypothesis that sterilization decreases the resistance of heat-treated instruments is rejected.

Keywords: cyclic fatigue, endodontic instrumentation, sterilization.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO 2

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... 2

1.1. Determinación del problema..... 2

1.2. Enunciado 2

1.3. Descripción 2

1.4. Justificación 4

2. OBJETIVOS 4

3. MARCO TEÓRICO..... 6

3.1. Marco conceptual..... 6

3.1.1. Tratamiento de endodoncia..... 6

3.1.2. Preparación de conductos 6

3.1.3. Limpieza y conformación..... 6

3.1.4. Instrumentos endodónticos 7

3.1.5. Fractura de instrumentos..... 19

3.1.6. Esterilización de instrumental..... 20

3.2. Análisis de antecedentes investigativos..... 22

3.3. Efectos de la esterilización en las propiedades mecánicas de las limas de NiTi..... 29

4. HIPÓTESIS..... 29

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL 30

1. TÉCNICA, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN..... 30

1.1. Técnica..... 30

1.2. Instrumentos..... 33

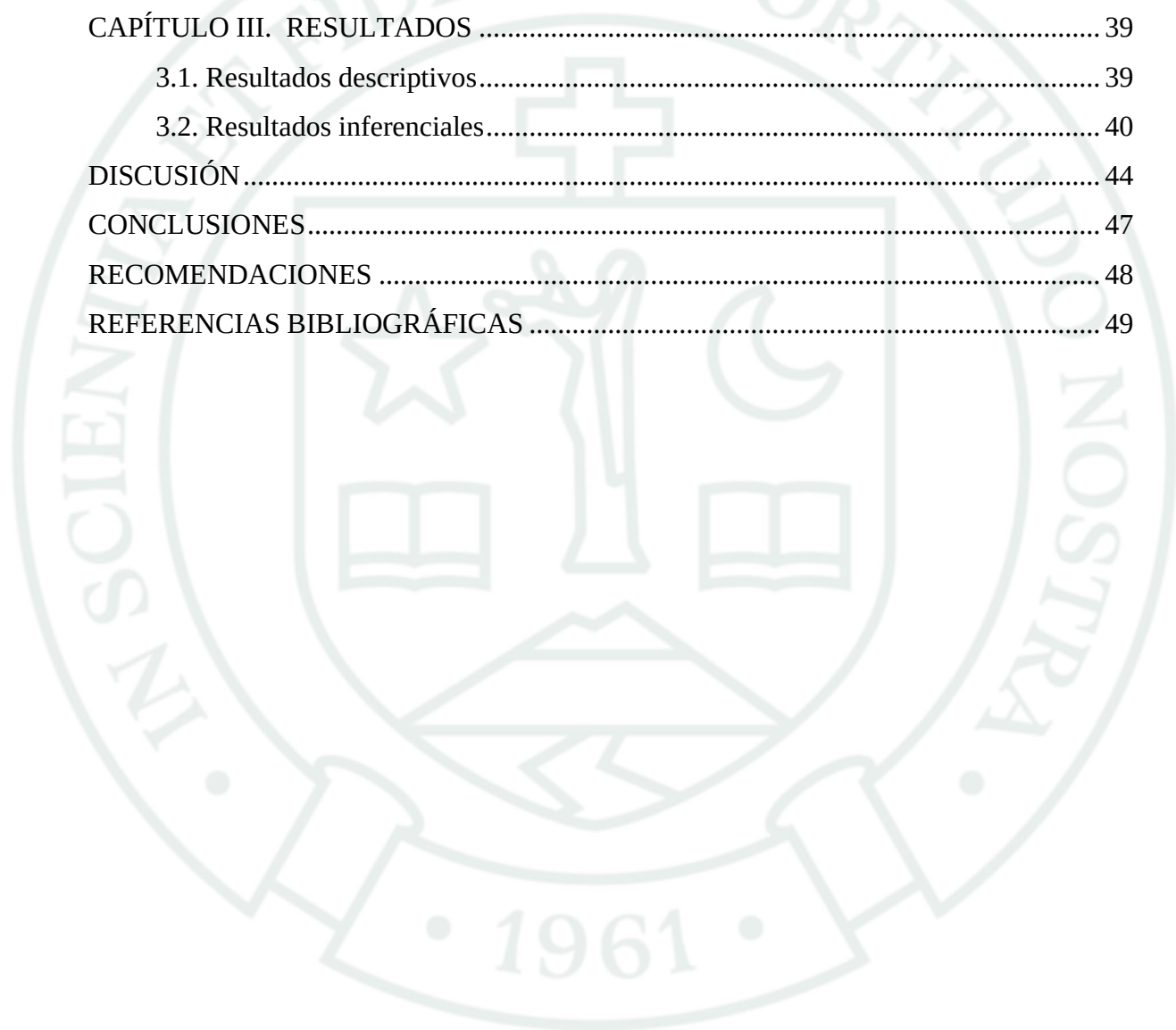
1.3. Materiales de verificación..... 34

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN 34

2.1. Ubicación espacial 34

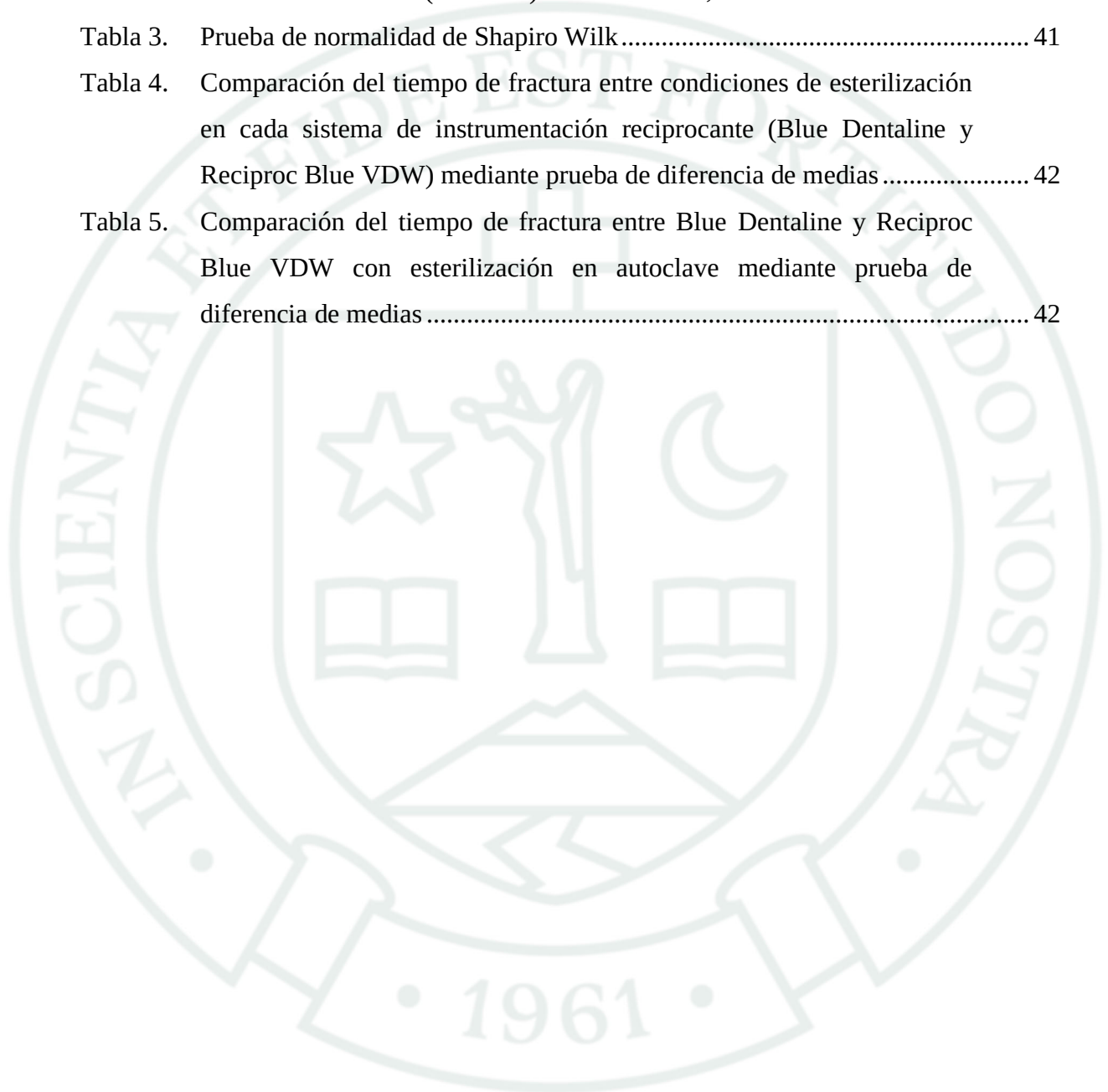
2.2. Ubicación temporal..... 34

2.3. Unidades de estudio	35
3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.1. Organización.....	36
3.2. Recursos.....	36
3.3. Prueba piloto.....	36
4. ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS	37
4.1. Plan de procesamiento de los datos	37
4.2. Plan de análisis de datos	37
CAPÍTULO III. RESULTADOS	39
3.1. Resultados descriptivos.....	39
3.2. Resultados inferenciales.....	40
DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES.....	47
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49



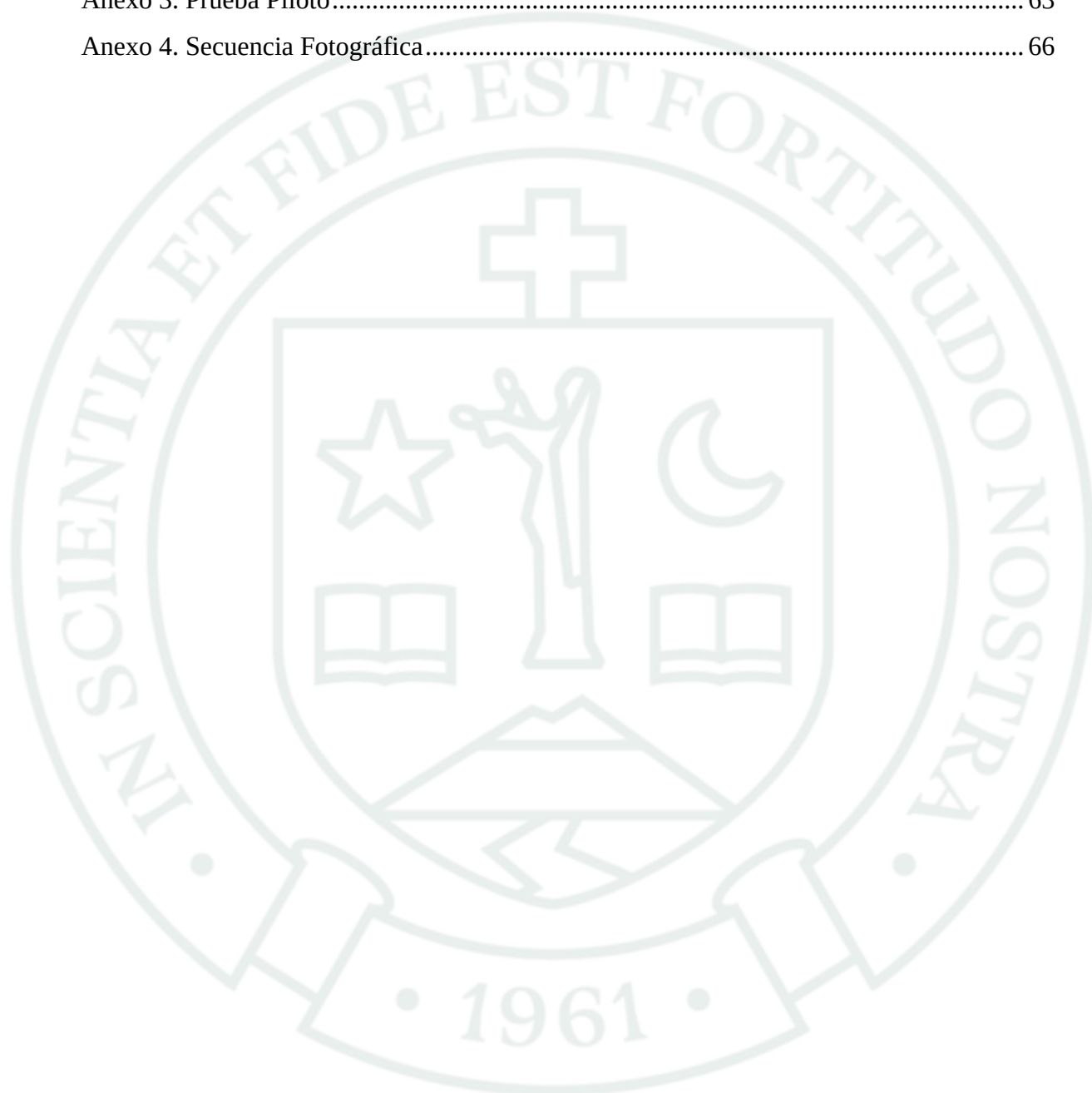
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Descriptivos por tiempos de fractura y números de ciclos antes de la fractura de acuerdo con tipo de instrumento y esterilización	39
Tabla 2.	Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores, con interacción	40
Tabla 3.	Prueba de normalidad de Shapiro Wilk.....	41
Tabla 4.	Comparación del tiempo de fractura entre condiciones de esterilización en cada sistema de instrumentación recíprocante (Blue Dentaline y Reciproc Blue VDW) mediante prueba de diferencia de medias	42
Tabla 5.	Comparación del tiempo de fractura entre Blue Dentaline y Reciproc Blue VDW con esterilización en autoclave mediante prueba de diferencia de medias	42



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de recolección de datos	56
Anexo 2. Validación de Ficha de recolección de datos por juicio de expertos	57
Anexo 3. Prueba Piloto.....	63
Anexo 4. Secuencia Fotográfica.....	66



INTRODUCCIÓN

La endodoncia contemporánea enfrenta desafíos críticos relacionados con la integridad mecánica de los instrumentos de níquel-titanio (NiTi), cuya fractura por fatiga cíclica constituye una complicación significativa en el tratamiento de conductos radiculares con anatomías complejas. La presente investigación surge de la necesidad de evaluar el impacto de la esterilización en autoclave sobre la resistencia a la fatiga cíclica de dos sistemas reciprocantes de NiTi tratados térmicamente: “Reciproc Blue VDW” y “Rec Blue Dentaline”. Este análisis no solo responde a la diversidad de instrumentos disponibles en el mercado, sino también a la incertidumbre persistente en la literatura respecto a los efectos de los procesos térmicos de esterilización en las propiedades mecánicas de las aleaciones NiTi avanzadas. Así mismo, comparar si los instrumentos copia presentan igual, mejor o peor efecto de resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos considerados originales.

La identificación de esta problemática se ha fundamentado en una evaluación crítica de las demandas clínicas actuales y en la consulta a expertos, delimitando un área de investigación de relevancia indiscutible para la práctica endodóntica. El estudio se propone no solo aportar evidencia empírica de alto rigor científico, sino también influir en la optimización de los protocolos de manejo y reutilización de instrumentos NiTi, con implicaciones directas en la seguridad y eficacia de los procedimientos endodónticos.

El estudio se organiza desde la fundamentación conceptual hasta los resultados finales. Inicia con una introducción que contextualiza el problema y su relevancia, seguida de un capítulo teórico que presenta el problema, los objetivos, la hipótesis, el marco conceptual y los antecedentes. Luego, el capítulo operativo describe las técnicas, instrumentos, materiales, el campo de verificación y el plan de recolección y análisis de datos. Posteriormente, se exponen los resultados descriptivos e inferenciales, para finalmente desarrollar la discusión, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del problema

La fractura de instrumentos NiTi durante la instrumentación endodóntica representa un riesgo significativo, particularmente en conductos con curvaturas severas, donde la fatiga cíclica compromete la longevidad de los sistemas reciprocantes. La esterilización en autoclave, un procedimiento ineludible para garantizar la bioseguridad, introduce una variable crítica que podría alterar las propiedades mecánicas de las aleaciones NiTi tratadas térmicamente. Este estudio aborda la incertidumbre sobre si dicho proceso térmico incrementa, disminuye o no afecta la resistencia a la fatiga cíclica de los sistemas “Reciproc Blue VDW” y “Rec Blue Dentaline”, evaluados en un conducto artificial metálico bajo condiciones controladas.

1.2. Enunciado

Efecto de la esterilización en autoclave sobre la resistencia a la fatiga cíclica de dos sistemas reciprocantes de níquel-titanio “Reciproc Blue VDW” y “Rec Blue Dentaline” en un conducto artificial metálico Arequipa – 2025.

1.3. Descripción

a. Área del conocimiento

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| a.1. Área general | : Ciencias de la Salud. |
| a.2. Área específica | : Odontología. |
| a.3. Especialidad | : Careología y Endodoncia |
| a.4. Línea o tópico | : Esterilización |

b. Operacionalización de variables:

VARIABLES	INDICADORES	Subindicadores
• Variable Dependiente 1: Resistencia a la Fatiga Cíclica del Sistema Reciprocante “Reciproc Blue VDW”	• Tiempo de Fractura • Número de Ciclos	• Segundos • Unidades numéricas
• Variable Dependiente 2: Resistencia a la Fatiga Cíclica del Sistema Reciprocante “Rec Blue Dentaline”	• Tiempo de Fractura • Número de Ciclos	• Segundos • Unidades numéricas
• Variable Independiente: Esterilización en Autoclave	• Si (Esterilizado) • No (Sin esterilizar)	

c. Interrogantes básicas

- ¿Cuál es el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica en un conducto artificial metálico del sistema de instrumentación REC BLUE DENTALINE sin autoclavar?
- ¿Cuál es el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica en un conducto artificial metálico del sistema de instrumentación REC BLUE DENTALINE autoclavado?
- ¿Cuál es el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica en un conducto artificial metálico del sistema de instrumentación RECIPROC BLUE VDW sin autoclavar?
- ¿Cuál es el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica en un conducto artificial metálico del sistema de instrumentación RECIPROC BLUE VDW autoclavado?
- ¿La esterilización en autoclave influyó en la resistencia a la fatiga cíclica en un conducto artificial metálico antes de la fractura de los sistemas reciprocantes REC BLUE DENTALINE y RECIPROC BLUE VDW?

d. Taxonomía de la investigación

ABORDAJE	TIPO DE ESTUDIO					DISEÑO	NIVEL
	Por la técnica de recolección	Por el tipo de dato	Por el N° de mediciones de la variable	Por el N° de muestras o poblaciones	Por el ámbito de recolección		
Cuantitativo	Experimental	Prospectivo	Transversal	Comparativo	Laboratorial	Cuasi-experimental	Experimental

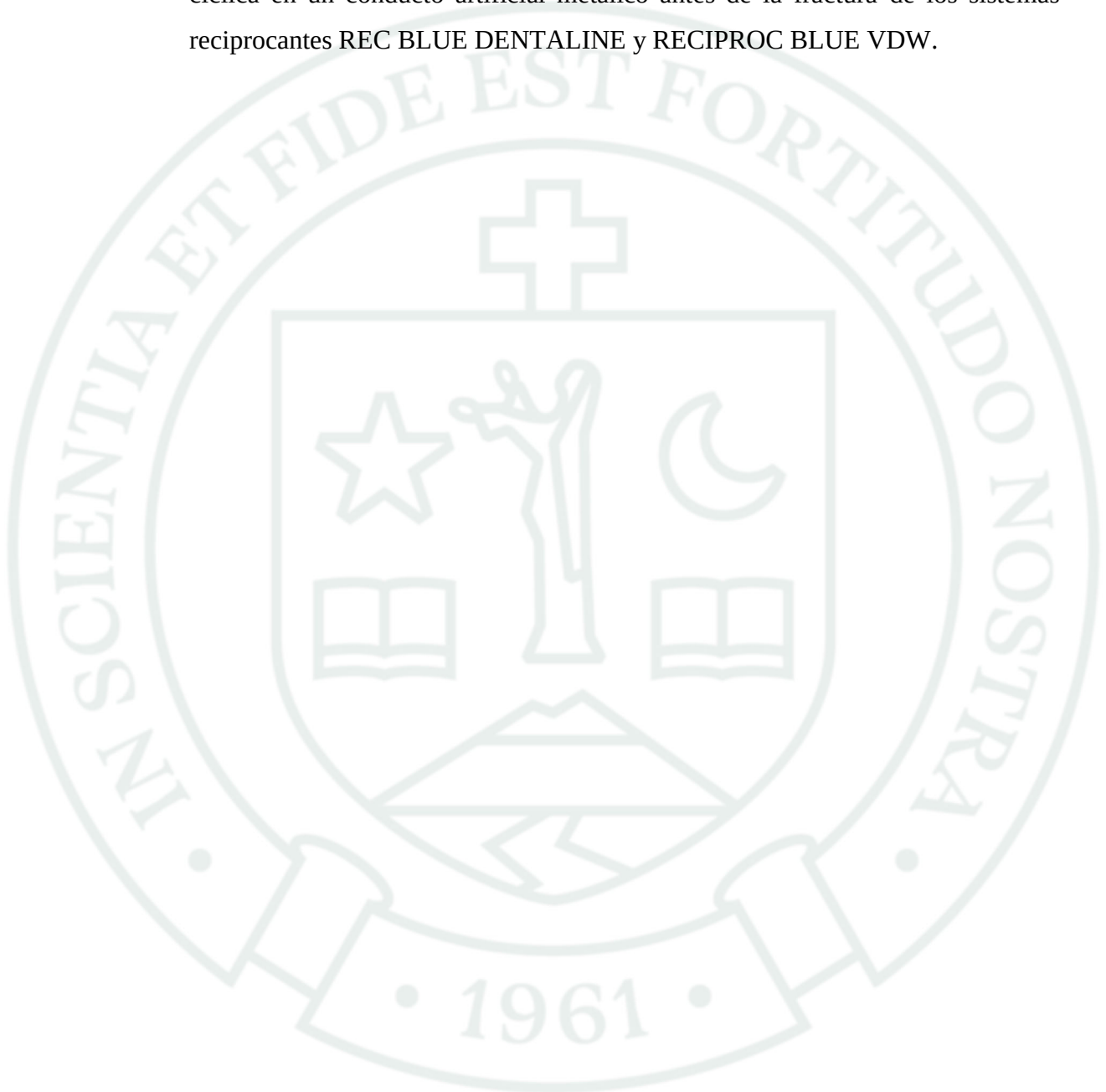
1.4. Justificación

La originalidad de esta investigación reside en su enfoque específico sobre el impacto de la esterilización en autoclave en sistemas NiTi reciprocantes con tratamiento térmico “Blue”, un tema no tan explorado a nivel regional y nacional. Su relevancia científica radica en la generación de evidencia que esclarecerá las consecuencias mecánicas de los procesos térmicos en la durabilidad de los instrumentos endodónticos, con aplicaciones prácticas directas en la mejora del pronóstico clínico y la optimización de los protocolos de esterilización. La viabilidad del estudio está garantizada por la disponibilidad de recursos materiales y la infraestructura laboratorial en Arequipa, alineándose con las políticas investigativas de la Facultad de Odontología.

2. OBJETIVOS

- 2.1. Precisar el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica del sistema de instrumentación REC BLUE DENTALINE sin autoclavar antes de la separación del instrumento, en un conducto artificial metálico.
- 2.2. Precisar el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica del sistema de instrumentación RECIPROC BLUE VDW sin autoclavar antes de la separación del instrumento, en un conducto artificial metálico.
- 2.3. Precisar el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica del sistema de instrumentación REC BLUE DENTALINE autoclavado antes de la separación del instrumento, en un conducto artificial metálico.

- 2.4. Precisar el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica del sistema de instrumentación RECIPROC BLUE VDW autoclavado antes de la separación del instrumento, en un conducto artificial metálico.
- 2.5. Determinar si la esterilización en autoclave influyó en la resistencia a la fatiga cíclica en un conducto artificial metálico antes de la fractura de los sistemas reciprocantes REC BLUE DENTLINE y RECIPROC BLUE VDW.



3. MARCO TEÓRICO

3.1. Marco conceptual

3.1.1. Tratamiento de endodoncia

La endodoncia se centra en la prevención y tratamiento de las patologías pulpares y periapicales, con la preparación biomecánica de los conductos radiculares como un pilar fundamental para el famoso “Cleaning and Shaping”. Desde la introducción de las aleaciones NiTi en 1988, la flexibilidad y resistencia a la fatiga han revolucionado la instrumentación endodóntica, superando las limitaciones de los instrumentos de acero inoxidable. Sin embargo, la fractura por fatiga cíclica sigue siendo un desafío, influida por factores como la anatomía del conducto, las propiedades de la aleación y los procesos de esterilización (1).

3.1.2. Preparación de conductos

Para hablar de los inicios de la endodoncia, nos remontamos a 200 años antes de Cristo, exactamente en la época helenística, cuando se encontró el primer tratamiento pulpar en un diente humano. Se trataba de un incisivo lateral cuyo orificio de entrada a la cámara pulpar estaba 'sellado', ya que se creía que el origen de la dolencia era un gusano que había entrado en el diente. Esta teoría fue refutada muchos años después en el año por Pierre Fauchard (1750) quien recomendó eliminar la causa del dolor, es decir sugirió la extracción de dientes para pulpas sintomáticas (2; 3).

Algunos Años más tarde, el investigador Phillip Pfaff (1756) sugirió por primera vez la metodología para hacer un recubrimiento pulpar a base de pepitas de oro y plomo (4).

La revolución en el pensamiento sobre el origen de las infecciones dentales llega con la investigación de Kakehashi et al. (1965) quienes demostraron que la causa de las dolencias de la pulpa dental es producto de la contaminación bacteriológica (5).

3.1.3. Limpieza y conformación

Al principio, los conductos radiculares se manipulaban principalmente para permitir la colocación de materiales intraconducto, con pocos intentos de eliminar

completamente el contenido orgánico del sistema de conductos radiculares. A pesar de las modificaciones realizadas a lo largo de los años, muchos métodos de preparación mecánica de conductos radiculares todavía no pueden limpiar eficazmente los sistemas de conductos radiculares (6).

3.1.4. Instrumentos endodónticos

Los sistemas NiTi reciprocantes, como “Reciproc Blue VDW” y “Rec Blue Dentaline”, incorporan tratamientos térmicos que optimizan su microestructura, mejorando la resistencia a la fatiga cíclica mediante la estabilización de fases martensíticas y austeníticas. La composición química (aproximadamente 56% Ni y 44% Ti) y las propiedades de superelasticidad y memoria de forma son determinantes en su rendimiento clínico. No obstante, la literatura presenta resultados contradictorios sobre el efecto de la esterilización en autoclave, con algunos estudios sugiriendo un incremento en la resistencia debido a efectos de recocido y otros reportando una disminución por alteraciones microestructurales.

a. Limas

Los endodoncistas deben conocer todas las características y capacidades de los instrumentos que probablemente se utilizarán al realizar un tratamiento de conducto (7).

La gran variedad de sistemas rotativos de níquel-titanio (Ni-Ti) existentes en el mercado y la falta de estandarización de este tipo de instrumentos dificultan la selección en casos individuales. Es importante conocer las propiedades como: la aleación de la que está hecho el instrumento, la geometría del instrumento (esto determina su comportamiento, el movimiento que realiza la lima. Se recomienda encarecidamente que, al realizar un tratamiento de conducto, se deben tener en cuenta las características del instrumento y del diente y conocer las propias limitaciones del tratante (8).

a.1. Taper

La cantidad por la cual el diámetro de la lima aumenta por cada milímetro a lo largo de su superficie de trabajo desde la punta hasta el mango de la lima. Por

ejemplo, una lima de calibre 25 con una conicidad de 0,2 tendría un diámetro de 0,27 a 1 mm desde la punta y de 0,29 a 2 mm desde la punta (9).

a.2. Diámetro

Línea recta que une dos puntos de un círculo (en este caso la sección transversal de la lima) y pasa por su centro. Esto puede variar a lo largo de todo el archivo debido a la contracción. Conocer el diámetro de la lima permite al experto en la materia conocer el tamaño de la lima en el punto de curvatura y por tanto la tensión relativa ejercida sobre la lima (10).

a.3. Sección transversal

La forma geométrica que la lima tiene cuando está presente se corta perpendicular al eje longitudinal, determina la masa de la lima (11).

a.4. Borde

La parte de la lima en contacto con la dentina que es la unión entre dos surcos (12).

a.5. Terreno Radial

Es el resultado del plano con el filo cortante. Las tierras radiales están diseñadas para reducir la tendencia de la lima a enroscarse en el conducto, reducir el desgaste del conducto y limitar la profundidad de corte. Este diseño hace que la lima se desgaste en lugar de cortarse, lo que requiere más torsión y más tiempo para que sea eficaz cuando se trabaja (8).

a.6. Flautas o surcos

La parte de la lima que se utiliza para recolectar detritus de tejido blando y dentina obtenidos de las paredes del conducto. Juega un papel importante en la reducción de la eficiencia de las limas; los surcos grandes permiten más bordes de corte que las flautas pequeñas porque tardan más en saturarse (12).

a.7. Ángulo helicoidal

Es el ángulo que forma el filo del borde de corte con el eje longitudinal de la lima. Se encarga del acto de corte de la lima por rotación o tracción y de retirar los restos atascados en las ranuras. Puede ser constante o variable e influye en el grado de atornillado del instrumento, para tener en cuenta respecto a la torsión del instrumento (13).

a.8. Ángulo de deslizamiento o rastrillo

En la sección transversal, es el ángulo formado entre el radio de la lima y el borde de ataque. Cuando el ángulo formado por el borde delantero o de ataque y la superficie que se está cortando es obtuso, se dice que el ángulo de ataque tiene un ángulo positivo o de corte. Cuando el ángulo formado por el borde delantero o de ataque y la superficie que se corta es agudo, se dice que el ángulo de ataque es negativo o de raspado (13).

a.9. Pitch

Distancia entre los puntos correspondientes dentro de los cuales el patrón no se repite. Cuanto menor sea el tono, más espirales tendrá la lima y mayor será el ángulo de espiral o hélice (11).

b. Aleación de NiTi

b.1. Composición química

La composición química de la gran cantidad de las aleaciones de níquel-titanio utilizadas en el tratamiento de conductos radiculares son a base del 55-Nitinol y contiene aproximadamente 56% (en peso) de níquel (Ni) y 44% (en peso) de titanio (Ti). Ni-Ti tiene una capacidad inherente para alterar su tipo de enlace atómico que causa cambios únicos y significativos en las propiedades mecánicas y la disposición cristalográfica de la aleación (14).

b.2. Fases

- **Austenítica**

También llamada fase de elevada temperatura o fase base o fase madre. La aleación de NiTi se encuentra en esta fase a temperatura ambiente. La fase austenítica es conocida por comportarse de manera elástica, se puede decir que es la capacidad del material para recuperar su condición inicial después de ceder la fuerza que causa la deformación (15; 16).

- **Martensítica**

También llamada fase de temperatura fría o baja. La fase martensítica se caracteriza por tener un comportamiento plástico, es decir, cuando se termina de aplicar la fuerza que provoca la deformación, el NiTi mantiene esa forma (15; 16).

- **R**

Es cuando el níquel titanio puede torcerse. Una vez torcido, la lima se calienta y enfría de nuevo para conservar su nueva forma y convertirla de nuevo a la estructura austenítica cristalina, la cual es superelástica una vez tensionada (y puede usarse en función de endodoncia). En esta fase su disposición atómica es romboidal (15; 16).

b.3. Propiedades y características

- **Memoria de forma**

Este cambio microestructural realizado en la aleación a causa del cambio de temperatura es generado por un proceso de deslizamiento de átomos. No existen alteraciones visibles macroscópicamente durante la transformación de fase, pero si la aleación se encuentra en la fase martensítica y aplicamos una fuerza externa, se puede deformar fácilmente. La alteración de forma se puede revertir calentándola por encima del TTR (o RTTR), lo que nos da como resultado que la aleación vuelva a las propiedades anteriores, como todo

material de NiTi. Por lo tanto, el cambio de fase martensítica debida al cambio de temperatura le da a la aleación su característica de memoria de forma (17).

- **Superelasticidad**

Se denota como el cambio de fase debido a estrés mecánico. la transición de la fase austenítica a la martensítica también puede ocurrir como resultado de la aplicación de estrés mecánico como el que sufren los instrumentos endodónticos en la preparación del sistema de conductos. La deformación permanente ocurre en la mayoría de los metales cuando una fuerza externa provoca algún cambio en la red atómica; en otras palabras, se produce una deformación permanente. Sin embargo, respecto a las aleaciones de NiTi, se permite una transformación martensítica en lugar de este deslizamiento. Este cambio de fase, de austenítico a martensítico durante el cambio de forma, es el que nos da el comportamiento superelástico de los instrumentos endodónticos. La superelasticidad del NiTi puede cambiar de forma hasta un 8% con la deformación quedando reversible o recuperable (17; 18).

c. Evolución de los instrumentos endodónticos

Se lograron mejoras significativas en las propiedades mecánicas del NiTi a través de pequeños cambios en la relación proporcional de los dos elementos: Níquel y Titanio. Sin embargo, el paso clave fue desarrollar tratamientos termomecánicos para regular las temperaturas de transición de las aleaciones (M_s , M_f , A_s , A_f). Por lo tanto, al controlar las propiedades de las fases de la microestructura e influir en su comportamiento mecánico, se están alejando gradualmente de las técnicas para reducir los defectos superficiales. Mientras que la aleación de NiTi tradicional al ser usado se encuentra en la fase austenítica, las aleaciones de NiTi tratadas termomecánicamente contienen cantidades variables en la fase R y en la fase martensítica en condiciones clínicas. Estas modificaciones dan como resultado limas endodónticas más flexibles con una alta resistencia a la fractura. Son bastantes las aleaciones que han aparecido durante los últimos años gracias al tratamiento térmico de NiTi (19).

c.1. M-wire

Clínicamente no está compuesto en su totalidad por fase austenítica, pero contiene una pequeña cantidad de martensítica y fase R. M-Wire exhibe mayor flexibilidad, mejores propiedades mecánicas y mayor resistencia al estrés cíclico que el NiTi tradicional (20; 21).

c.2. R-phase

Se utiliza para producir el Twisted File System (TF). Dado que el módulo de elasticidad de la fase R es inferior al de las austeníticas y martensíticas, el instrumento fabricado con esta aleación será más elástico que el NiTi convencional. Las limas torcidas o trenzadas son más resistentes a la fatiga cíclica que las tradicionales limas de NiTi (22; 23).

c.3. CM-wire

Todo esto indica que CM-Wire es susceptible a la deformación bajo condiciones de mucho estrés mecánico, pero recuperará su forma inicial después de calentarse en una autoclave. hasta un punto en el que se producirá una deformación inversa donde va continuar deformándose después de la esterilización, esto será un indicador de descarte. Como resultado, se encuentra que el instrumento CM-Wire tiene mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos convencionales M-Wire y NiTi (24).

c.4. Blue y gold

Estas aleaciones de níquel titanio obtienen ese color a base de una capa de óxido de titanio permanece cubriendo la superficie del instrumento luego que se realiza el tratamiento térmico. El espesor de esta capa en la aleación dorada es de 100-140nm y de la blue es de 60-80nm. Estos instrumentos muestran también memoria controlada y pueden deformarse a voluntad del operador. La principal diferencia entre los instrumentos “Blue y Gold” y los “CM Wire” es que estos instrumentos pasan por un tratamiento mecánico previo al tratamiento térmico. Todas las limas termotratadas Gold y Blue mostraron mucha más flexibilidad y resistencia a la fatiga respecto a las aleaciones tradicionales de NiTi y M-Wire. Sin embargo, en comparación con las aleaciones de control de memoria del

material, como CM-Wire, la resistencia a la fatiga cíclica de esta aleación es mayor (25; 26; 27).

c.5. Edm hyflex

Los instrumentos Hyflex EDM (Coltene/Whaledent, Altstätten, Suiza) están fabricados con aleación CM-Wire, pero utilizando un proceso mecanizado por descarga eléctrica (EDM). EDM es un proceso de erosión térmica que se utiliza con materiales conductores que da como resultado un acabado superficial cribado en la lima. HyFlex EDM exhibe una resistencia a la fatiga significativamente mayor en comparación con Hyflex CM, M-Wire y NiTi convencional; sin embargo, su flexibilidad es parecida a la de los instrumentos CM Wire. En un estudio que compara los archivos Hyflex EDM con los archivos ProTaper Universal y ProTaper Gold, Kaval et al. concluyen que los primeros son más resistentes a la fatiga cíclica, pero que ProTaper Gold son más resistentes a la torsión, por lo que recomiendan usar cada sistema de instrumentación en un tipo específico de conductos radiculares (28).

c.6. MAX-WIRE

La primera aleación de NiTi que combina el efecto de la memoria de forma y la superelasticidad en endodoncia. Estos instrumentos se encuentran en un estado martensítico a temperatura ambiente y cambian a una forma curva cuando se exponen a la temperatura del intraducto debido al hecho de que se transforman en una fase austenítica. Su particular forma curva permite preparar canales complejos, con el potencial de acomodar irregularidades en el canal. Su acción mecánica en conjunto con la agitación del irrigante, nos brinda una mayor reducción bacteriana y eliminación de detritus o biofilms (29).

3.1.1. Accidentes durante el tratamiento endodóntico

a. Anatómico

a.1. Perforación y desviación

En algunas ocasiones, algunos operadores por muy capacitados y experimentados que sean, pueden originar una desviación de la luz del conducto radicular al

trabajar piezas con anatomías complejas y calcificaciones severas. Factores como la ubicación del sistema de conductos, la curvatura (en otras palabras, la anatomía dental) y el tipo de instrumentación pueden causar la formación de desviaciones y perforaciones. Para estas situaciones es recomendable la negociación y el acceso guiado en los conductos que nos van a permitir que las limas y puntas diamantadas ingresen con la dirección y angulación requerida hasta el punto de luz visible del conducto ubicado en la CBCT (30; 31; 32).

a.2. Enfisema

El enfisema subcutáneo (ECS) es conocido como la presencia anormal de aire a presión, a lo largo o entre planos fasciales. La entrada de aire comprimido suele ser rápida y suele causar enfermedades e incluso la muerte. La característica clínica más importante del ECS es la rápida hinchazón de la cara y, a veces, del cuello. Durante el tratamiento de conducto, el ECS se previene mediante: 1) evitar el uso de la jeringa triple en la cámara pulpar; 2) usar piezas de mano quirúrgicas específicas de alta velocidad, que alejan el escape de alta presión del sitio quirúrgico; o 3) usar piezas de mano presurizadas de aire de cabeza sellada, accionadas eléctricamente o de baja velocidad para eliminar hueso, cemento y estaño dentario cuando sea necesario. Además, el uso de instrumentos ultrasónicos o sónicos para la preparación de la cavidad del extremo de la raíz también puede disminuir la probabilidad de inducir ECS. Aunque la ocurrencia de ECS es alarmante, la condición generalmente no es peligrosa y el aire se absorbe en el transcurso de tres o cuatro días sin tratamiento activo (33).

a.3. Deglución

No debería pasar por el uso del aislamiento absoluto, pero si ocurriera la ingestión o inhalación de instrumentos de endodoncia durante el tratamiento sin dique de goma puede dar lugar a complicaciones clínicas y accesos legales (34).

Grossman (1974) dio a conocer que tales errores iatrogénicos pasaban con mayor probabilidad cuando se trabajaban las piezas mandibulares posteriores. Grossman (1971) también dio a conocer que del 100% de instrumentos (Limas, Clamps, etc.), el 87% ingresaban al tracto alimentario, y un peligroso 13% se aspiraban al tracto respiratorio (35).

En su mayoría, los cuerpos extraños que llegan al tracto gastrointestinal pasan espontáneamente. Sin embargo, entre el 10% y el 20% de los casos requieren una intervención no quirúrgica, mientras que el 1% o menos requieren cirugía (Webb 1988) (36).

Las complicaciones graves incluyen impactación, obstrucción o perforación del tracto digestivo o respiratorio, y el diagnóstico precoz es la clave para prevenir complicaciones graves (34; 37).

b. Químicos

En las situaciones en las que existe extrusión de irrigante, el paciente normalmente pasa por dolor agudo e intenso, con una inflamación que rápidamente aumenta. El tratante debe mantenerse sereno y calmar al paciente, quien inevitablemente se preocupará por las dramáticas secuelas. El dentista debe hablar inmediatamente con el paciente explicándole la naturaleza y la causa del accidente. Los próximos pasos a seguir van a depender de la gravedad y naturaleza del incidente. En muchos casos no es necesaria la intervención quirúrgica o solo una no invasiva. En el momento del accidente se sugiere usar anestesia local para reducir el dolor agudo y complementar con la prescripción de analgésicos. Inicialmente, la respuesta inflamatoria debe tratarse con compresas frías. Después de 1 día, estos deben reemplazarse por compresas tibias y colutorios bucales tibios para estimular la microcirculación local. La antibioticoterapia se recomienda exclusivamente en casos en que existe un riesgo elevado de diseminación de la infección; no debemos prescribirlas en casos menores. El paciente debe ser informado que su recuperación tardará algunos días, o incluso semanas, y que los síntomas en la mayoría de los casos se resolverán por completo. El tratamiento de conductos debe culminarse al pasar los síntomas agudos. Para estos casos, es recomendable el uso de una solución de irrigación suave no irritante (solución salina estéril, gluconato de clorhexidina). En la mayoría de los casos no hay necesidad de tratamiento quirúrgico o indicación de extracción del diente afectado (38; 39).

c. Mecánicos

c.1. Factores que influyen en la separación de limas

- **Anatomía del conducto**

Normalmente ocurre en el punto de mayor curvatura del conducto. En 1997, Pruett describió los conceptos de radio de curvatura y ángulo de curvatura. Múltiples estudios han demostrado que cuando el ángulo de curvatura aumenta y/o el radio de curvatura disminuye, se reduce el número de ciclos de rotación necesarios para que el archivo se fracture. Esto se corrobora en el hecho de que la gran cantidad de instrumentos se fracturen en el tercio apical del conducto, que generalmente es el diámetro más pequeño del conducto y el área de curvatura máxima (40).

- **Factores del instrumento**

Son abarcados por las aleaciones y proceso de fabricación, velocidad de rotación y la cantidad de masa determinada por el diseño de la lima (19).

- **Dinámica**

Torque

El torque que es controlado por los motores endodónticos eléctricos generalmente se recomienda para el uso de sistemas NiTi. Este produce un límite elástico más bajo que la lima y reduce la fractura del instrumento causada por la sobrecarga torsional. Sin embargo, un estudio clínico investigó tres niveles de control del par (alto, moderado y bajo) durante la preparación del conducto (19; 41).

Velocidad

Algunas investigaciones muestran que la velocidad no influye en la incidencia de fractura, mientras que otros muestran lo contrario. Sin embargo, los fabricantes generalmente recomiendan un número específico de rotaciones por minuto (RPM) para usar los instrumentos de manera segura, que usualmente es de 250 a 600 (41; 42).

- **Técnica**

Existen múltiples técnicas de instrumentación que se han desarrollado a lo largo del tiempo. Se ha demostrado que la técnica Corono-Apical, por ejemplo, disminuye el estrés torsional, especialmente en instrumentos más pequeños (43).

Otra técnica esencial a la hora de preparar un conducto, independientemente del sistema de instrumentación utilizado, es la creación de una trayectoria de deslizamiento. La trayectoria de deslizamiento se describe como una preparación lisa y centrada del conducto radicular desde su entrada hasta el foramen apical. La herramienta rotativa de níquel titanio (NiTi) ayuda a operar de manera segura durante la medición y evita complicaciones como transportación, escalón, separación de instrumentos y extrusión de debris. Se ha demostrado que las trayectorias de deslizamiento pueden disminuir considerablemente la fractura torsional porque el conducto se ensancha al menos hasta el diámetro de la punta del primer instrumento (19; 44).

- **Habilidades, experiencia del operador y tiempo de preparación**

La experiencia del operador es un factor clave en la fractura de archivos cuando otros factores (morfología del instrumento o canal) permanecen constantes. Afecta el tiempo de uso y la calidad del instrumento. Si analizamos la calidad del procedimiento endodóntico, coincido con varios autores en que los tratantes con poca experiencia crean más deformaciones y fracturas en los instrumentos NiTi que los operadores expertos. Mandel asocia este hecho con el tiempo en que las limas están trabajando dentro del canal. En cada rotación de la curvatura de un canal somete al instrumento a un ciclo de tensión-compresión que es el factor más destructivo en el ciclo de carga. Por lo tanto, dado que los tratantes con poca experiencia a menudo requieren más tiempo para realizar la instrumentación, es probable que hagan un ciclo del instrumento a través de más ciclos de rotación, lo que aumenta la probabilidad de separación del instrumento. Sin embargo, también existen otros factores como el modo de uso (según el fabricante) o la presión ejercida (44).

d. Otros factores

- **Esterilización**

La literatura científica reporta una amplia variedad de resultados acerca de los efectos de los procesos de esterilización en los instrumentos de NiTi, derivados de metodologías heterogéneas. Algunos estudios señalan que la esterilización puede inducir el inicio y la propagación de microfisuras en estos instrumentos, mientras que otros argumentan que dichos procesos no afectan la incidencia de fractura instrumental. Por otro lado, ciertas investigaciones destacan un aumento en la resistencia de los instrumentos, lo cual podría estar relacionado con el empleo de aleaciones de NiTi sometidas a tratamientos térmicos (45; 46).

- **Irrigantes**

Es bien conocido que el hipoclorito de sodio, reconocido como el irrigante universal en endodoncia, ejerce un impacto adverso en las propiedades mecánicas de los instrumentos de NiTi. Este efecto detrimental se pone de manifiesto al analizar la superficie de dichos instrumentos mediante microscopía electrónica, revelando alteraciones que comprometen su integridad y rendimiento (47; 48).

- **Número de usos**

Los fabricantes de instrumentos endodónticos recomiendan el uso único de las limas de NiTi. La literatura científica ofrece directrices claras sobre el número de aplicaciones clínicas de estos instrumentos. Numerosos estudios indican que la fractura de los instrumentos de NiTi está principalmente asociada con la técnica de manipulación empleada, más que con la frecuencia de uso. Sin embargo, las limas de NiTi presentan una disminución en su resistencia a la fatiga por flexión con el uso repetido, y el torque requerido para inducir su fractura es significativamente menor en instrumentos previamente utilizados en comparación con aquellos nuevos (49).

- **Sistemas tipo replica**

En el panorama actual, un número creciente de empresas a nivel global ha comenzado a fabricar instrumentos de NiTi que replican las características de sistemas de marcas establecidas. Sin embargo, la mayoría de estos fabricantes no proporciona informes transparentes sobre el control de calidad en sus procesos productivos ni cuenta con certificaciones internacionales que respalden la fiabilidad de sus productos. Aunque estos instrumentos presentan similitudes en cuanto al número, secuencia, denominación e identificación respecto a los sistemas originales, es crucial destacar que su seguridad en la aplicación clínica y su eficiencia operativa aún no han sido validadas desde una perspectiva científica rigurosa. La información disponible sobre estos instrumentos es limitada en comparación con la extensa documentación que respalda a las marcas consolidadas. Esta situación enfatiza la necesidad de realizar evaluaciones científicas exhaustivas para asegurar que estos instrumentos cumplan con los estándares requeridos en la práctica endodóntica, garantizando así la seguridad del paciente y la efectividad del tratamiento (50).

3.1.5. Fractura de instrumentos

Las fuerzas mecánicas que actúan sobre los instrumentos endodónticos durante la preparación del conducto radicular están significativamente moduladas por la técnica empleada por el operador, el protocolo de uso y la complejidad anatómica del sistema de conductos radiculares. Asimismo, características inherentes al instrumento, tales como la composición de la aleación, los procesos de fabricación y la geometría de la lima, ejercen una influencia sustancial en la respuesta al estrés de los archivos de NiTi, lo que, a su vez, determina su susceptibilidad a la fractura (51).

a. Cíclica

Pasa mayormente en conductos con mayor curvatura debido a la compresión repetida y las tensiones de tracción generadas cuando el instrumento gira (51; 52; 53).

b. Torsional

Este fenómeno se produce cuando el instrumento queda atrapado, pero el vástago de la lima continúa su rotación (51; 52; 53).

3.1.6. Esterilización de instrumental

La esterilización puede definirse como un proceso clave que elimina la capacidad de reproducción de los microorganismos, garantizando la ausencia total de vida microbiana con un nivel de seguridad científicamente establecido. En el contexto de la endodoncia, este procedimiento es esencial, ya que asegura que los instrumentos y materiales utilizados en los tratamientos estén completamente libres de microorganismos, previniendo infecciones y protegiendo la salud del paciente.

La tecnología de esterilización desempeña un papel crítico en nuestra especialidad. Los procedimientos endodónticos, como el tratamiento de conductos radiculares, dependen de herramientas estériles para evitar complicaciones graves, como infecciones periapicales o la transmisión de patógenos. Este nivel de control microbiano no solo salvaguarda al paciente, sino que también optimiza los resultados clínicos.

En términos regulatorios, la práctica de la esterilización en odontología está sujeta a normas estrictas en Estados Unidos. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) supervisa la aprobación y uso de dispositivos médicos, incluyendo los empleados en endodoncia, mientras que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) regula los esterilizantes químicos utilizados en estos procesos. Estas regulaciones garantizan que los estándares de seguridad y eficacia se mantengan consistentemente altos.

En conclusión, la esterilización es un fundamento de la endodoncia moderna. Los avances en esta tecnología han permitido mejorar la seguridad de los procedimientos y desarrollar técnicas más precisas y menos invasivas, lo que beneficia tanto a los profesionales como a los pacientes (54).

a. Estufa

La esterilización por calor seco generalmente se realiza a 160–170 °C durante ≥ 2 h. Las exposiciones específicas son dictadas por la concentración de carga biológica y la tolerancia máxima de los productos a la temperatura de esterilización. En temperaturas más altas, los tiempos de exposición que se necesitan son más cortos. Se recomiendan aparatos que cuenten con un registro de temperatura para evitar malograr el material y llevar un mejor manejo biológico y de esterilización del material (54).

b. Autoclave

Es un tipo de esterilización por calor húmedo. El proceso no puede considerarse adecuado sin la seguridad de que se produzca una penetración completa del vapor saturado en todas las piezas y superficies de la carga a esterilizar. No se considera esterilización por vapor a 100°C y presión atmosférica eficaz. El proceso se lleva a cabo invariablemente a mayor presión en autoclaves que utilizan vapor saturado. La temperatura puede ser tan baja como 115 °C, pero normalmente es de 121 °C o superior (54).

3.2. Análisis de antecedentes investigativos

- a. **Título:** Impact of Autoclave Sterilization on Cyclic Fatigue of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments.

Autores: Sura Yaseen Khudhur, Ibtihal Mohammed Hussein, Ola Mohammed Abdul Kadhum.

Fuente: Dentistry 3000 [Internet], Vol 13, N°1 2025

Análisis: El objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de la esterilización repetida en autoclave sobre la resistencia a la fatiga cíclica de tres variedades de sistemas rotatorios de endodoncia de níquel-titanio (NiTi) en un conducto simulado con doble curvatura.

Durante esta investigación, se utilizaron tres variedades distintas de limas rotatorias de endodoncia de níquel-titanio con un diámetro de punta de 0.25 milímetros y una conicidad de 0.06 milímetros: sistema ProDesign Logic, E-Flex Edge y Endostar E3 Azure. Cada tipo de instrumento rotatorio de endodoncia (n=24) fue luego dividido aleatoriamente en tres subgrupos: instrumentos no esterilizados, instrumentos esterilizados después de 3 ciclos de autoclave e instrumentos esterilizados después de 5 ciclos de autoclave. Se examinaron todas las limas de los diversos subgrupos para determinar su capacidad de resistir la fatiga cíclica. Además, se determinaron el tiempo hasta la fractura, el número total de ciclos hasta la falla (NCF) y la longitud del fragmento de fractura resultante para cada instrumento. Se utilizó el software SPSS 29 para las comparaciones estadísticas ($P < 0.05$).

Resultados: No hubo diferencias entre las limas esterilizadas y las no esterilizadas ($P > 0.05$). No hubo diferencias estadísticamente significativas en la longitud de la fractura entre los grupos probados. (55)

- b. **Título:** Cyclic Fatigue Resistance of Rotary versus Reciprocating Endodontic Files: A Systematic Review and Meta-Analysis.

Autores: Ana De Pedro-Muñoz, Cristina Rico-Romano, Patricia Sánchez-Llobet, José María Montiel-Company and Jesús Mena-Álvarez.

Fuente: J. Clin. Med. 2024, 13, 882. <https://doi.org/10.3390/jcm13030882>

Análisis: El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia a la fatiga cíclica entre los sistemas de limas rotatorias y reciprocantes. Como Métodos usaron PICO específico: Población (P): conductos radiculares artificiales; Intervenciones (I): instrumentación con limas rotatorias y reciprocantes de NiTi; Comparación (C): limas rotatorias versus reciprocantes; Resultado (O): resistencia a la fatiga cíclica. Los estudios se identificaron mediante investigación bibliográfica utilizando bases de datos electrónicas (Medline, Embase, Scopus, SciELO y WOS). Los estudios se combinaron utilizando un modelo de efectos aleatorios mediante el método de varianza inversa. El tamaño del efecto fue la media del tiempo hasta la fractura (TTF) y el número de ciclos hasta la fractura (NCF). La heterogeneidad se evaluó utilizando el valor p de la prueba Q para la heterogeneidad y el I². Los resultados fueron que el TTF para las limas rotatorias se determinó en 474,5 s y 839,1 para las reciprocantes, sin diferencias estadísticamente significativas. El NCF para los sistemas rotatorios se determinó en 1444,2 y para los sistemas de limas reciprocantes en 4155,9, con diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,035$), lo que hace que las limas reciprocantes sean más resistentes. Como conclusiones se encontró que las limas reciprocantes tienen mejor resistencia a la fatiga cíclica que las limas rotatorias. Cuando se probaron en conductos con doble curvatura, las limas reciprocantes también mostraron mayor resistencia. (56)

- c. **Título:** Effect of number of uses and sterilization on the instrumented area and resistance of reciprocating instruments

Autores: Victor de Ornelas Peraça, Samantha Rodrigues Xavier, Fabio de Almeida Gomes, Luciane Geanini Pena dos Santos, Erick Miranda Souza, Fernanda Geraldo Pappen.

Fuente: Restor Dent Endod [Internet]. 2021 2021/05//; 46(2):[e28 p.].

Análisis: Objetivos: Este estudio evaluó el efecto de usos repetidos y esterilización en autoclave en el área instrumentada, resistencia a la fractura y tiempo de instrumentación de tratados térmicamente sistemas alternativos de níquel-titanio. Materiales y Métodos: Se instrumentaron doscientos

canales simulados utilizando Reciproc Blue y WaveOne Gold. Cada lima se usó hasta 10 veces o hasta fractura. El área instrumentada se midió en imágenes pre y postoperatorias, utilizando el software ImageJ. El análisis de supervivencia de Kaplan-Meier evaluó el número de usos de instrumentos antes de la fractura. El área instrumentada y el tiempo de instrumentación se analizaron mediante la prueba U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis. Las correlaciones entre el número de usos y el área instrumentada fueron Medido. El nivel de significación estadística se fijó en $p < 0,05$. Resultados: Reciproc Blue presentó un mayor número estimado de usos en comparación con WaveOne Gold ($p = 0,026$), pero el autoclave no afectó la resistencia a la fractura de los instrumentos ($p > 0,05$). El área instrumentada fue diferente entre los grupos evaluados ($p = 0,039$), y se redujo el área instrumentada a lo largo de los usos de ambos instrumentos probados. Con el tiempo de instrumentación, también hubo diferencia significativa entre los grupos evaluados; los grupos sin ciclos de esterilización fueron más rápidos, en comparación a los sometidos a esterilización en autoclave ($p = 0,010$). Conclusiones: Reciproc Blue fue más resistente que WaveOne Gold, sufriendo fractura posteriormente. Además, los ciclos de esterilización no influyeron en el número estimado de usos de instrumentos alternativos tratados térmicamente, pero el área instrumentada de los conductos radiculares fue reducido junto con los usos repetidos de ambos instrumentos (57).

- d. Título:** Comparación in vitro de resistencia a la fatiga cíclica entre dos sistemas reciprocantes de aleación níquel-titanio blue, reciproc blue y af blue r3 reciprocating, en un conducto curvo artificial Arequipa-2021

Autores: Tovar Figueroa, Priscilla Belén.

Fuente: Facultad de Odontología de la Universidad Católica Santa María

Análisis: Objetivo: El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la Resistencia a la Fatiga Cíclica de los Sistemas Reciprocantes de aleación Níquel-Titanio Blue, Reciproc Blue y AF Blue R3 Reciprocating. Materiales y Métodos: Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo de

investigación, fue necesario premunir la disponibilidad de recursos humanos, económicos y materiales. Entre los recursos materiales tenemos 15 instrumentos de Reciproc Blue (25/06, 25 mm) y 15 instrumentos de AF Blue Reciprocating (25/06, 25mm). Antes de rotar los instrumentos se inyectó lubricante con el fin de reducir la fricción y minimizar la liberación de calor. Los instrumentos fueron ensayados en un conducto artificial de acero inoxidable con una curvatura de 90° y un radio de 3 mm, además fueron accionados en movimiento controlado (Reciproc All, 300 rpm). Se estableció la Resistencia a la Fatiga Cíclica a través del promedio de ciclos hasta la fractura determinados mediante el registro del tiempo de la separación del instrumento, todo el procedimiento fue grabado. La operatividad de este trabajo de investigación se sustentó en las técnicas de la observación experimental y registro computarizado de los procesamiento manuales, y el análisis estadístico con la aplicación de la prueba T-Student para muestras independientes. Resultados: Los resultados del sistema Reciproc Blue presentaron una media de 1279.65 Ciclos hasta la Fractura (CF) y el Sistema AF Blue presentaron una media de 1976.00 Ciclos hasta la fractura (CF). Según la prueba Estadística aplicada T-Student, la diferencia entre ambos grupos respecto a los ciclos hasta la fractura fue significativa $P = 0.000$ ($P < 0.05$) S.S. Conclusión: En conclusión, el presente estudio muestra que el Sistema AF Blue Reciprocating tuvo mayor resistencia a la Fatiga Cíclica que Reciproc Blue, al ser ensayado en un conducto artificial con un ángulo de curvatura de 90° grados y un radio de 3mm (58).

- e. **Título:** Resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada.

Autores: Katty Lourdes Taboada Cordero

Fuente: Facultad de Estomatología de la Universidad Inca Garcilazo de la Vega

Análisis: Introducción: El planteamiento y desarrollo de esta investigación evaluó la fatiga de las limas endodónticas mecanizadas, que representaron un alto porcentaje de frecuencia. En presencia de conductos curvos aumenta la

fatiga cíclica y la fractura de las limas endodónticas, debido a los ciclos continuos de tracción y compresión. Esta investigación tuvo por objetivo determinar la diferencia de resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. A lo largo del tiempo, se trató de mejorar la ineficiencia de resistencia a la fatiga de las limas, introduciendo al mercado la cinemática de acción alternada (reciprocante); esto mejoró las propiedades mecánicas de los instrumentos, aumentando la resistencia a la fatiga cíclica en comparación con la cinemática de rotación continua. También se trató de mejorar el tipo de aleación, con una reducción significativa de fractura por fatiga cíclica; siendo la aleación CM – Wire más resistente a la fatiga que los instrumentos fabricados con níquel titanio convencional. La hipótesis que planteó esta investigación es que la resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada fue mayor en las de diseño Easy Prodesign Logic® que en las Reciproc Blue® trabajando en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. Esto se demostró a través de un estudio “in vitro” en un simulador de conducto radicular con curvatura severa artificial. Se midió el tiempo hasta la fractura con un cronómetro digital y una cámara de video; además de la longitud del fragmento fracturado. Métodos: Se emplearon 20 limas nuevas mecanizadas de acción alternada Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® distribuidas en 10 para cada grupo. Se introdujeron en un simulador de curvatura artificial con movimientos y velocidad ya establecidos por el fabricante; se observó y se midió el tiempo mediante un cronómetro y cámara de video hasta su fractura. Resultados: No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de ciclos hasta la fractura según el tipo de lima cuando se analizaron 10 ($p=0.19$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de fractura según el tipo de lima cuando se analizaron 10 ($p=0.19$). Conclusiones: No hay diferencias en la resistencia a la fatiga cíclica según el número de ciclos hasta la fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada entre Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. Existen diferencias en las longitudes de los fragmentos separados entre los dos tipos de limas

mecanizadas de acción alternada; siendo Reciproc Blue® la de mayor longitud de fragmento separado en comparación con Easy Prodesign Logic® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura. No hay diferencias en la resistencia a la fatiga cíclica según tiempo de fractura de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada entre Easy Prodesign Logic® y Reciproc Blue® después de trabajar en un conducto radicular simulado con grado severo de curvatura (59).

- f. **Título:** Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments

Autores: Cangul Keskin, Ugur Inan, Murat Demiral, Ali Keles

Fuente: Journal of dental research, dental clinics, dental prospects. 2019;13(3):166-71

Análisis: Fondo. Este estudio examinó los efectos de los cambios en la temperatura y las condiciones ambientales en la resistencia a la fatiga cíclica de Reciproc Blue, HyFlex EDM, WaveOne Gold y Twisted File Adaptive. Métodos. Cuarenta y cinco limas Reciproc Blue (25/0,08), 45 HyFlex EDM (25/0,08), 45 WaveOne Gold (25/0,07) y 45 Twisted File Adaptive (25/0,08) se probaron para fatiga cíclica a temperatura ambiente (20°C) en aire y agua ya temperatura corporal (35°C) en agua. Todos los instrumentos fueron rotados en canales artificiales de acero inoxidable con diámetro interior de 1,5 mm, ángulo de curvatura de 60° y radio de curvatura de 5 mm hasta que se produjo la fractura; el tiempo de fractura se registró en segundos, utilizando un cronómetro digital. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó la prueba U de Mann-Whitney, con SPSS 21.0. Resultados. La resistencia a la fatiga cíclica fue significativamente mayor en todos los grupos en agua a una temperatura ambiente de 20°C en comparación con el aire y el agua a temperaturas de 20°C y 35°C, respectivamente ($P<0,05$). El análisis intragrupo reveló que HyFlex EDM tenía la mayor resistencia a la fatiga cíclica, seguido de Reciproc Blue, WaveOne Gold y Twisted File Adaptive tanto en aire como en agua a 20 °C ($P<0,05$). HyFlex EDM exhibió la mayor resistencia a la fatiga cíclica en agua a 35 °C, mientras que no hubo

diferencias significativas entre los otros grupos ($P>0,05$). Conclusión. Dentro de las limitaciones del presente estudio, un aumento en la temperatura ambiente disminuyó significativamente la resistencia a la fatiga cíclica de las limas de NiTi probadas (60).

- g. Título:** Comparing the cyclic fatigue resistances of Reciproc Blue and Rotate instruments in simulated severe apical curvature.

Autor: Özgür Soysal Özdemir, Defne Toplu

Fuente: Turk Endod J. 2021;6(3):71-5. Department of Endodontics, Lokman Hekim University Faculty of Dentistry, Ankara, Turkey

Análisis: Propósito: Este estudio tiene como objetivo principal evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos Reciproc Blue (VDW, Munich, Alemania) y Rotate (VDW, Munich, Alemania) probándolos en un corte apical severo. curvatura a la temperatura intracanal. Métodos: En total, se probaron 12 instrumentos Reciproc Blue (25.08) y Rotate (25.06) en un dispositivo de fatiga cíclica a temperatura intracanal (37°C). Los instrumentos fueron probados en un bloque de acero inoxidable. con un canal artificial con un ángulo de curvatura de 90° y un radio de curvatura de 2 mm. Los instrumentos fueron operados hasta que se produjo la fractura; luego se calculó el tiempo de fractura (TF). La longitud de las puntas fracturadas se midió usando un calibrador digital. Los datos se analizaron mediante pruebas t de Student, con nivel de significación fijado en $p<0,05$. Resultados: Se encontró que los valores de TF de Reciproc Blue ($450,60 \pm 34,36$ s) eran significativamente más altos que Rotar ($315,70 \pm 70,89$ s) ($p<0,05$). Además, no se observaron diferencias significativas entre los instrumentos en cuanto a la longitud de los fragmentos fracturados [Reciproc Blue: $3,11 \pm 0,25$ mm, Rotate: $2,97 \pm 0,27$ mm, ($p>0,05$)]. Conclusión: Reciproc Blue mostró valores de resistencia a la fatiga cíclica significativamente más altos que Rotate limas cuando se prueban en el canal artificial con curvatura apical aguda (61).

3.3. Efectos de la esterilización en las propiedades mecánicas de las limas de NiTi

La evidencia disponible muestra que los ciclos de esterilización en autoclave no producen cambios relevantes en la resistencia a la fatiga de la mayoría de los instrumentos de níquel-titanio (NiTi), ya que las temperaturas clínicas (aprox. 134 °C) están muy por debajo de las necesarias para modificar sus fases metalúrgicas o revertir los tratamientos térmicos que les confieren flexibilidad. En el estudio de Plotino et al. (62), las diferencias entre instrumentos esterilizados y no esterilizados fueron mínimas y no significativas para tres sistemas ampliamente usados: K3 (439 vs. 424 ciclos hasta fractura), Mtwo (419 vs. 409 ciclos) y Vortex fabricado en M-Wire (480 vs. 454 ciclos). Solo el prototipo K3 XF mostró un incremento notable tras la esterilización (651 vs. 762 ciclos), atribuible a su tratamiento térmico específico más que al proceso de autoclave.

Por su parte, el estudio de Yahata et al. (63) demostró que los tratamientos térmicos aplicados a temperaturas muy superiores a las clínicas, 440 °C y 500 °C, modifican de forma marcada el comportamiento del níquel-titanio (NiTi), elevando las temperaturas de transformación (M_s y A_f) y reduciendo significativamente la carga necesaria para la flexión, especialmente en el grupo tratado a 440 °C durante 30 minutos. Este aumento en la temperatura de transformación genera mayor proporción de fase martensítica y, por tanto, más flexibilidad. Sin embargo, esta evidencia también muestra que tales cambios solo ocurren cuando la aleación se expone a condiciones térmicas intensas y controladas, muy por encima del rango del autoclave (134 °C).

4. HIPÓTESIS

H1: Dado que, el sistema Reciproc Blue VDW tiene un tratamiento térmico comprobado, es probable que presente una mejor resistencia a la fatiga cíclica que las limas Rec Blue Dentaline.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICA, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1.1. Técnica

a. Precisión de la técnica

Se utilizó la técnica de observación laboratorial para recoger información de la variable.

b. Esquematización

VARIABLES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
• VD1: Resistencia a la Fatiga Cíclica de Sistema reciprocante VDW. • VD2: Resistencia a la Fatiga Cíclica de Sistema reciprocante Dentaline.	Observación laboratorial directa	Ficha de recolección de datos
• VI: Esterilización en Autoclave		

c. Descripción de la técnica

- En primera instancia, se consiguió el dispositivo FANTA con angulaciones diversas para los Test de Fatiga Cíclica, el cual alberga mas de un conducto radicular artificial, cada uno caracterizado por curvaturas distintas, de los cuales usaremos de 90°, con un radio de curvatura de 3 mm y el centro de dicha curvatura situado a 5 mm desde el ápice.
- El conducto radicular simulado viene con una conicidad de un poco mas de 0.08, acorde con las especificaciones de los instrumentos endodónticos evaluados en esta investigación. Esta conicidad es esencial para reproducir fielmente las condiciones clínicas en los ensayos. El dispositivo viene con

una tapa de acrílico desmontable y ajustable, diseñada para cerrar herméticamente el sistema, permitiendo al mismo tiempo una visualización precisa del movimiento del instrumento dentro del conducto hasta el momento de su fractura. Este diseño optimizó el análisis detallado del desempeño y la durabilidad de los instrumentos en un entorno controlado. Para asegurar consistencia, la base del dispositivo se fijó a una superficie de madera estable y uniforme, minimizando variaciones entre las pruebas de los instrumentos.

- En este protocolo experimental, se utilizó un soporte de silicona diseñado a medida para el cabezal del contraángulo de la pieza de mano del motor E-Connect Pro (Eigtheeth). Este dispositivo se configuró con una altura y orientación predefinidas con respecto al conducto radicular artificial. Esta estandarización posicional fue crítica para asegurar la repetibilidad y la estabilidad durante la evaluación científica de los instrumentos endodónticos bajo condiciones de laboratorio controladas. Adicionalmente, la posición exacta de este sujetador se marcó de forma permanente en la base de madera como un punto de referencia invariable. Esto fue fundamental para evitar cualquier sesgo introducido por variaciones en la colocación de la pieza de mano al cambiar o mover los instrumentos entre pruebas. El objetivo primordial de esta metodología fue garantizar condiciones experimentales idénticas para todos los instrumentos analizados, eliminando así potenciales factores de confusión que pudieran alterar la validez de los resultados.
- Se separaron los instrumentos en 4 grupos; 2 grupos de instrumentos Reciproc Blue: Sin esterilizar y Esterilizados, y 2 grupos de instrumentos Rec Blue Dentaline: Sin esterilizar y Esterilizados.
- Cada instrumento fue acoplado al contraángulo de la pieza de mano. Para el grupo control (instrumentos sin esterilizar), la programación del motor endodóntico se realizó siguiendo las especificaciones del fabricante. En contraste, para el grupo experimental (instrumentos esterilizados), se aplicó un protocolo de esterilización mediante autoclave, utilizando un ciclo de 134 °C durante 20 minutos, repetido en cinco ocasiones.

- Los instrumentos Rec Blue Dentaline y Reciproc Blue VDW se utilizaron bajo la programación de movimiento 'Reciproc'. Antes de iniciar la rotación dentro del sistema de prueba, se efectuó una lubricación apical del conducto artificial mediante la administración de aceite sintético específico para componentes mecánicos (Super Oil; Singer Co Ltd) a través de una cánula fina y flexible, asegurando una aplicación precisa. El tiempo exacto hasta la fractura de cada instrumento fue cronometrado con precisión. De forma simultánea, la totalidad del proceso, desde la inserción inicial del instrumento en el dispositivo hasta su eventual separación, fue registrada exhaustivamente mediante videografía con una cámara estática sobre un trípode para una observación minuciosa. Una vez identificada la fractura, se procedió a la remoción de la pieza de mano junto con su sistema de fijación, seguida de la extracción del instrumento fracturado del contraángulo. Posteriormente, se manipuló la cubierta del dispositivo para acceder y extraer el fragmento separado, el cual fue medido utilizando una regla endodóntica calibrada.
- Para obtener mayor precisión, se tomaron imágenes con la cámara del celular Samsung Galaxy S24 Ultra de todas las mediciones. Este procedimiento se ejecutó de la misma forma para cada instrumento usado en este estudio.
- De manera simultánea a cada ensayo realizado, los datos generados fueron documentados sistemáticamente en formularios de recolección diseñados específicamente para este estudio. El protocolo experimental se organizó en cuatro grupos bien definidos: dos grupos se enfocaron exclusivamente en la evaluación de instrumentos que no habían sido sometidos a esterilización, mientras que los dos grupos restantes se dedicaron al análisis de instrumentos que sí habían pasado por un proceso de esterilización.

1.2. Instrumentos

a. Instrumento documental

a.1 Precisión del instrumento

Se empleó una ficha de recolección de datos, para consignar la información de la variable operacionalizada.

a.2 Estructura del instrumento

VARIABLE	INDICADORES	SUBINDICADORES	ÍTEM
Variable Dependiente 1 y 2: Resistencia a la Fatiga Cíclica de Sistemas Reciprocantes de Níquel- Titanio ("Reciproc Blue VDW" y "Rec Blue Dentaline")	Tiempo de Fractura	Segundos	(1)
Variable Independiente: Esterilización en Autoclave	Si (Esterilizado) No (Sin esterilizar)	Unidades Numéricas	(2)

a.3. Modelo del instrumento

Anexo 01

b. Instrumentos mecánicos

- 20 limas rec blue dentaline
- 20 limas reciproc blue vdw
- Aceite sintético
- Punta fina para aplicar irrigante
- Motor de Endodoncia E-Connect Pro (Eigteeth)

- Dispositivo metálico con conductos artificiales FANTA
- Pinzas
- Base de madera
- Tornillos para base de madera
- Trípode o soporte para cámara
- Cámara de Samsung Galaxy S24 Ultra
- Esterilización de autoclave
- Laptop
- Soporte de Silicona para fijar pieza de mano
- Cronometro
- Regla

1.3. Materiales de verificación

- Barbijo
- Jeringa de 5ml
- Guantes descartables
- Materiales de escritorio

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ubicación espacial

a. Ámbito general

Ciudad de Arequipa.

b. Ámbito específico

Laboratorio en consulta privada.

2.2. Ubicación temporal

La investigación se realizó el Semestre par 2025, es de tipo coyuntural y actual; de desarrollo longitudinal.

2.3. Unidades de estudio

El presente trabajo de investigación tomó como unidades de estudio: 40 instrumentos reciprocantes los cuales fueron divididos en 4 grupos (rec blue sin esterilizar, rec blue esterilizada, reciproc blue esterilizada, reciproc blue sin esterilizar) cada uno de 10 unidades de estudio.

a. Opción

Se optó por la opción de grupos.

b. Identificación de los grupos

GE1: Reciproc Blue vdw Sin esterilizar

GE2: Rec Blue denteline Sin esterilizar

GE3: Reciproc Blue vdw Esterilizada

GE4: Rec Blue denteline Esterilizada

c. Criterios para igualar los grupos

c.1. Criterios de inclusión

- Instrumentos de níquel titanio con tratamiento térmico
- Instrumentos de 25 mm de longitud
- Cinemática oscilatoria (reciprocante) de 30/150 ccw
- Instrumentos diámetro 25
- Conicidad taper de 8%
- Instrumentos nuevos
- Instrumentos esterilizados

c.2. Criterios de exclusión

- Instrumentos de acero inoxidable
- Cinemática reciprocante
- Cinemática rotatoria antihoraria
- Instrumentos de diámetro distinto a 25
- Conicidad o taper mayor o menor de 8%
- Instrumentos usados

d. Tamaño muestral

40 unidades de estudio.

3. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. Organización

- Se pidió autorización a la facultad de odontología para realizar la investigación
- Autorización de docentes asignado
- Coordinación
- Se prepararon las unidades de estudio
- Se realizó la prueba piloto
- Se recolectarán los datos

3.2. Recursos

a. Recursos Humanos

a.1. Investigador : C.D. Frank Anthony Beltrán Quenaya

a.2. Asesor : C.D. Javier Lucho Valero Quispe.

b. Recursos Físicos

Representados por las disponibilidades ambientales e infraestructurales del laboratorio.

c. Recursos Económicos

El presupuesto fue autofinanciado por el investigador.

3.3. Prueba piloto

a. Tipo de prueba:

Incluyente.

b. Muestra piloto:

Corresponde al 10%.

c. Recolección piloto:

Administración preliminar de la ficha de registro a la muestra piloto.

4. ESTRATEGIA PARA MANEJAR LOS RESULTADOS

4.1. Plan de procesamiento de los datos

a. Tipo de procesamiento

Manual y computarizada (SPSS Versión 26).

b. Operaciones del procesamiento

b.1. Clasificación

La información obtenida fue ordenada en una matriz de registro y control.

b.2. Codificación

Se utilizó la codificación de la variable e indicadores acorde al paquete estadístico.

b.3. Conteo

Se utilizaron matrices de recuento.

b.4. Tabulación

Se construyeron tablas de doble entradas.

4.2. Plan de análisis de datos

a. Tipo de análisis

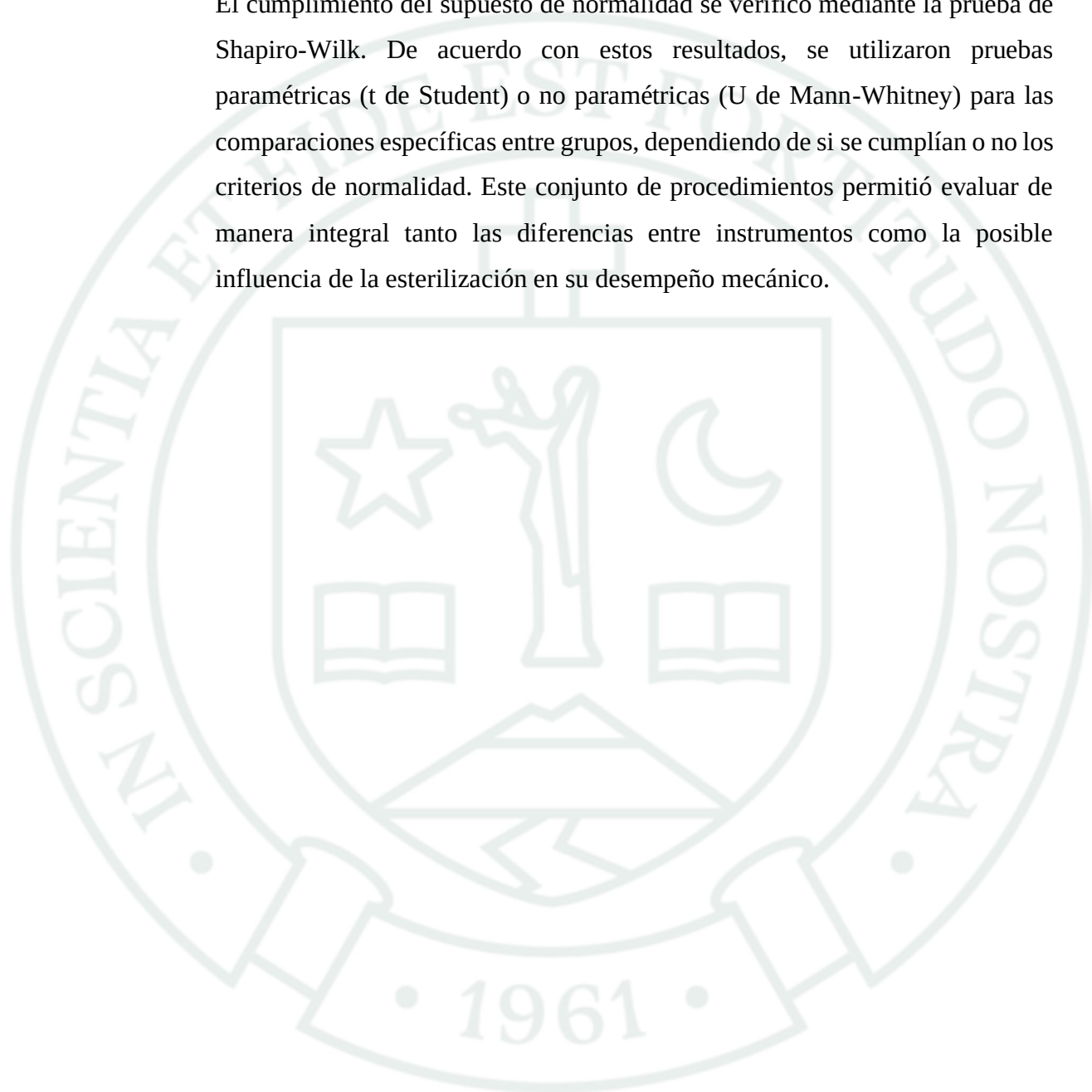
Cuantitativo, bifactorial, bivariado.

b. Tratamiento estadístico utilizado:

Se emplearon estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) para resumir el tiempo hasta la fractura y el número de ciclos antes de la fractura en cada combinación de instrumento y condición de esterilización. Posteriormente,

se aplicó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA de efectos fijos con sumas de cuadrados tipo III) para determinar el efecto principal del tipo de esterilización, el tipo de instrumento y su interacción sobre la resistencia a la fatiga cíclica.

El cumplimiento del supuesto de normalidad se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. De acuerdo con estos resultados, se utilizaron pruebas paramétricas (t de Student) o no paramétricas (U de Mann-Whitney) para las comparaciones específicas entre grupos, dependiendo de si se cumplían o no los criterios de normalidad. Este conjunto de procedimientos permitió evaluar de manera integral tanto las diferencias entre instrumentos como la posible influencia de la esterilización en su desempeño mecánico.



CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados descriptivos

Tabla 1.

Descriptivos por tiempos de fractura y números de ciclos antes de la fractura de acuerdo con tipo de instrumento y esterilización

	Instrumento	Tipo de esterilización	N	Media
Tiempo de fractura	DL	SE	10	364
		CE	10	463
	VDW	SE	10	528
		CE	10	546
Número de ciclos	DL	SE	10	1821
		CE	10	2315
	VDW	SE	10	2639
		CE	10	2731

Nota. DL: Blue Dentaline. VDW: Reciproc Blu VDW. SE: sin esterilización. CE: con esterilización.

- En relación con el primer objetivo, orientado a precisar el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica del sistema REC BLUE DENTALINE sin autoclavar, se observó que el tiempo medio hasta la fractura fue de 364 segundos; el número medio de ciclos alcanzado fue de 1821; estos datos corresponden al grupo no esterilizado (CE) del instrumento DL.
- Respecto con el segundo objetivo, correspondiente a la evaluación del sistema RECIPROC BLUE VDW sin esterilización previa, el tiempo medio hasta la fractura alcanzó los 528 segundos; el número medio de ciclos fue de 2639; estos valores reflejan el desempeño del grupo CE del instrumento VDW.
- En cuanto al tercer objetivo que busca precisar el tiempo de resistencia del sistema REC BLUE DENTALINE autoclavado, se obtuvo un tiempo medio de fractura de 463 segundos; el promedio de ciclos fue de 2315; correspondiendo ambos al grupo esterilizado (SE) del instrumento DL.
- Por último, el cuarto objetivo, relacionado con el sistema RECIPROC BLUE VDW autoclavado, mostró un tiempo medio de fractura de 546 segundos; el número medio de

ciclos registrado fue de 2731; ambos valores son propios del grupo SE del instrumento VDW.

3.2. Resultados inferenciales

Tabla 2.

Análisis de varianza (ANOVA) de dos factores, con interacción

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	202713,979 ^a	3	67,571	3.833	0.018
Intersección	9038495.041	1	9,038,495	512.744	0.000
Tipo de esterilización	34327.881	1	34,328	1.947	0.171
Instrumento	152201.569	1	152,202	8.634	0.006
Tipo de esterilización x Instrumento	16184.529	1	16,185	0.918	0.344
Error	634597.180	36	17,628		
Total	9875806.200	40			
Total corregido	837311.159	39			

Para abordar el objetivo de determinar si la esterilización en autoclave influyó en la resistencia a la fatiga cíclica antes de la fractura, se aplicó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA Tipo III), como se aprecia en la Tabla 2, considerando como variables independientes el tipo de esterilización (autoclavado vs. no autoclavado) y el tipo de instrumento (DL vs. VDW), así como su interacción.

Los resultados mostraron que el tipo de esterilización no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica ($F = 1.947$; $p = 0.171$); sin embargo, sí se observó una diferencia significativa en función del tipo de instrumento ($F = 8.634$; $p = 0.006$); la interacción entre esterilización e instrumento no resultó significativa ($F = 0.918$; $p = 0.344$); estos hallazgos sugieren que la variabilidad observada se explica principalmente por el tipo de sistema recíprocante, no por la condición de esterilización.

Tabla 3.*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk*

			Shapiro-Wilk	
	Instrumento - procedimiento	N	W	P
Tiempo de fractura	DL - CE	10	0.838	0.042
	DL- SE	10	0.930	0.447
	VDW-SE	10	0.939	0.543
	VDW-CE	10	0.869	0.096

Nota. DL: Blue Dentaline. VDW: Reciproc Blu VDW. SE: sin esterilización. CE: con esterilización.

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de la Tabla 3 permitió evaluar si los datos del tiempo de fractura, correspondientes a cada combinación de instrumento y tipo de esterilización, seguían una distribución normal; los resultados indicaron que tres de los cuatro grupos analizados presentaron distribución normal, ya que sus valores de p fueron mayores a 0.05: Rec Blue Dentaline sin esterilizar ($p = 0.447$), Reciproc Blue VDW sin esterilizar ($p = 0.543$) y Reciproc Blue VDW esterilizado ($p = 0.096$); sin embargo, el grupo Blue Dentaline esterilizado presentó un valor de $p = 0.042$, lo que indica que no cumple con el supuesto de normalidad; esta condición limita la posibilidad de aplicar pruebas paramétricas para comparar medias entre los grupos, por lo tanto, corresponde utilizar pruebas no paramétricas para contrastar las diferencias observadas.

Tabla 4.

Comparación del tiempo de fractura entre condiciones de esterilización en cada sistema de instrumentación recíprocante (Blue Dentaline y Reciproc Blue VDW) mediante prueba de diferencia de medias

Condición de esterilización	Marca	N	Media	DE	P
Con esterilización	DL	10	364	88	0.000
	VDW	10	528	43.5	
Sin esterilización	DL	10	463	245	0.52
	VDW	10	546	29.6	

Nota. Se utilizó la prueba t de Student para la comparación entre instrumentos bajo condición de esterilización; para la comparación sin esterilización se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, debido a la ausencia de normalidad en uno de los grupos.

Tabla 5.

Comparación del tiempo de fractura entre Blue Dentaline y Reciproc Blue VDW con esterilización en autoclave mediante prueba de diferencia de medias

Marca	Condición de esterilización	N	Media	DE	P
DL	SE	10	364	88	0.393
	CE	10	463	245	
VDW	SE	10	528	43.5	0.284
	CE	10	546	29.6	

Nota. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para la comparación entre condiciones de esterilización en el sistema Blue Dentaline, debido a la ausencia de normalidad en uno de los grupos; en el caso del sistema Reciproc Blue VDW se aplicó la prueba t de Student, al cumplirse el supuesto de normalidad.

Al analizar los resultados detallados en las Tablas 4 y 5, en conjunto con los hallazgos globales del ANOVA de dos factores (Tabla 2), se busca verificar si la esterilización influyó en la resistencia a la fatiga cíclica, y si existen diferencias entre los sistemas de instrumentación recíprocante evaluados. En la Tabla 4, se observa que, bajo condición de esterilización, el sistema Reciproc Blue VDW presentó un tiempo de fractura

significativamente mayor que el sistema Blue Dentaline; esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p = 0.000$), lo que indica que, en presencia de autoclave, Reciproc Blue VDW ofrece mayor resistencia. En cambio, en la condición sin esterilización, aunque las medias favorecieron nuevamente a Reciproc Blue VDW, la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = 0.52$); esto sugiere que la ventaja del sistema Reciproc Blue VDW frente a Blue Dentaline se expresa con mayor claridad tras la esterilización, aunque no puede afirmarse que dependa directamente de ella.

En la Tabla 5, se examina si dentro de cada sistema hubo un cambio en el comportamiento tras la esterilización; para Blue Dentaline, el tiempo de fractura fue mayor con esterilización (media = 463 segundos) que sin ella (media = 364 segundos), pero esta diferencia no alcanzó significación estadística ($p = 0.393$); en Reciproc Blue VDW ocurrió algo similar: el tiempo de fractura fue ligeramente inferior tras la esterilización (528 vs. 546 segundos), aunque sin diferencia significativa ($p = 0.284$); estos resultados indican que el tratamiento térmico asociado al autoclave no modificó significativamente la resistencia a la fatiga cíclica en ninguno de los sistemas analizados.

Lo anterior coincide con los resultados del análisis de varianza (ANOVA), que mostró que el tipo de esterilización no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el tiempo de fractura ($p = 0.171$), ni se encontró interacción significativa entre el tipo de esterilización y el tipo de instrumento ($p = 0.344$); en cambio, sí se detectó una diferencia significativa en función del tipo de instrumento ($p = 0.006$), lo que confirma que la mayor resistencia a la fractura se explica por las características propias del sistema Reciproc Blue VDW, y no por la acción del autoclave.

En función de estos resultados:

- Se acepta la hipótesis de que *el sistema Reciproc Blue VDW presenta mejor resistencia a la fatiga cíclica que Blue Dentaline*, ya que se observaron diferencias significativas, especialmente bajo condición de esterilización, y el ANOVA confirmó que el tipo de instrumento fue un factor determinante.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, la esterilización en autoclave no modificó de forma global la resistencia a la fatiga cíclica ($p = 0.171$), mientras que el tipo de instrumento sí mostró un efecto significativo, evidenciando un desempeño promedio superior del sistema Reciproc Blue VDW frente a Rec Blue Dentaline ($p = 0.006$). Este resultado coincide con los hallazgos de Khudhur et al. (55) y de Ornelas Peraça et al. (57), quienes también reportaron que la esterilización en autoclave, incluso tras varios ciclos, no altera significativamente la resistencia de los instrumentos de níquel-titanio tratados térmicamente. Asimismo, la ventaja del sistema VDW concuerda con lo descrito por Özdemir y Toplu (61), quienes hallaron que Reciproc Blue presenta una resistencia superior frente a otros instrumentos reciprocantes en condiciones controladas. En contraste, estudios como el de Tovar Figueroa (58) y Taboada Cordero (59) evidencian que las diferencias entre marcas no siempre son consistentes, lo que sugiere que la geometría, la aleación y las condiciones de prueba (curvatura, temperatura o medio de ensayo) pueden influir en los resultados, tal como también lo discuten Keskin et al. (60).

Además, en el presente análisis, dentro de la condición esterilizada (CE), el sistema VDW superó significativamente a DL ($p < 0.001$); sin embargo, la interacción Marca $\times$ Esterilización no alcanzó significancia ($p = 0.344$). Esto indica que, aunque VDW mostró un mejor rendimiento tras el autoclave, no existe evidencia estadística suficiente para atribuir dicha diferencia exclusivamente al proceso de esterilización. En conjunto, y considerando los antecedentes revisados, los hallazgos refuerzan que la resistencia a la fatiga cíclica depende principalmente del tipo de instrumento (marca), mientras que la esterilización no ejerce un efecto global negativo bajo las condiciones de este ensayo (reciprocación, conducto metálico estandarizado y un solo ciclo de autoclave).

La superioridad de Reciproc Blue VDW sobre Rec Blue Dentaline es consistente con la mecánica de las limas de níquel-titanio termo-tratadas: diferencias en el tratamiento térmico y en la geometría, como la sección transversal, la masa metálica efectiva, el ángulo helicoidal y la distancia entre espiras, permiten redistribuir mejor las tensiones de compresión y tracción que originan la fatiga cíclica, lo cual incrementa los ciclos hasta la fractura y reduce la variabilidad de los resultados. Esto coincide con lo descrito por Plotino et al. (51), quienes reportaron valores superiores para instrumentos con tratamientos térmicos avanzados.

Por otro lado, que la esterilización en autoclave no cambie de forma significativa la resistencia se entiende porque los ciclos clínicos habituales, entre 121 y 134 °C, no desplazan de manera relevante las temperaturas de transformación ni revierten el ajuste termomecánico que confiere flexibilidad y superelasticidad a las aleaciones de níquel-titanio. Por tanto, sus propiedades macroscópicas permanecen estables en condiciones controladas como las del estudio, tal como señalan Martins et al. (16) y Thomas et al. (54).

La evidencia experimental también respalda lo anterior. Plotino et al. (62) evaluaron instrumentos fabricados con distintas tecnologías metalúrgicas: K3, que corresponde a NiTi convencional; Mtwo (marca), también de NiTi tradicional; y Vortex, elaborado con la aleación termo-tratada M-Wire. Después de 10 ciclos de autoclave, estos sistemas mostraron variaciones mínimas y no significativas entre la condición esterilizada y la no esterilizada (K3: 439 vs. 424 ciclos; Mtwo: 419 vs. 409 ciclos; Vortex: 480 vs. 454 ciclos), lo que confirma que el autoclave no altera de forma apreciable la resistencia a la fatiga en estas aleaciones.

En contraste, los cambios metalúrgicos relevantes solo ocurren cuando el NiTi es sometido a temperaturas considerablemente más elevadas. Yahata et al. (63) demostraron que tratamientos de 440 y 500 °C sí modifican de manera marcada el comportamiento del material, elevando las temperaturas de transformación y aumentando la flexibilidad, especialmente en el grupo tratado a 440 °C durante 30 minutos. Estas modificaciones dependen de procesos metalúrgicos que requieren temperaturas muy superiores a las alcanzadas por el autoclave, lo cual explica por qué los ciclos de esterilización clínica no inducen cambios comparables. En conjunto, esta evidencia refuerza que la esterilización por vapor no alcanza el umbral térmico necesario para alterar la microestructura del NiTi, siendo coherente con los resultados del presente estudio.

Finalmente, que la diferencia $VDW > DL$ sea significativa en condición esterilizada pero no en la no esterilizada no implica dependencia de la esterilización: el ANOVA no muestra interacción. Esto es coherente con que la resistencia a fatiga en conductos curvos depende sobre todo del diseño y la microestructura del instrumento, más que de ciclos térmicos moderados (Pruett, Clement, & Carnes, 1997).

En términos prácticos, los hallazgos sugieren que, en contextos clínicos donde se requiere esterilizar repetidamente los instrumentos, el uso de sistemas NiTi termo-tratados como Reciproc Blue VDW es una opción segura desde el punto de vista de la resistencia a la fatiga

cíclica, al menos bajo condiciones controladas similares a las del presente estudio. El hecho de que la esterilización en autoclave no reduzca de forma significativa el tiempo hasta la fractura implica que el profesional puede mantener protocolos estrictos de control de infecciones sin comprometer de manera relevante la durabilidad del instrumento. Además, la superioridad sistemática de Reciproc Blue VDW frente a Blue Dentaline indica que la elección del sistema de instrumentación tiene un impacto real sobre la vida útil funcional de las limas, lo que debe considerarse al planificar la relación costo–beneficio.

En el plano teórico, los resultados respaldan el enfoque de que la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos NiTi depende principalmente del diseño geométrico y de las características microestructurales derivadas del tratamiento térmico, más que de la exposición a ciclos de autoclave dentro de rangos clínicamente habituales. El hecho de que el factor de la marca resulte significativo mientras que la esterilización no lo sea, y que no se observe interacción entre ambos factores, aporta evidencia adicional a los modelos que enfatizan el rol de la sección transversal, el volumen metálico efectivo y las temperaturas de transformación de fase en la generación y acumulación de tensiones durante la instrumentación en conductos curvos. De este modo, el estudio contribuye a consolidar la idea de que las propiedades mecánicas de las aleaciones NiTi termo-tratadas son relativamente estables frente a ciclos térmicos moderados, y que las diferencias entre sistemas reciprocantes deben explicarse sobre todo desde el diseño y la ingeniería del instrumento.

Finalmente, el estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. El tamaño muestral se restringió a 40 limas, lo que reduce en cierta medida la potencia estadística; esta limitación estuvo directamente relacionada con el costo elevado de los instrumentos y con las restricciones financieras para adquirir un mayor número de unidades, dado que cada lima supone un gasto significativo cuando se destina exclusivamente a ensayos.

CONCLUSIONES

Primera. Según el primer objetivo, que consistió en precisar el tiempo de resistencia a la fatiga cíclica del sistema Rec Blue Dentaline sin autoclavar, se obtuvo un tiempo promedio hasta la fractura de 463 segundos y un número medio de ciclos de 2315; esto sugiere un comportamiento estable en condiciones sin tratamiento térmico adicional.

Segunda. De acuerdo con el segundo objetivo, centrado en el sistema Reciproc Blue VDW sin esterilización previa, se registró un tiempo promedio de fractura de 546 segundos y un total de 2731 ciclos; estos resultados posicionan a este instrumento como el de mayor resistencia en condiciones sin esterilización.

Tercera. Según el tercer objetivo, que buscó establecer el tiempo de resistencia del sistema Rec Blue Dentaline tras la esterilización, se observó un tiempo medio de 364 segundos con 1821 ciclos; estas cifras indican una menor resistencia comparada con su versión sin esterilizar, aunque sin diferencia estadísticamente significativa.

Cuarta. En relación con el cuarto objetivo, orientado a evaluar la resistencia del sistema Reciproc Blue VDW autoclavado, se encontró un tiempo medio de fractura de 528 segundos y un número de ciclos de 2639; esto revela un alto desempeño incluso después del proceso de autoclave.

Quinta. Finalmente, respecto al quinto objetivo, que planteó determinar si la esterilización influyó en la resistencia a la fatiga cíclica, el análisis de varianza (ANOVA) no mostró efectos estadísticamente significativos del proceso de autoclave sobre la resistencia de los instrumentos evaluados; tampoco se encontró interacción entre la marca del instrumento y la esterilización, por lo tanto, se concluye que la variabilidad observada se explica principalmente por el tipo de sistema, no por la esterilización.

RECOMENDACIONES

Primera. Aunque el sistema Reciproc Blue VDW mostró mayor resistencia a la fatiga cíclica que Rec Blue Dentaline, la diferencia en tiempo de fractura no fue drástica; considerando que Rec Blue Dentaline tiene un costo significativamente menor (129 soles por 4 unidades), este sistema puede ser una alternativa razonable en entornos donde los recursos económicos son limitados o cuando se busca ofrecer tratamientos más accesibles al paciente sin comprometer en exceso la seguridad clínica. Esto resulta particularmente relevante en la práctica endodóntica peruana, donde la reutilización de instrumentos es común para mantener la competitividad económica del servicio.

Segunda. En situaciones donde se requiere esterilizar y reutilizar los instrumentos por razones de presupuesto, se recomienda optar por sistemas que mantengan una buena resistencia tras el autoclave; si bien Reciproc Blue VDW mostró un desempeño superior, ambos sistemas conservaron su funcionalidad tras la esterilización sin diferencias significativas; por tanto, la elección puede basarse en el equilibrio entre durabilidad y costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Marquis, VL, et al.** Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase III: initial treatment. abril 2006. Vol. 32, 4, pp. 299-306.
2. **Lynch, CD, O'Sullivan, VR and McGillicuddy, CT.** Pierre Fauchard: the 'father of modern dentistry. 2006. Vol. 201, 12, pp. 779-81.
3. **Mustafa, M.** Historical Perspective in Surgical Endodontics. 20016. Vol. 3, 2, pp. 1-7.
4. **Camejo Suarez, María.** Respuesta pulpar ante el recubrimiento pulpar directo - Revisión de la literatura. 1999. Vol. 37, 3.
5. **Kakehashi S, Stanley H, Fitzgerald R.** The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. setiembre 1965. Vol. 20, 3, pp. 340-49.
6. **Segura Egea, Juan.** *Obturación del sistema de conductos radiculares I. Objetivos. Principios. Materiales.* [Online] 2020. [Cited: octubre 12, 2022.] <https://personal.us.es/segurajj/documentos/PTD-III/Temas%20PTD-III/Leccion%209.%20Obturacion%20I.pdf>.
7. **Darabara, M, et al.** Assessment of elemental composition, microstructure, and hardness of stainless steel endodontic files and reamers. 2004. Vol. 30, 7, pp. 523-6.
8. **Goel, A, et al.** An Overview of Modern Endodontic Niti Systems. 2015. Vol. 4, pp. 595-7.
9. **John, M.** Percentage Taper Variation in Endodontic Files-A review. 2020. Vol. 1, 2, pp. 1643-46.
10. **Faus-Llacer, V, et al.** The Effect of Taper and Apical Diameter on the Cyclic Fatigue Resistance of Rotary Endodontic Files Using an Experimental Electronic Device. 2021. Vol. 11, 5, p. 863.

11. **Roda-Casanova, V, et al.** Influence of Cross-Section and Pitch on the Mechanical Response of NiTi Endodontic Files under Bending and Torsional Conditions—A Finite Element Analysis. 2011. Vol. 11, 2, pp. 53-7.
12. **Agarwal, S, Nagpal, R and Singh, U.** NiTi Endodontics: Contemporary Views Reviewed. 2018. Vol. 5, 4, p. 1112.
13. **Grande, N, et al.** Modern endodontic NiTi systems: Morphological and technical characteristics part I: «New generation» NiTi systems. 2005. Vol. 5, pp. 11-6.
14. **Dziedzic, A, Talik, E and Patrycja, G.** Comparative study of the microstructure and chemical composition of selected Ni-Ti endodontic instruments systems. 2012. Vol. 2, 1.
15. **Correia, S, et al.** Phase Transformations in NiTi Endodontic Files and Fatigue Resistance. 2009.
16. **Martins, S, et al.** Influence of cyclic loading in NiTi austenitic and R-phase endodontic files from a finite element perspective. 2022. Vol. 26.
17. **Ruddle, CJ, Machtou, P and West, JD.** The shaping movement: fifth-generation technology. abril 2013. Vol. 32, 4, pp. 96-9.
18. **Pregled, V, et al.** Single-file endodontic treatment -a perspective endodontic concept. 2021. Vol. 79, 22.
19. **León, Y and Aquino, C.** Evolución de los sistemas rotatorios en endodoncia: propiedades y diseño. 2014. Vol. 21, p. 21.
20. **Pereira, ES, et al.** Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments. diciembre 2013. Vol. 29, 12, pp. e318-24.
21. **Ye, J and Gao, Y.** Metallurgical Characterization of M-Wire Nickel-Titanium Shape Memory Alloy Used for Endodontic Rotary Instruments during Low-cycle Fatigue. 2012. Vol. 38, pp. 105-7.

22. **International Association for Dental Research.** *Twisted File® Seems to be a Safer Endodontic Instrument.* [Online] 2012. [Cited: noviembre 20, 2022.] <https://iadr.abstractarchives.com/abstract/per12-167780/twisted-fileseems-to-be-a-safer-endodontic-instrument>.
23. **Ibarra Rodríguez, Elizabeth.** *Evaluación de dos diferentes técnicas de instrumentación rotatoria: Twisted Files y Bio Race.* Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León : s.n., 2014. Tesis para optar por Grado en Maestría en Ciencias Odontológicas con orientación en Endodoncia.
24. **Caicedo, R and Clark, SJ.** HyFlex CM rotary files: An excellent innovation for endodontic treatment. 2012. Vol. 4, 1, pp. 10-7.
25. **Gutiérrez Barreto, Javier, Cajamarca Medina, Diana and Monroy Navas, Johanna.** Alteraciones de la estructura de la lima primaria posterior a su uso / Structural Alterations of Primary File after Use. 2015. Vol. 34, 73.
26. **Yared, G.** Reciproc blue: The new generation of reciprocation. 2017. Vol. 31, 4.
27. **Zambrano, J.E. and Pérez, F.J.** *Desgaste coronal de los sistemas waveone gold y reciproc blue revisión sistemática.* Universidad de Cartagena. Colombia : s.n., 2022. Trabajo de grado - Especialización.
28. **Singh, H.** Hyflex CM and EDM Files: Revolutionizing the Art and Science of Endodontics. Journal of Dental Health. 2016. Vol. 5.
29. **Davis Schottlander & Davis Limited.** *Endodontics.* [Online] 2020. [Cited: noviembre 30, 2022.] <https://www.schottlander.com/product/endodontics/xp-endo-shaper/xp-endo-shaper>.
30. **Terrazas Ríos, Tania Abigail, et al.** Accidentes de procedimiento endodóntico. Presentación de un caso. julio-setiembre 2011. Vol. 15, 3, pp. 183-188.
31. **Walton, RE and Torabinejad, M.** *Endodoncia principios y práctica; accidentes de procedimiento.* segunda. México : McGraw-Hill Interamericana, 1997. pp. 329-336.
32. **Rosales, A.** Perforación radicular en el procedimiento endodóntico. mayo-junio 2013. Vol. III.

33. **Pires-Acevedo, Joana and Margusino, Cristina.** Enfisema subcutáneo tras manipulación odontológica. octubre 2019. Vol. 80, 4, p. 82.
34. **Gutmann, JL and Lovdahl, PE.** Problems encountered in tooth isolation and access to the pulp chamber space. In: Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ, editors. Problem solving in endodontics. 1997. pp. 47-67.
35. **Grossmon, L.** *Endodontic practice*. Octava. Filadelfia : Lea & Febiger, 1974.
36. **Dandeka, Nikita and Winnier, J.** Ingestion and Retrieval of protaper endodontic file in a 9 year old child. Noviembre 2017. Vol. 9, 11.
37. **Kim, S.** Principles of endodontic microsurgery. 1997. Vol. 41, 3, pp. 481-97.
38. **Marion, J, et al.** Accidents and complications in Endodontics caused by sodium hypochlorite: literature review. 2013. mayo-agosto 2013. Vol. 3, 2, pp. 64-9.
39. **Botia, K, et al.** Accidente con hipoclorito de sodio durante la terapia endodóntica. 2018. Vol. 55, 2.
40. **Pruett, JP, Clement, DJ and Carnes, DL.** Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. 1997. Vol. 23, 2.
41. **Kwak, S, et al.** Torque Generation of the Endodontic Instruments: A Narrative Review. enero 2022. Vol. 15, 2.
42. **Çapar, ID and Arslan, H.** A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel-titanium instruments. febrero 2016. Vol. 49, 2, pp. 119-35.
43. **Endodontics: Stepback Shaping of the Root Canal .** *Endodontics: Stepback Shaping of the Root Canal (Maxillary Central Incisor)* . [Online] 2006. [Cited: noviembre 30, 2022.] <https://ccnmtl.columbia.edu/projects/virtechs2006/pdfs/endostepbackshaping.pdf>.
44. **El-Kishawi, M and Khalaf, K.** An Update on Root Canal Preparation Techniques and How to Avoid Procedural Errors in Endodontics. 2021. Vol. 15, pp. 318-24.
45. **Hurt, CA and Rossman, LE.** The sterilization of endodontic hand files. junio 1996. Vol. 22, 6.

46. **Venkatasubramanian, R, Jayanthi, Das and Bhatnagar, S.** Comparison of the effectiveness of sterilizing endodontic files by 4 different methods: an in vitro study. enero-marzo 2010. Vol. 28, 1, pp. 2-5.
47. **Costa, TD, et al.** Corrosion resistance assessment of nickel-titanium endodontic files with and without heat treatment. 2021. Vol. 46, 1.
48. **Han-Hsing, Lin, Karabucak, B and Lee, SM.** Effect of sodium hypochlorite on conventional and heat-treated nickel-titanium endodontic rotary instruments - An in vitro study. 2021. Vol. 16, 2, pp. 738-43.
49. **Nino-Barrera, J, et al.** Shot peening increases resistance to cyclic fatigue fracture of endodontic files. 2021. Vol. 11, 1, p. 12961.
50. **Singh, K, et al.** Endodontic rotary systems - A Review. 2016. Vol. 4, 4, pp. 62-66.
51. **Plotino, G, Grande, NM and Porciani, PF.** Deformation and fracture incidence of Reciproc instruments: a clinical evaluation. 2015. Vol. 48, 2, pp. 199-205.
52. **Silva, E, et al.** Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Four Martensite-Based Nickel Titanium Reciprocating Instruments. 2020. Vol. 5, 3, pp. 231-5.
53. **Ribeiro Camargo, CH, et al.** Cyclic fatigue, torsional failure, and flexural resistance of rotary and reciprocating instruments. 2020. Vol. 23, 4, pp. 364-9.
54. **Thomas, LP, Bebermeyer, RD and Dickinson, SK.** Methods of dental instrument processing, sterilization, and storage--a review. 2005. Vol. 122, 10, pp. 1048-53.
55. **Khudhur, Sura Yaseen.** The impact of autoclave sterilization on Cyclic fatigue of Niquel-titanium Rotatory Endodontic instruments. Febrero de 2025. Vol. 1, 1.
56. **Pedro-Muñoz, Ana de.** Cyclic Fatigue Resistance of Rotary versus Reciprocating Endodontic Files: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2024. Vol. 13, 882.
57. **Peraça, VO, et al.** Effect of number of uses and sterilization on the instrumented area and resistance of reciprocating instruments. abril 2021. Vol. 46, 2.
58. **Tovar Figueroa, Priscilla Belén.** *Comparación in vitro de resistencia a la fatiga cíclica entre dos sistemas reciprocantes de aleación niquel-titanio blue, reciproc*

blue y AF blue R3 reciprocating, en un conducto curvo artificial Arequipa-2021. Universidad Católica de Santa María. Arequipa : s.n., 2021. p. 23, Tesis para Título Profesional.

59. **Taboada Cordero, Katty Lourdes.** *Resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas de acción alternada.* Universidad Inca. Lima : s.n., 2020. Tesis para Título Profesional.
60. **Keskin, C, et al.** Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. agosto 2017. Vol. 43, 8.
61. **Özdemir, ÖS and Toplu, D.** Comparing the cyclic fatigue resistances of Reciproc Blue and Rotate instruments in simulated severe apical curvature. 2021. Vol. 6, pp. 71-75.
62. **Plotino, Gianluca, et al.** Experimental Evaluation on the Influence of Autoclave Sterilization on the Cyclic Fatigue of New Nickel-Titanium Rotary Instruments. 2012. Vol. 38, 2, pp. 222-225.
63. **Yahata, Y., et al.** Effect of heat treatment on transformation temperatures and bending properties of nickel–titanium endodontic instruments. 2009. Vol. 1, 42, pp. 621-626.



Anexo 1.

Ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS VDW					N° DE LOTE	CONVERSIÓN DE MINUTOS A SEGUNDOS
GRUPO	NÚMERO DE MUESTRA	TIEMPO DE FRACTURA (MIN)	NÚMERO DE CICLOS	LONGITUD DEL INSTRUMENTO (MM)		
SIN ESTERILIZAR	1	09.15.35	2715	4	394155	543
	2	05.33.25	2745	3	394155	549
	3	09.25.56	2745	3.5	394155	549
	4	08.30.33	2490	4	394155	498
	5	10.19.08	3057	4.5	394155	611.4
	6	09.35.08	2805	4	394155	561
	7	08.57.02	2570	4	394155	514
	8	09.15.42	2715	4.5	394155	543
	9	09.26.35	2745	4	394155	549
	10	09.08.04	2724	4	394155	544.8
ESTERILIZADO	1	08.07.06	2610	5	394155	522
	2	09.09.25	2970	5	394155	594
	3	09.24.57	2722	4	394155	544.4
	4	07.34.14	2202	4.5	394155	440.4
	5	09.54.56	2860	5	394155	572
	6	08.42.25	2526	4	394155	505.2
	7	08.52.55	2556	3.5	394155	511.2
	8	08.56.06	2568	4	394155	513.6
	9	08.05.59	2550	4	394155	510
	10	09.43.21	2829	4	394155	565.8
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DENTLINE					N° DE LOTE	CONVERSIÓN DE MINUTOS A SEGUNDOS
GRUPO	NÚMERO DE MUESTRA	TIEMPO DE FRACTURA (SEG)	NÚMERO DE CICLOS	LONGITUD DEL INSTRUMENTO (MM)		
SIN ESTERILIZAR	1	11.55.36	3465	9	220418W02	693
	2	11.09.55	3570	9	220418W02	714
	3	03.20.21	960	7	220418W02	192
	4	05.05.22	1650	7	220418W02	330
	5	10.42.01	3126	9	220418W02	625.2
	6	02.08.44	840	9	220418W02	168
	7	01.23.26	369	8.5	220418W02	73.8
	8	10.05.06	3150	9	220418W02	630
	9	10.49.08	3147	8.5	220418W02	629.4
	10	09.59.01	2877	9	220418W02	575.4
ESTERILIZADO	1	06.18.38	1854	9	220418W02	370.8
	2	06.44.24	1932	6	220418W02	386.4
	3	09.12.36	2736	6	220418W02	547.2
	4	05.52.51	1656	6	220418W02	331.2
	5	05.00.26	1500	9	220418W02	300
	6	06.06.39	1980	9	220418W02	396
	7	03.35.22	1005	9	220418W02	201
	8	06.11.29	1833	6	220418W02	366.6
	9	05.59.12	1677	9	220418W02	335.4
	10	06.08.56	2040	9	220418W02	408

Anexo 2.

Validación de Ficha de recolección de datos por juicio de expertos

CARTA DE SOLICITUD DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Asunto: Solicitud Formal de Juicio de Expertos para Validación de Instrumento de Tesis

Estimado Dr(a):

Jorge Fernando Renduloh Gillegos

Me dirijo a usted en mi calidad de tesista de la especialidad de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Católica Santa María, con el objetivo de solicitar su valiosa colaboración como **Especialista en Endodoncia** para el proceso de **Validación de Contenido** del instrumento de mi tesis titulada: " EFECTO DE LA ESTERILIZACIÓN EN AUTOCLAVE SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DOS SISTEMAS RECIPROCANTES DE NÍQUEL-TITANIO "RECIPROC BLUE VDW" Y "REC BLUE DENTLINE" EN UN CONDUCTO ARTIFICIAL METÁLICO AREQUIPA – 2025".

Según las directrices de mi asesor, es fundamental que el instrumento sea validado por al menos tres (3) profesionales de su eminente trayectoria. Su juicio es crucial para asegurar que el instrumento posee la **rigurosidad científica, claridad, y pertinencia** necesarias para medir adecuadamente las variables de mi estudio en el campo de la Endodoncia.

Para facilitar esta tarea, adjunto los siguientes documentos:

1. **Instrumento Borrador** (Anexo A).
2. **Matriz de Operacionalización de Variables** (Anexo B).
3. **Ficha de Juicio de Expertos** (Anexo C).

Le agradecería enormemente que complete la Ficha de Juicio de Expertos, marcando los criterios de evaluación para cada ítem e incluyendo cualquier observación o sugerencia que considere pertinente para su optimización.

Agradeciendo de antemano su tiempo, experticia y colaboración con la investigación.

Atentamente,

FRANK ANTHONY BELTRAN QUENAYA

FICHA DE JUICIO DE EXPERTOS

ITEM	CLARIDAD	PERTINENCIA/RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	VALORACIÓN DE CUMPLIMIENTO
Tiempo de Fractura (Seg)	SI	SI	SI	SI	4
Número de Ciclos	SI	SI	SI	SI	4
Longitud del Instrumento Separado (Mm)	SI	SI	SI	SI	4

Por favor, evalúe cada ítem del instrumento adjunto según los criterios de validez de contenido propuestos. Responder "SI" o "NO" en las columnas de: Claridad (Se entiende la redacción), Pertinencia/Relevancia (Mide el Objetivo), Coherencia (Con la matriz de variables), Suficiencia (Necesario para el tema); en la columna de Valoración de Cumplimiento se debe calificar con números del 1 al 4 según la escala de Likert, donde: 1 es "Deficiente", 2 es "Regular", 3 es "Bueno" y 4 es "Muy Bueno".

Descargo y Conclusión: _____

Dr:

Jorge Francisco Rendulic Gallego
DNI 70007210

CARTA DE SOLICITUD DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Asunto: Solicitud Formal de Juicio de Expertos para Validación de Instrumento de Tesis

Estimado Dr(a): Victor Manuel Orchoa Rodriguez

Me dirijo a usted en mi calidad de tesista de la especialidad de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Católica Santa María, con el objetivo de solicitar su valiosa colaboración como **Especialista en Endodoncia** para el proceso de **Validación de Contenido** del instrumento de mi tesis titulada: " EFECTO DE LA ESTERILIZACIÓN EN AUTOCLAVE SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DOS SISTEMAS RECIPROCANTES DE NÍQUEL-TITANIO "RECIPROC BLUE VDW" Y "REC BLUE DENTALINE" EN UN CONDUCTO ARTIFICIAL METÁLICO AREQUIPA – 2025".

Según las directrices de mi asesor, es fundamental que el instrumento sea validado por al menos tres (3) profesionales de su eminente trayectoria. Su juicio es crucial para asegurar que el instrumento posee la **rigurosidad científica, claridad, y pertinencia** necesarias para medir adecuadamente las variables de mi estudio en el campo de la Endodoncia.

Para facilitar esta tarea, adjunto los siguientes documentos:

1. **Instrumento Borrador** (Anexo A).
2. **Matriz de Operacionalización de Variables** (Anexo B).
3. **Ficha de Juicio de Expertos** (Anexo C).

Le agradecería enormemente que complete la Ficha de Juicio de Expertos, marcando los criterios de evaluación para cada ítem e incluyendo cualquier observación o sugerencia que considere pertinente para su optimización.

Agradeciendo de antemano su tiempo, experticia y colaboración con la investigación.

Atentamente,

FRANK ANTHONY BELTRAN QUENAYA

FICHA DE JUICIO DE EXPERTOS

ITEM	CLARIDAD	PERTINENCIA/RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	VALORACIÓN DE CUMPLIMIENTO
Tiempo de Fractura (Seg)	SI	SI	SI	SI	4
Número de Ciclos	SI	SI	SI	SI	4
Longitud del Instrumento Separado (Mm)	SI	SI	SI	SI	4

Por favor, evalúe cada ítem del instrumento adjunto según los criterios de validez de contenido propuestos. Responder "SI" o "NO" en las columnas de: Claridad (Se entiende la redacción), Pertinencia/Relevancia (Mide el Objetivo), Coherencia (Con la matriz de variables), Suficiencia (Necesario para el tema); en la columna de Valoración de Cumplimiento se debe calificar con números del 1 al 4 según la escala de Likert, donde: 1 es "Deficiente", 2 es "Regular", 3 es "Bueno" y 4 es "Muy Bueno".

Descargo y Conclusión: Se agregó a la lista de instrumentos,
la columna LOTE para evaluar fallas de fabricación
en caso existiesen.

Dr: Victor Manuel Ocho Rodriguez.
71043554

CARTA DE SOLICITUD DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Asunto: Solicitud Formal de Juicio de Expertos para Validación de Instrumento de Tesis

Estimado Dr(a): Javier Muñoz Valera

Me dirijo a usted en mi calidad de tesista de la especialidad de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Católica Santa María, con el objetivo de solicitar su valiosa colaboración como **Especialista en Endodoncia** para el proceso de **Validación de Contenido** del instrumento de mi tesis titulada: " EFECTO DE LA ESTERILIZACIÓN EN AUTOCLAVE SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DE DOS SISTEMAS RECIPROCANTES DE NÍQUEL-TITANIO "RECIPROC BLUE VDW" Y "REC BLUE DENTALINE" EN UN CONDUCTO ARTIFICIAL METÁLICO AREQUIPA – 2025".

Según las directrices de mi asesor, es fundamental que el instrumento sea validado por al menos tres (3) profesionales de su eminente trayectoria. Su juicio es crucial para asegurar que el instrumento posee la **rigurosidad científica, claridad, y pertinencia** necesarias para medir adecuadamente las variables de mi estudio en el campo de la Endodoncia.

Para facilitar esta tarea, adjunto los siguientes documentos:

1. **Instrumento Borrador** (Anexo A).
2. **Matriz de Operacionalización de Variables** (Anexo B).
3. **Ficha de Juicio de Expertos** (Anexo C).

Le agradecería enormemente que complete la Ficha de Juicio de Expertos, marcando los criterios de evaluación para cada ítem e incluyendo cualquier observación o sugerencia que considere pertinente para su optimización.

Agradeciendo de antemano su tiempo, experticia y colaboración con la investigación.

Atentamente,

FRANK ANTHONY BELTRAN QUENAYA

FICHA DE JUICIO DE EXPERTOS

ITEM	CLARIDAD	PERTINENCIA/RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	VALORACIÓN DE CUMPLIMIENTO
Tiempo de Fractura (Seg)	Si	Si	Si	Si	4
Número de Ciclos	Si	Si	Si	Si	4
Longitud del Instrumento Separado (Mm)	Si	Si	Si	Si	4

Por favor, evalúe cada ítem del instrumento adjunto según los criterios de validez de contenido propuestos. Responder "SI" o "NO" en las columnas de: Claridad (Se entiende la redacción), Pertinencia/Relevancia (Mide el Objetivo), Coherencia (Con la matriz de variables), Suficiencia (Necesario para el tema); en la columna de Valoración de Cumplimiento se debe calificar con números del 1 al 4 según la escala de Likert, donde: 1 es "Deficiente", 2 es "Regular", 3 es "Bueno" y 4 es "Muy Bueno".

Descargo y Conclusión: Los instrumentos presentados son adecuados y permiten una adecuada validación de contenido.

Dr: Jairo Yimi Valera
DNI 43321213 FPP

Anexo 3.

Prueba Piloto

La prueba piloto se ejecutó con el objetivo de **validar y estandarizar** la metodología experimental, confirmar la operatividad del dispositivo de fatiga cíclica, la consistencia de los instrumentos de medición, y la precisión en la recolección de datos.

Metodología de la Prueba Piloto

- **Tipo de Prueba:** Incluyente.
- **Muestra Piloto:** Correspondió al **10%** del tamaño muestral total (40 instrumentos), utilizando **4 instrumentos**.
 - Se seleccionó 1 instrumento de cada uno de los cuatro grupos de estudio definidos:
 1. GE1: Reciproc Blue VDW **Sin esterilizar**
 2. GE2: Rec Blue Dentaline **Sin esterilizar**
 3. GE3: Reciproc Blue VDW **Esterilizada** (5 ciclos de autoclave)
 4. GE4: Rec Blue Dentaline **Esterilizada** (5 ciclos de autoclave)
- **Protocolo:** Se aplicó el protocolo experimental detallado en el apartado de **Técnica**, incluyendo:
 - La fijación del dispositivo metálico con el conducto artificial.
 - La estandarización de la posición del motor E-Connect Pro con el soporte.
 - La lubricación del conducto artificial con aceite sintético.
 - El protocolo de esterilización en autoclave (134°C por 20 minutos, 5 veces) solo para los instrumentos de los grupos esterilizados (GE3, GE4).
 - El registro simultáneo del **Tiempo hasta la Fractura** (en segundos) con cronómetro digital y videografía.
 - La medición de la **Longitud del Fragmento Separado** (en mm).
 - El registro de los datos en la **Ficha de Recolección de Datos**.

Resultados y Matriz de Datos Piloto

Los resultados preliminares obtenidos de la administración de la ficha de registro a la muestra piloto se presentan en la siguiente matriz de datos:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS VDW

Grupo	Tiempo de Fractura	Número de Ciclos	Longitud del Instrumento
Sin Esterilizar	09.15.35	2715	4
Esterilizado	08.07.06	2610	5

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DENTALINE

Grupo	Tiempo de Fractura	Número de Ciclos	Longitud del Instrumento
Sin Esterilizar	11.55.36	3465	9
Esterilizado	06.18.38	1854	9

El Número de Ciclos se obtiene de la conversión del Tiempo de Fractura (segundos) multiplicando por la frecuencia del movimiento recíprocante (50 ciclos/seg. o 3000 ciclos/min.) según las especificaciones del fabricante. El cálculo debe ser riguroso basado en el movimiento 30/150 ccw. (5 Hz = 5 ciclos/segundo o 300 ciclos/minuto).

Conclusiones de la Prueba Piloto

Los resultados de la prueba piloto permitieron confirmar los siguientes aspectos:

- **Viabilidad Técnica:** Se comprobó el correcto funcionamiento del dispositivo de fatiga cíclica y la estandarización del posicionamiento del motor endodóntico, asegurando la **repetibilidad** de las condiciones de prueba entre los instrumentos¹⁶.
- **Protocolo de Esterilización:** El protocolo de autoclave de 5 ciclos a 134°C durante 20 minutos ¹⁷ fue aplicado sin incidentes, confirmando la logística para el grupo experimental.
- **Instrumento de Recolección de Datos:** La **Ficha de Recolección de Datos** se demostró eficiente para registrar las variables de tiempo de fractura y longitud del fragmento, sin encontrar ambigüedades o errores de registro¹⁸. La validación previa por juicio de expertos (Anexo 2) también confirmó su rigor científico¹⁹.

No se identificaron problemas metodológicos que requirieran ajustes en el protocolo experimental antes de iniciar la recolección de la muestra principal.



Anexo 4.

Secuencia Fotográfica



Stock de Limas Endodónticas (Reciproc Blue VDW y Rec Blue Dentaline)



Información de Manufacturación VDW



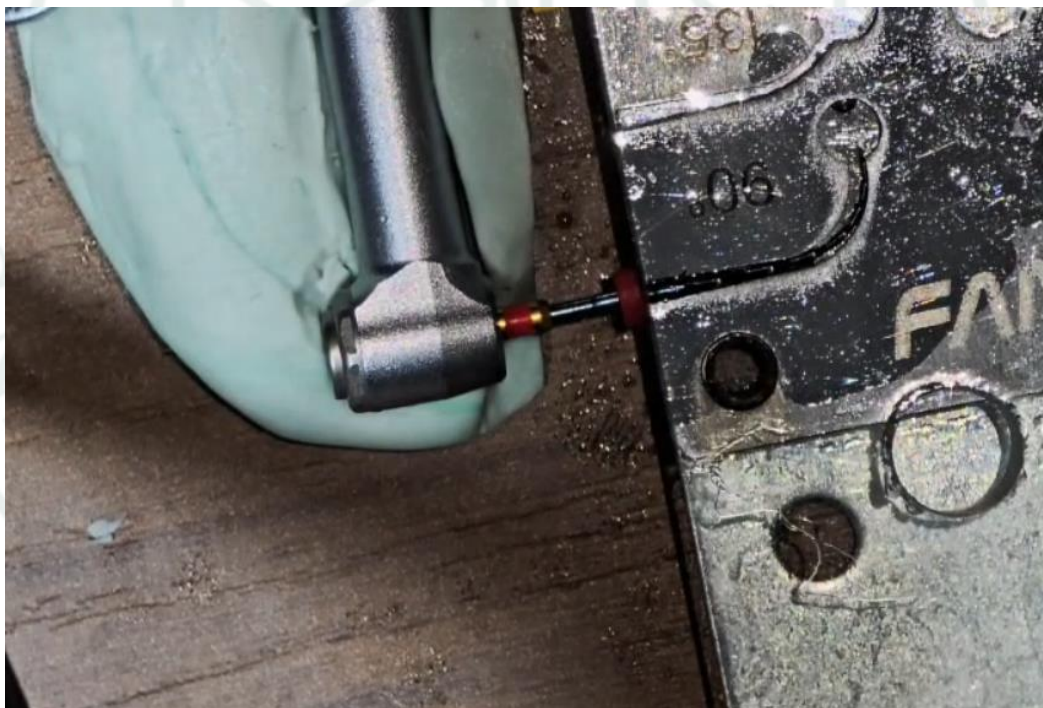
Información de Manufacturación Dentaline.



Autoclave de esterilización.



Dispositivo metálico Fanta de conductos artificiales.



Conducto Artificial con curvatura de 90°



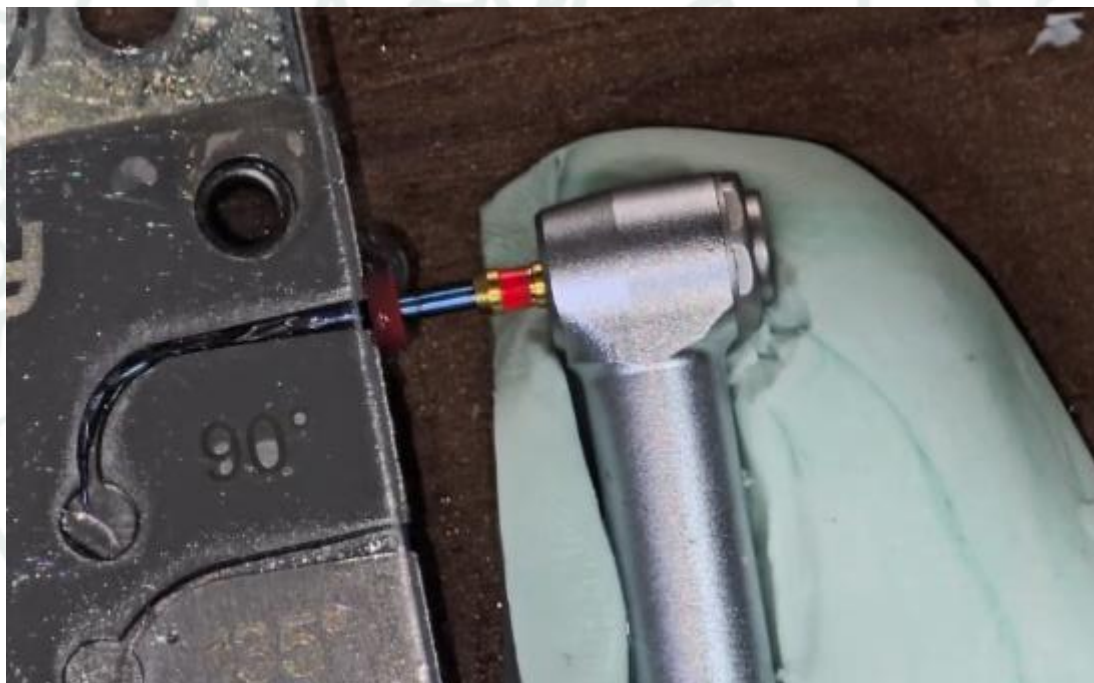
Eliminación de Goma de Seguridad de esterilización de limas VDW



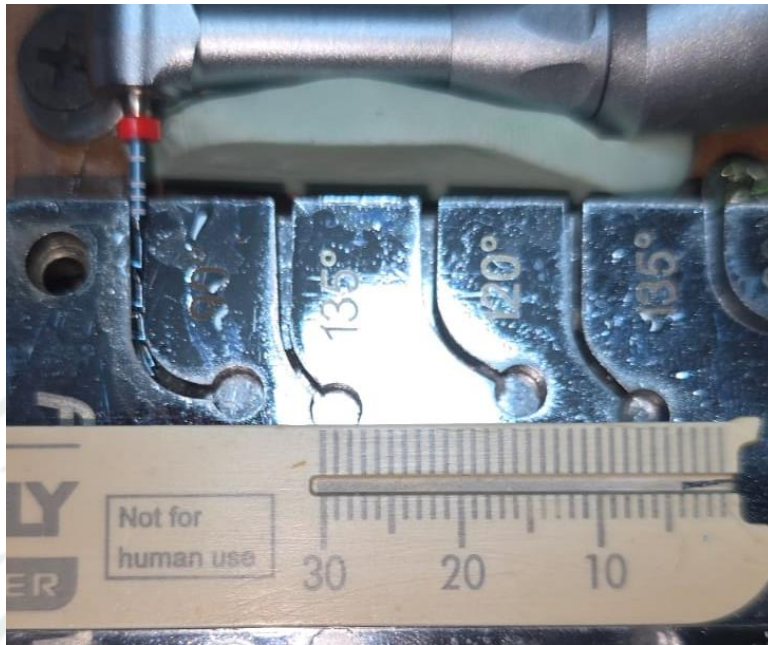
Procedimiento 1 VDW



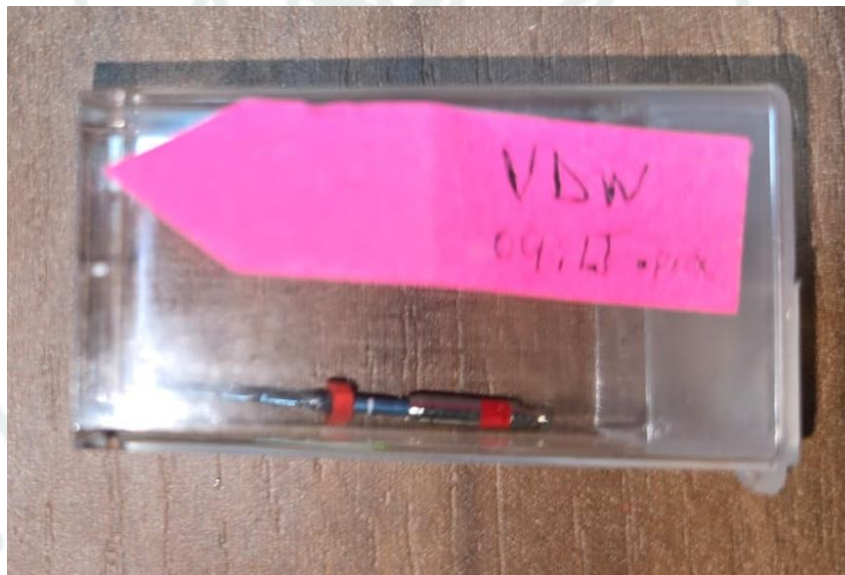
Procedimiento 3 Dentaline



Captura de la separación de instrumento.



Regla con el instrumento separado



Rotulado de muestras.



Almacenamiento de muestras.

