



Cláusula de cesión de derecho de publicación de tesis

Yo: **Angélica Aidee Padilla Velasquez**

autor/a del trabajo de grado titulado:

EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA DEL INSTRUMENTO 25.06 DE TRES SISTEMAS ROTACIONALES (MG3 BLUE, ONE CURVE Y PLEX- V), ESTUDIO IN VITRO EN LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE LA U.A.S.B. AÑO 2024

Mediante el presente documento, declaro que la obra mencionada es de mi exclusiva autoría y producción. Este trabajo de grado ha sido elaborado como uno de los requisitos previos para la obtención del título en: **“Especialidad Superior en Endodoncia”** en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre.

Cesión de Derechos:

1. **Derechos Cedidos:** A partir de la fecha de la defensa de grado, cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación de la obra. La Universidad está autorizada a utilizar esta obra por cualquier medio, actualmente conocido o que se desarrolle en el futuro, siempre y cuando dicha utilización no se realice con fines de lucro. Esta cesión incluye la reproducción total o parcial en formatos virtual, electrónico, digital u óptico, así como su uso en red local e Internet.
2. **Responsabilidades del Autor:** Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamación o demanda por parte de terceros respecto de los derechos de autor de la obra mencionada, asumiré toda la responsabilidad legal frente a dichos terceros y frente a la Universidad, incluyendo, sin limitación, la defensa de tales reclamaciones y el mantenimiento de la Universidad indemne frente a las mismas.
3. **Entrega de Ejemplares:** En esta fecha, entrego a la biblioteca de la Universidad un ejemplar de la obra y sus anexos, en formatos impreso y digital o electrónico.

Fecha. 28-10-25

Firma:



**UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia**

**PROGRAMA DE ESPECIALIDAD SUPERIOR EN:
“ENDODONCIA” – I Versión**

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
FATIGA CÍCLICA DEL INSTRUMENTO 25.06 DE TRES
SISTEMAS ROTACIONALES (MG3 BLUE, ONE CURVE Y PLEX-
V), ESTUDIO IN VITRO EN LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE LA
U.A.S.B. AÑO 2024**

**Trabajo de Grado presentado para optar
a la Especialidad Superior en
“Endodoncia”**

ESTUDIANTE: ANGELICA AIDEE PADILLA VELASQUEZ

Sucre – Bolivia

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia**

**PROGRAMA DE ESPECIALIDAD SUPERIOR EN:
“ENDODONCIA” – I Versión**

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
FATIGA CÍCLICA DEL INSTRUMENTO 25.06 DE TRES
SISTEMAS ROTACIONALES (MG3 BLUE, ONE CURVE Y PLEX-
V), ESTUDIO IN VITRO EN LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE LA
U.A.S.B. AÑO 2024**

Trabajo de Grado presentado para optar
a la Especialidad Superior en
“Endodoncia”

**ESTUDIANTE: ANGELICA AIDEE PADILLA VELASQUEZ
TUTOR: MARIO GEORGE CASARETTO GAMONAL**

**Sucre – Bolivia
2024**

DEDICATORIA

A mi esposo e hijos, quienes, con paciencia y comprensión, sirvieron de motivación para que culmine el presente Estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por mantenerme fuerte por darme sabiduría y resiliencia en cada paso de este camino académico, a mis maestros Carlos Enrique Mendiola Aquino, a mi tutor Mario George Casaretto Gamonal y John Torres Navarro por brindarme siempre una mano, por el conocimiento brindado y por ser un modelo de ejemplo a seguir a lo largo de todos estos años. Quiero hacer especial mención a mi madre, quien ha sido mi guía constante, un ángel en mi vida, que desde el cielo me brinda apoyo día a día.

RESUMEN

La fractura de un instrumento rotatorio de NiTi es una de las complicaciones más críticas que se desarrollan durante la preparación del conducto radicular. Las distintas clases de instrumentos rotatorios de NiTi muestran variaciones en la resistencia a la falla por fatiga debido a diferencias en numerosos factores, como su fabricación. Sin embargo, los instrumentos rotatorios están desarrollados para proporcionar una mejor limpieza del conducto radicular y reducir el tiempo de trabajo.

El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar el instrumento 25.06, de las limas rotacionales MG3 Blue, One Curve y Plex –V en un estudio in vitro en la clínica odontológica de la U.A.S.B. con respecto a la resistencia a la fractura por fatiga cíclica y determinar la medida del fragmento fracturado.

Materiales y métodos: Estudio experimental, se utilizó 36 instrumentos 25.06 distribuidos en 12 limas rotatorias de MG3 Blue a 300 rpm y 2.0 N/cm, 12 limas rotatorias de One curve a 300 rpm y 2.5 N/cm y 12 limas Plex-V a 300 rpm y 2.5 N/cm. El procedimiento experimental se llevó a cabo con las limas rotatorias del estudio, en el motor Endo Radar PRO de WOODPECKER, todas estas limas fueron introducidas a 18 mm de longitud al conducto simulado de acero con una curvatura de 60° y un radio de 5mm, la medición del tiempo hasta que se produzca la fractura será registrado por un cronómetro digital y la longitud del tamaño del fragmento se medirá utilizando un calibrador de Vernier digital de plástico de carbono de 0 a 15 cm de marca UYUSTOOLS . Se utilizaron pruebas estadísticas de T Student y prueba ANOVA para la elaboración de tablas y gráficos, según los resultados encontrados.

Palabras claves: Fatiga Cíclica, resistencia, Níquel-titanio, sistema rotatorio.

ABSTRACT

Fracture of a NiTi rotary instrument is one of the most critical complications that develop during root canal preparation. Different types of NiTi rotary instruments vary in fatigue failure resistance due to differences in numerous factors, including their manufacturing. However, rotary instruments are developed to provide improved root canal cleaning and reduce working time.

The objective of this study was to evaluate and compare the 25.06 instrument and the MG3 Blue, One Curve, and Plex-V rotary files in an in vitro study at the U.A.S.B. dental clinic with respect to cyclic fatigue fracture resistance and to determine the fracture fragment size.

Materials and methods: Experimental study, 36 25.06 instruments were used, distributed in 12 MG3 Blue rotary files at 300 rpm and 2 N / cm, 12 One curve rotary file at 300 rpm and 2.5 N / cm and 12 Plex-V files at 300 rpm and 2.5 N / cm. The experimental procedure will be carried out with the study's rotary files, in the WOODPECKER Endo Radar PRO motor, all these files will be introduced at 18 mm in length to the simulated steel conduit with a 60 ° curvature and a radius of 5 mm, the measurement of the time until the fracture occurs will be recorded by a digital stopwatch and the length of the fragment size will be measured using a UYUSTOOLS brand digital carbon plastic Vernier caliper from 0 to 15 cm. Student's t-tests and ANOVA tests will be used to create tables and graphs based on the results.

Keywords: Cyclic fatigue, strength, nickel-titanium, rotating system.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
GLOSARIO	ix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes de la Investigación	3
1.1.1 El Problema	11
1.1.2 Justificación y Uso de los Resultados.....	12
1.1.3 Objetivos	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL	14
2.1 Marco Teórico.....	14
2.1.1 Fatiga cíclica	14
2.1.2 Evaluación de la fatiga cíclica por flexión.....	16
2.1.3 Sistemas Rotatorios	20
2.1.4 Generaciones de los sistemas rotatorios	23
2.1.5 Mejoras en los sistemas rotatorios	25
2.1.6 Mejora en las aleaciones.....	25
2.1.7 Mejora en los procesos de fabricación	26
2.1.8 Fractura de los sistemas rotatorios.....	26
2.1.9 Resistencia a la fractura por fatiga cíclica.....	27
2.1.10 El níquel titanio en endodoncia, ventajas y desventajas	28
2.1.11 Longitud del fragmento.....	30
2.1.12 . Definición Conceptual	31
2.1.13 Longitud del fragmento.....	31
2.1.14 Resistencia a la Fatiga cíclica.	31

2.2	Hipótesis.....	31
2.3	Marco Contextual	32
2.3.1	Estado del Arte	32
2.3.2	Reseña histórica	32
2.3.3	Marco Institucional.....	33
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		36
3.1	Enfoque, tipo y diseño de investigación.....	36
3.2	Población y Muestra.....	36
3.3	Variables de Estudio	37
3.4	Criterios de inclusión y exclusión.....	42
3.5	Procedimientos para la recolección de la información	42
3.5.1	Descripción de los instrumentos	43
3.5.2	Procedimientos y técnicas	43
3.5.3	Accesorios de trabajo.....	44
3.6	Procesamiento y análisis de los datos	45
3.7	Delimitación de la investigación.....	46
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....		47
4.1	Presentación de resultados	47
4.2	Discusión.....	65
4.3	Conclusiones	66
4.4	Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		69
ANEXOS		73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Diagrama de variables</i>	39
Tabla 2. <i>Resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional MG3 Blue a 300 rpm.</i>	47
Tabla 3. <i>Resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional One Curve a 300 rpm.</i>	48
Tabla 4. <i>Resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional Plex- V a 300 rpm.</i>	49
Tabla 5. <i>Comparación estadística de los resultados de la resistencia a la fatiga cíclica entre los tres sistemas rotacionales. (NFC de MG3 Blue, One Curve y Plex- V)</i>	50
Tabla 6. <i>Prueba de Normalidad de Shapiro –Wilks</i>	53
Tabla 7. <i>Resultados Descriptivos de la Prueba ANOVA</i>	54
Tabla 8. <i>Resultados Prueba ANOVA</i>	55
Tabla 9. <i>Determinación de la existencia de diferencias en el tamaño del fragmento fracturado de las limas MG3 Blue, One curve y Plex- V en la resistencia a la fatiga cíclica.</i>	56
Tabla 10. <i>Resultados arrojados por el Software SPSS para la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk</i>	59
Tabla 11. <i>Resultados Descriptivos de la prueba ANOVA</i>	60
Tabla 12. <i>Resultado de la prueba ANOVA, en la que se determina si existen o no diferencias en las medias del tamaño del fragmento fracturado</i>	61
Tabla 13. <i>Sistema de Ciclos</i>	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>NFC MG3 BLUE 300 Rpm 2N.cm</i>	51
Gráfico 2. <i>NFC PLEX –V a 300 Rpm 2,5 N.cm</i>	52
Gráfico 3. <i>NCF One Curve 300 Rpm 2.5 N.com</i>	52
Gráfico 4. <i>Resultados Descriptivos de la Prueba ANOVA</i>	55
Gráfico 5. <i>Tamaño del Fragmento MG3 BLUE A 300 Rpm 2N.cm</i>	57
Gráfico 6. <i>Tamaño del Fragmento PLEX – V a 300 Rpm 2.5 N.cm</i>	58
Gráfico 7. <i>Tamaño del Fragmento Fracturado ONE CURVE 300 Rpm 2.5 N.cm</i>	58
Gráfico 10. <i>Resultados Descriptivos de la prueba ANOVA</i>	61

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. <i>Endo motor Endo Radar Pro de Woodpecker</i>	MAGEN 1.....	77
Imagen 2. <i>Ejemplificación del Endo motor, dispositivo con conductos simulados y el instrumento a examinar</i>		77
Imagen 3. <i>Medición del instrumento que entrara dentro del conducto simulado</i>		78
Imagen 4. <i>Lubricación de los conductos de acero antes de que se introduzcan las limas</i>		78
Imagen 5. <i>Medición del instrumento fracturado con el calibrador digital</i>		79
Imagen 6. <i>Instrumentos fracturados</i>		79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Cronograma de actividades</i>	73
Anexo 2. <i>Ficha de recolección de dato</i>	76
Anexo 3. <i>Galería fotográfica de la recolección de datos</i>	77

GLOSARIO

Término	Definición
Lima Glider	En endodoncia, una lima "glider" (o lima de deslizamiento) es un tipo de lima de níquel-titanio diseñada para crear un camino seguro y suave (glide path o vía de deslizamiento) en el conducto radicular antes de la instrumentación principal.
Triángulo en shapers	En endodoncia, el término "triángulo" en el contexto de las limas "shapers" (instrumentos de modelado) se refiere a la sección transversal de la lima, que tiene forma triangular.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de conducto con el paso de los años ha ido priorizando la búsqueda de métodos más rápidos y seguros de mayor eficiencia, la curvatura y lo estrecho que son los conductos radiculares representan un desafío, inclusive para los endodoncistas con mayor experiencia, por ello la práctica actual, la innovación y el carácter competitivo sugiere la utilización de métodos más sofisticados para acortar el tiempo del tratamiento (1).

Los sistemas mecanizados son una excelente opción, ya que proporcionan una conformación pareja de las paredes del conducto, posibilitando una mejor obturación posterior, además es una técnica simple, con pocos pasos y excelentes resultados (2).

“Según el autor Magdalena Casas.et. al el 2016: La técnica de endodoncia mecanizada consiste en la incorporación de sistemas de instrumentación de forma mecánica; mediante motores para preparación de conductos, estos sistemas rotatorios utilizan consecutivamente varias limas de gran flexibilidad y de distintos calibres, acopladas a una pieza de mano específica y es utilizada en conductos curvos ya que modifica levemente la anatomía de los conductos radiculares”. (2)

Los instrumentos rotatorios para sistemas de conductos radiculares fabricados con una aleación de níquel-titanio (Ni Ti) presentan mayor elasticidad que los instrumentos de acero inoxidable, que son rígidos e inadecuados para grandes agrandamientos apicales en conductos de curvas delgadas, la elasticidad de los instrumentos es aproximadamente 2 a 3 veces mayor que la de los instrumentos de acero inoxidable. Los instrumentos de Ni Ti presentan un riesgo de fractura debido a la fatiga cíclica y al esfuerzo cortante torsional. (3)

La fractura por torsión ocurre cuando una parte de la lima mecanizada queda atascada dentro del conducto, y el motor sigue funcionando, produciendo un torque que va a sobrepasar su propiedad elástica. (4)

La fractura por flexión se da por el giro libre de la lima dentro del canal curvo, presentando ciclos de tensión y compresión en el punto máximo de flexión hasta

que se fracture (4). Esta cantidad de ciclos de tensión y compresión va a depender tanto del radio como del ángulo de curvatura del conducto. (4)

La investigación tiene como objetivo evaluar y comparar la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 de tres sistemas rotacionales (MG3 Blue 300 rpm con un torque de 2 N/cm, One curve a 300 rpm con un torque 2.5 N/cm y Plex-V a 300 rpm y 2.5N/cm), la idea es colaborar con el endodoncista de elegir un sistema adecuado y seguro para la realización del tratamiento de conducto que al obtener este conocimiento evitará fracturas de los instrumentos y así mejorar el pronóstico del tratamiento.

Las limas MG3 Blue (**Perfect Dental Store- Perú**) son de rotación continua, de sección transversal triángulo convexo, paralelogramo en lima glider y triángulo en shapers (5). Aleación de Níquel Titanio (Ni Ti) C. Wire con tratamiento térmico azul en fase predominante martensítica (precurvable), con memoria controlada que otorga flexibilidad y eficiencia en la remoción de dentina, diseñado para conductos curvos y estrechos (5).

En su presentación en blíster de 5 limas estériles: **SV 20/10** con una longitud de 19 mm, 300 y 350 rpm, torque de 3.0N/cm; **PX 15/03** con una longitud de 21,25,31 mm, 300 – 350 rpm, torque 2.0N/cm; **G1 20/04** con una longitud de 21,25,31 mm, 300 a 350 rpm, torque 2.0N/cm; **G2 25/04** con una longitud de 21,25,31 mm, t 300 a 350 rpm y un torque 2.0N/cm y **G2 25/06** con una longitud de 21,25,31 mm, 300 a 350 rpm torque 2.0N/cm. (5)One Curve (**Micro-Mega, Besançon, Francia**) es una lima rotatoria de un solo uso que permite dar forma a toda la longitud del conducto con un solo instrumento. Está fabricado con aleación de NiTi con tratamiento térmico especial. La nueva aleación se llama C. Wire y ofrece una función de control de memoria para la lima. Además, el fabricante de la lima afirma que la tecnología

C. Wire permite la capacidad de doblar previamente la lima para facilitar el acceso al conducto radicular. En su presentación de 25.06 con longitud de 25 mm a 300 rpm un torque 2.5N/cm. (6)

Las limas PLEX – V (**ORODEKA, ITALIA**) fabricadas de Ni Ti, con una aleación CM Wire y sometidas a un tratamiento térmico CM con recubrimiento azul

verdoso, estas limas ofrecen una capacidad de resistencia a la flexión excepcionales. Ya que todas las transiciones metalúrgicas, como las fases de austenítica y martensítica se toman a temperatura ambiente, posee memoria elástica - recupera su forma original al pasar por autoclave, según sus especificaciones Blíster con 4 unidades Conicidad 03, Diámetro Ø 015, Longitud 21mm - 25mm, Torque 2.5 N· cm, Velocidad 300 y 500 rpm. (7)

“Sin embargo, existe variedad de ofertas en el mercado, lo importante radica en avanzar según la innovación tecnológica y las practicas más modernas para la endodoncia”.

1.1 Antecedentes de la Investigación

Topc Huseyin Sinan et al. (Turquía 2019): Realizaron una investigación de los efectos de dos temperaturas diferentes sobre la resistencia a los cambios de fatiga cíclica de One Curve, Edge File, HyFlex CM y ProTaper. El objetivo de este estudio fue comparar la resistencia a la fatiga cíclica (CFR) de tres Limas rotatorias de níquel-titanio con memoria (CM) (One Curve, Edge File y HyFlex) CM) en comparación con una lima (ProTaper Next) hecha de aleación de níquel-titanio de alambre M a dos temperaturas diferentes (ambiente artificial e intraconducto en forma de S. Para este estudio probaron, ciento sesenta limas para determinar la CFR de One-Curve, Edge File, HyFlex CM y ProTaper Next. Se registró el número de ciclos hasta la fractura y se analizaron los datos. A ambas temperaturas, ProTaper Next exhibió la CFR más bajo en comparación con One Curve, Edge File y HyFlex ($P < 0,05$). A temperatura ambiente, No hubo diferencias entre las tres limas CM con respecto a CFR ($P > 0,05$). temperatura intracanal, One Curve y Edge File exhibieron más CFR que el HyFlex CM ($P < 0,05$). La prueba a temperatura Intraconducto provocó una reducción significativa. disminución del CFR de todas las limas probadas en comparación con las pruebas a temperatura ambiente. Llegaron a la conclusión que las limas rotatorias con memoria controlada mostraron una CFR mayor que la lima fabricada con aleación NiTi M-Wire en un conducto en forma de S. En este estudio descubrieron que cuando las limas se probaron a temperatura Intraconducto, tuvieron valores NCF diferentes a los valores obtenidos a

temperatura ambiente. Los estudios futuros deben realizarse a temperatura Intraconducto para simular situaciones clínicas. (8)

Ruiz Sánchez C. (Valencia 2020): Investigó la comparación de la resistencia a la fatiga cíclica estática y dinámica de diferentes sistemas rotatorios (9). El objetivo general de la investigación fue evaluar in vitro los factores que afectan a la resistencia a la fractura por fatiga cíclica estática y dinámica de diferentes sistemas rotatorios (9).

La muestra para este estudio estuvo constituida por 369 limas divididas en 4 grupos según el sistema rotatorio, ProTaper Universal, ProTaper Next, ProTaper Gold y Profile Vortex Blue, con respecto a las limas utilizadas en la prueba estática de fatiga cíclica, la muestra total fue de 287 limas, 82 PTN, 82 PTU, 82 PVB y 41 PTG (9). Las cuales se subdividieron a la mitad para realizárseles la prueba en los dos ángulos de curvatura del estudio (45° y 60°), las limas PTG sólo fueron sometidas al ángulo de 60° (9). Ahora bien, para las limas utilizadas en la prueba de resistencia a la fatiga cíclica dinámica, la muestra total fue de 82 limas, 41 PTN y 41 PTG. (9)

Los resultados obtenidos en esta investigación indica que el sistema rotatorio más resistente a la fatiga cíclica fue Pro File Vortex Blue, seguido de ProTaper Gold, ProTaper Next y ProTaper Universal, siendo las aleaciones de NiTi con tratamiento térmico más resistentes a la fatiga cíclica que las de NiTi convencionales (9). Sin embargo, los resultados para NFC muestran valores superiores de resistencia a la fatiga cíclica, es decir los NCF fueron superiores, en el conducto que presentaba menor complejidad anatómica para todos los sistemas rotatorios utilizados (9). También señala que los resultados entre las pruebas de fatiga cíclica dinámica sólo utilizamos los sistemas ProTaper Next y ProTaper Gold, debido a que el sistema ProTaper Universal ya no se fabrica y que el sistema Pro File Vortex Blue es muy difícil de adquirir en España. (9)

Concluye que el sistema rotatorio Pro File Vortex Blue fabricado con la aleación Blue Wire, fue el más resistente a la fractura por fatiga cíclica estática (9). Siendo así que el sistema rotatorio Pro taper Gold mostró más resistencia a la fatiga cíclica en modo dinámico que el sistema rotatorio Pro taper Next (9). Por lo

siguiente, la resistencia a la fatiga cíclica en el conducto de 45° fue significativamente menor que en el conducto de 60°, evidenciando así que la anatomía del conducto radicular influye en dicha resistencia (9). También indica que la sección transversal triangular fue significativamente la más resistente a la fractura por fatiga cíclica, no encontrando diferencias estadísticamente

Menezes C .et. al. (Brasil 2017) En su tesis de investigación de la resistencia a la fatiga cíclica de dos instrumentos rotatorios Mtwo de diferentes técnicas de instrumentación. El objetivo de esta investigación in vitro fue evaluar si la preparación cervical con las limas Mtwo en una técnica Crown Down influye en el tiempo de instrumentación y la resistencia a la fatiga cíclica de estos instrumentos. Los materiales y métodos fueron dos técnicas de instrumentación (fabricante y crown-down), con ochenta instrumentos endodónticos rotatorios nuevos Mtwo (tamaño/ conicidad: (10/0,04, 15/0,05, 20/0,06 y 25/0,06 de 25 mm de longitud) se dividieron aleatoriamente en dos grupos, se utilizó para preparar tres conductos de resina curvados y simulados estándar, registraron el tiempo medio de instrumentación y el número de ciclos correspondientes para cada instrumentación (NCI), los instrumentos fueron rotados a una velocidad constante de 300 rpm en un canal de acero inoxidable (diámetro de 1,5 mm) en un ángulo curvo de 90° y 5 mm de radio. En cuanto a la resistencia a la fatiga cíclica de las limas se determinó contando el número de ciclos hasta la fractura (NFC) (10).

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron que el tiempo medio de instrumentación y el NCI de las limas 10/0,04, 15/0,05 fueron significativamente menores ($P < 0,5$) cuando se utilizó la técnica de corona abajo en comparación con el método del fabricante para el mismo tamaño de punta/lima cónica no hubo diferencia significativa en el NFC medio entre las dos técnicas. En la conclusión indican que la técnica de corona abajo no interfirió en la resistencia a la fatiga cíclica, sin embargo, el menor tiempo de instrumentación de las limas 10/0,04, 15/0,05 podría reducir el riesgo de fractura en caso de reutilización de estos instrumentos (10).

Meneses GA y Vieyra CM (Chile 2019) En esta investigación estudiaron la comparación de la resistencia a la fractura por fatiga cíclica por flexión a diferentes angulaciones, de tres sistemas mecanizados ProTaper Next, Superfile

Next, y Neoniti (4). El objetivo general del estudio fue comparar la resistencia a la fatiga cíclica por flexión de los tres sistemas mecanizados mencionados, donde el propósito de este estudio fue determinar que marca tiene menor riesgo de fractura para ser utilizada en los tratamientos endodónticos de conductos curvos (4).

Las muestras utilizadas fueron de 27 limas mecanizadas, 9 ProTaper Next X2, 9 Super files Next x2, y 9 Neoniti A1 25.06, para la medición confeccionaron una matriz metálica con conductos simulados a 3 diferentes angulaciones, midieron la cantidad de ciclos hasta la fractura (4).

El resultado que mostro este estudio es que no hubo diferencias significativas en la cantidad de ciclos requeridos para producir la fractura por fatiga cíclica por flexión del instrumento de los diferentes sistemas mecanizados (4). En su conclusión muestran que no hubo diferencias significativas entre la cantidad de ciclos requeridos para producir una fractura por fatiga cíclica por flexión en los tres sistemas mecanizados ProTaper Next, Superfile Next, y Neoniti. (4)

Calderón Gutiérrez A K. (México 2016) Realizó la evaluación de resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: Protaper Gold, ProTaper Next, HyFlex cm, Reciproc Wave One y Wave One Gold (11). El objetivo general de este estudio fue evaluar la resistencia a la fatiga cíclica mediante el uso de instrumentos rotatorios y recíprocante en un modelo con doble curvatura in vitro. (11)

La selección de la muestra fue de 10 instrumentos de cada uno de los sistemas rotatorios: Pro Taper Gold, Pro Taper Next, HyFlex cm, Reciproc, wave One y Wave One Gold, Se colocaron en el motor Wave• Onetm activados en movimiento rotatorio y recíprocante, según las instrucciones del fabricante, y a su vez, la cabeza del motor se fijó a la máquina Inström para que todos los instrumentos se probaran con la misma presión y longitud. (11)

Los instrumentos se introdujeron al dispositivo CF Endo Tester, donde se rotaron hasta que la lima sufrió la fractura (11). En cuanto a los resultados, destaca que empleó la prueba comparativa de Tukey. Wave One Gold mostró la mayor resistencia a la fatiga cíclica (1.7374), con diferencia significativa a los otros

grupos, seguido de ProTaper Gold (0.5704), Reciproc (0.309), Wave One (-0.057), HyFlex CM (-0.691) y, por último, ProTaper Next (-1.238) (11). El grupo reciprocante tuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica de manera significativa (0.06012) al grupo rotatorio (0.08439) (11). Todos los sistemas presentaron transportación apical. ProTaper Next con la mayor transportación (1.5900) y Wave One Gold con la menor (0.5900). (11) Concluye, que Wave One Gold obtuvo mayor resistencia a la fatiga cíclica comparada con otros sistemas (11). En cuanto al movimiento reciprocante resultó más resistente a la fatiga cíclica, todos los sistemas causaron transportación apical. (11) **Furlan R. et .al. (Irán 2021)**. Realizaron el estudio de la resistencia a la fatiga cíclica y torsional de siete sistemas rotatorios. Este estudio tiene como objetivo evaluar la resistencia a la fatiga cíclica y torsional de siete sistemas rotatorios. Métodos y materiales: probaron un total de 140 instrumentos, 20 de cada sistema, incluidos Genius (GN) 25/0.04, TruShape (TS) 25/0.06, Logic (LOG) 25/0.06 taper, Vortex Blue (VB) 25/0.06, ProTaper Gold (PTG) 25/0.08, Hyflex CM (HCM) 25/0.06 y Hyflex EDM (EDM) 25/0.08 Taper. La prueba de resistencia a la fatiga cíclica lo realizaron utilizando un conducto artificial de acero inoxidable con una curvatura (ángulo de 60° y radio de 5 mm) ubicado a 5 mm de la punta. Las limas (n = 10) rotaron hasta la fractura y el tiempo se registró en segundos. Los autores indican que la prueba de torsión se evaluó de acuerdo con la norma ISO 3630-1. Que los datos se analizaron con ANOVA unidireccional y pruebas de Tukey ($\alpha = 5\%$). Las superficies fracturadas de los instrumentos evaluaron mediante microscopía electrónica de barrido para confirmar el tipo de fractura. Resultados: En el valor de resistencia a la fatiga cíclica indican que EDM fue significativamente mayor que el de todos los instrumentos probados ($P < 0,05$). LOG mostró una resistencia a la fatiga cíclica más alta que GN o TS ($P < 0,05$). No hubo diferencias entre los otros grupos ($P > 0,05$). La prueba de torsión mostró que PTG 25/0.08 tuvo el valor de resistencia a la torsión más alto de todos los instrumentos probados, seguido de VB y EDM ($P < 0,05$). El LOG mostró una diferencia significativa solo con GN ($P < 0,05$). No se encontraron diferencias entre los otros grupos ($P > 0,05$). En relación con la deflexión angular, GN; TS; HCM y EDM mostraron valores significativamente más altos hasta la fractura que

los otros grupos ($P < 0,05$). No se encontraron diferencias entre PTG, LOG y VB ($P > 0,05$). Conclusión: Encontraron que el grupo de EDM de estudio in vitro tuvo la resistencia a la fatiga cíclica más alta entre todos los instrumentos probados. Para la prueba de torsión, el PTG mostró la mayor resistencia a la torsión y los valores más bajos de deflexión angular. (12)

Taboada Cordero K L. (Perú 2019) Realizo la investigación de la resistencia a la fatiga cíclica de dos tipos de limas mecanizadas alternadas (13). El objetivo general del estudio fue evaluar la 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 (13). Se utilizaron 10 limas mecanizadas como la Easy Prodesign Logic y 10 Reciproc Blue, también se evaluaron los fragmentos fracturados. (13)

Los resultados obtenidos en este estudio a pesar de que cada instrumento presento diferente, diseño, conicidad y método de fabricación; no influyeron en los resultados, para 10 limas Easy Prodesign Logic su media fue de (26040.00) y para 10 limas Easy Prodesign Logic (20400.00) mientras que para 10 limas Reciproc Blue su media fue de (19290.00) y para 10 limas Reciproc Blue la media fue de (18337.50). (13)

Se concluye que hubo diferencias significativas entre el tamaño de la longitud del fragmento separado que fue mayor en el instrumento Easy Prodesign Logic que en el instrumento Reciproc Blue (13). Esto puede deberse a que el instrumento Easy Prodesign Logic se fracturo pasando la curvatura por presentar menor masa que el instrumento Reciproc Blue que se fracturo antes de llegar a la curvatura. (13)

Gutiérrez Juyo DA. (Huancayo, Perú 2021). Investigo la comparación de la resistencia a la fatiga cíclica flexional entre dos sistemas de limas recprocante (14). El objetivo general de este estudio fue comparar la resistencia a la fatiga cíclica flexional de dos instrumentos recprocante Only One File (Denco, Shezhen, China) y Reciproc –Blue (RCB, Woodpecker, Guilin, Chinq) que son similares a los instrumentos Reciproc Blue (VDW, Múnich, Alemania). (14)

El método que utilizo este autor fue científico experimental, longitudinal,

prospectivo y observacional, la muestra que probó el investigador fue de 30 instrumentos nuevos OOF R25 Y RCB R25, los instrumentos los dividió en dos grupos de 15 instrumentos por grupo, los introdujo en un conducto artificial de acero inoxidable con una curvatura de 60°, un radio de 5 mm y un ángulo de inserción con respecto al orificio de entrada de 0°, la resistencia a la fatiga cíclica se determinó registrando el tiempo hasta conseguir la fractura del instrumento.(14)

Resultados: se encuentran una notable diferencia en la resistencia a la fatiga cíclica, los instrumentos OOF obtuvieron un tiempo máximo de 48 minutos con 50 segundos y un tiempo mínimo de 21 minutos con 21 segundos, mientras que los instrumentos RCB obtuvieron un tiempo máximo de 15 minutos con 53 segundos y un tiempo mínimo de 5 minutos con 33 segundos. (14)

Conclusión: Resume aseverando que los instrumentos OOF presentan notablemente una mayor resistencia a la fatiga cíclica que las limas RCB después de trabajar en un conducto artificial de acero inoxidable, indica que existen diferencias en la longitud de los fragmentos. (14)

Rivera Díaz R. (Tijuana, Baja California 2019). Realizó la investigación de la prueba estática de resistencia a la fatiga cíclica de 4 sistemas rotatorios de instrumento único en conductos simulados (15). El objetivo general del autor es evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de 4 sistemas rotatorios de instrumento único: Reciproc Blue, Wave One Gold, Hyflex EDM y Xp Endo Shaper. (15)

Métodos y materiales: Utilizo 40 instrumentos distribuidos en 4 grupos experimentales (n=10), para esta prueba estática de experimentación utilizo un dispositivo metálico artificial que posee un canal simulado con un ángulo de curvatura de 60° y 5 mm de radio de curvatura, donde los instrumentos fueron activados dentro de este canal artificial utilizando un contrángulo de reducción 6:1(Dentsply Mailefer,Ballaigues,Switzerland), activada por un motor con control de torque (X Smart plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland),utilizo la velocidad y torque establecida por el fabricante.(15)

Resultados: En el tiempo en segundos Hyflex EDM, mostro un mejor desempeño que Xp Endo Shaper, Reciproc Blue y por último Wave One Gold, mientras que

en NFC XP Endo Shaper Hyflex que presento un desempeño más constante, seguido de Reciproc Blue y Wave One Gold con el menor desempeño (15).

Conclusión: Encontró que HyFlex EDM es el instrumento que estadísticamente presento mayor resistencia a la fatiga cíclica, seguido de XP Endo Shaper y Reciproc Blue, Wave One Gold fue el sistema que presento menor resistencia a la fatiga cíclica. (15)

Martins J.et al. (Asociación Americana de Endodoncia 2020) Investigaron la Influencia de la cinemática en la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos rotatorios de marcas originales y replicas (16). El objetivo general fue evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de 3 instrumentos rotatorios tipo replica en comparación con sus sistemas de marca original utilizando rotación continua y cinemática de torque inverso óptimo (OTR). (16)

Método y muestra: utilizaron los nuevos instrumentos rotatorios F1(n=20 por grupo), de los sistemas de marca original ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) y ProTaper Gold (Dentsply Maillefer) se compararon con 3 instrumentos tipo replica (U-File Dentmark, Ludhiana, India) Super Files (Shenzhen Flydent Medical, Shenzhen China) y Super Files Blue (Shenxhen Flydent Medical). (16)

Con respecto a la resistencia a la fatiga cíclica en cada grupo de los instrumentos seccionados lo distribuyeron aleatoriamente en 2 subgrupos (n=10) según la cinemática; en el grupo rotatorio (ROT), los instrumentos se activaron con una rotación continua en el sentido de las agujas del reloj (300 rpm, 1,5 N.cm), mientras que en el grupo OTR; se realizó un movimiento oscilatorio asimétrico fijando la función OTR a 300 rpm y ajustando el límite de torque a nivel mínimo. (16)

Con respecto a la resistencia a la fatiga cíclica en cada grupo de los instrumentos seccionados lo distribuyeron aleatoriamente en 2 subgrupos (n=10) según la cinemática; en el grupo rotatorio (ROT), los instrumentos se activaron con una rotación continua en el sentido de las agujas del reloj (300 rpm, 1,5 N.cm), mientras que en el grupo OTR; se realizó un movimiento oscilatorio asimétrico fijando la función OTR a 300 rpm y ajustando el límite de torque a nivel mínimo.

(16)

Resultados: Señalan que estadísticamente que el tiempo es mayor hasta la fractura para todos sistemas rotatorios probados en movimiento OTR en comparación continua ($P < .05$) con un aumento porcentual medio que osciló entre el 52,1% (ProTaper Gold) y el 156,7% (U-File), indican que los instrumentos similares a réplicas mostraron un tiempo de fractura significativamente mayor en comparación con los instrumentos de la marca original respectiva, ya sea en movimiento ROT o OTR ($P < .05$), señalan que las réplicas presentaron temperaturas austeníticas superiores a las mostradas por las marcas originales y una relación entre los elementos de níquel y titanio. (16)

Conclusión: Señalan que el movimiento OTR mejoró significativamente la resistencia a la fatiga de los sistemas originales y similares a replicas, las réplicas mostraron una mayor resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos originales y temperatura de transición a la fase austenítica más alta. (16)

1.1.1 El Problema

a. Identificación del Problema

La fractura de instrumentos rotatorios en endodoncia, especialmente aquellos de níquel-titanio (Ni Ti), representa un desafío importante en la práctica clínica. Estos instrumentos son ampliamente utilizados debido a su alta flexibilidad y capacidad para moldear conductos curvados sin deformar las paredes dentales. (17,18). Sin embargo, su susceptibilidad a la fatiga cíclica puede provocar fracturas que afectan la limpieza y el éxito del tratamiento. (19)

Entre los sistemas más destacados, el One Curve se considera un estándar de referencia debido a su resistencia superior a la fatiga cíclica. Otros sistemas, como el MG3 Blue y el Plex- V, han sido diseñados para mejorar el rendimiento, pero sus diferencias aún no están completamente documentadas en comparación con el estándar. (17,18)

Estudios recientes han demostrado que factores como la velocidad de rotación, el diseño geométrico del instrumento y el tratamiento térmico del material influyen directamente en su resistencia a la fatiga. Sin embargo, no existe suficiente

información que compare sistemáticamente estos tres sistemas en condiciones controladas. (18)

b. Formulación Del Problema

La pregunta que este estudio busca responder es:

¿Existen diferencias significativas en la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25/06 entre los sistemas rotatorios MG3 Blue, One Curve y Plex- V en condiciones in vitro?

1.1.2 Justificación y Uso de los Resultados

La elección de instrumentos rotatorios seguros y eficaces es fundamental para mejorar los resultados clínicos en endodoncia, minimizando complicaciones como la separación del instrumento y aumentando la tasa de éxito de los tratamientos. Este estudio compara sistemáticamente tres sistemas rotatorios, proporcionando datos útiles para orientar la selección clínica basada en evidencia (17,19).

La comparación de los tres sistemas rotatorios, como la One Curve de la casa comercial (Micro-Mega, Besançon, Francia), que por su nueva aleación C- Wire con tratamiento térmico específico, memoria de forma de Ni Ti y posibilidad de doblar previamente la lima para facilitar el acceso al conducto, ofrece una función de control de memoria inteligente eficiente, nos ayuda a cortar el tiempo de trabajo, su flexibilidad y resistencia en curvaturas severas, ayudara a realizar un tratamiento más seguro y eficaz evitando así la separación rápida del instrumento.(6)

También la lima Mg3 Blue C. Wire de la casa comercial (Perfect Dental Store-Perú), por su aleación de Ni Ti Blue proporciona flexibilidad, durabilidad y capacidad de adaptación al conducto radicular, brindando mayor eficiencia y precisión.(5) y por ultimo las limas PLEX- V de la casa comercial (ORODEKA-ITALIA), que por su aleación Ni Ti C.Wire con control de memoria elástica de alta calidad y recubrimiento PLEX-V, tiene la capacidad de adaptarse al conducto radicular, ser flexible, y por ultimo su memoria de forma ayuda que cuando estos instrumentos son sometidos al calor a temperatura ambiente vuelven a su estado

original.(7)

Además, los resultados ayudarán a identificar qué sistemas presentan menor riesgo de fractura bajo condiciones clínicas simuladas, permitiendo su uso con mayor confianza por los profesionales. Esta investigación también aporta un marco para futuras mejoras en el diseño y fabricación de instrumentos endodónticos (18).

1.1.3 Objetivos

a. Objetivo General

Evaluar y comparar la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en tres sistemas rotacionales (MG3 Blue, One Curve y Plex- V) mediante un estudio in vitro realizado en la clínica Odontológica de la U.A.S.B. en el año 2024.

b. Objetivos Específicos

1. Determinar la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional MG3 Blue a 300 rpm.
2. Determinar la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional One Curve a 300 rpm.
3. Determinar la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional Plex-V a 300 rpm.
4. Comparar estadísticamente los resultados de la resistencia a la fatiga cíclica entre los tres sistemas rotacionales.
5. Determinar si existe diferencia en el tamaño del fragmento fracturado de las limas MG3 Blue, One curve y Plex- V en la resistencia a la fatiga cíclica

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

2.1 Marco Teórico

El uso de instrumentos de níquel-titanio (NiTi) en la endodoncia moderna ha revolucionado la preparación de conductos radiculares, principalmente por su flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica. Estos factores son críticos y determinantes para evitar fracturas durante los procedimientos clínicos (18). La fatiga cíclica se produce cuando un instrumento NiTi sufre tensiones repetidas de compresión y tracción en conductos curvados, lo que puede llevar a su fractura prematura. (19)

2.1.1 Fatiga cíclica

Este estudio centra su atención en la fractura de los sistemas rotatorios a objeto de investigar mediante la evaluación y la comparación, cual la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 entre tres sistemas rotacionales: MG3 Blue y One Curve y Plex-V en un estudio in vitro año 2024.

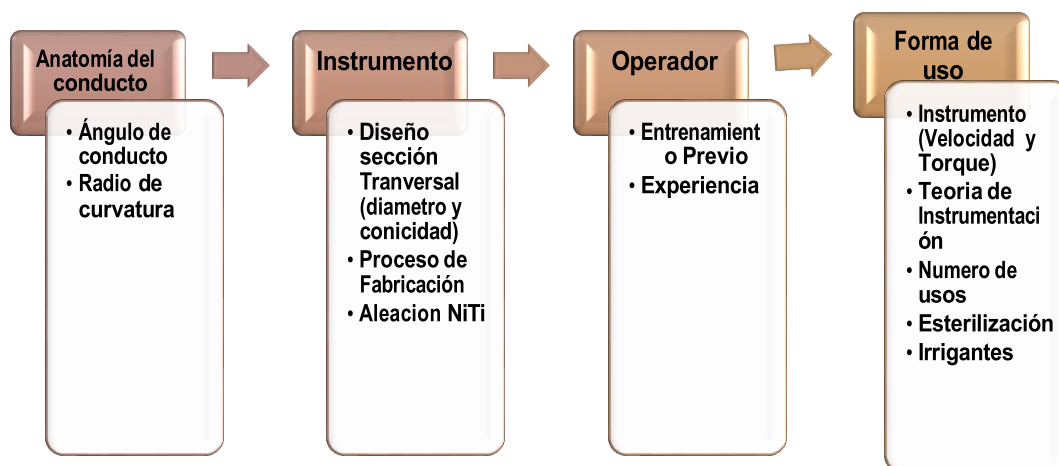
“La definición de la resistencia a la fatiga cíclica es la capacidad de un instrumento rotatorio para soportar ciclos repetidos de tensión y compresión sin fracturarse durante su uso en conductos curvos” (4).

La resistencia a la fatiga cíclica depende de múltiples factores incluyendo el diseño geométrico, la aleación del instrumento, la cinemática utilizada, (rotatoria continua o reciprocante), y el número de usos clínicos permitidos. (4)

La fractura por fatiga cíclica se produce cuando la lima rota gira libremente dentro de un conducto curvo sin engancharse, de manera que en el punto de máxima flexión de la curvatura se generan ciclos de tensión en la superficie interna de la curva y de compresión en la externa, hasta que se produce la fractura de la lima (9).

Las fracturas de los instrumentos de Ni Ti se producen por las fuerzas a las que se someten durante la conformación de los conductos, como son la fatiga cíclica, la fatiga torsional o una combinación de ambas fuerzas (9). La fatiga por flexión se define mecánicamente como la deformación de un sólido sometido a fuerzas transversales de una manera repetida. (9)

“Factores que afectan a la resistencia a la fractura por fatiga cíclica”



a. Factores relacionados con la anatomía del conducto

“Uno de los factores que más influye en la fractura de los sistemas rotatorios es la anatomía del conducto radicular que estamos conformando” (9). La anatomía del conducto viene determinada por su ángulo y radio de curvatura (9). Durante la instrumentación de las limas endodónticas se someten a una mayor carga cíclica de flexión y se desgastarán más cuanto mayor sea la curvatura de los conductos radiculares. De este modo el riesgo mayor de que se produzca una fractura aumenta cuando la curvatura se encuentra en el tercio coronal o medio del conducto que si se encuentra en el tercio apical. (9)

b. Factores relacionados con el operador

“La fractura de un instrumento es un incidente frustrante que coloca al clínico bajo estrés y posibles litigios, lo que provoca que intente retirar el fragmento fracturado” (9).

“La endodoncia es uno de los tratamientos odontológicos más exigentes técnicamente” (9). Por lo esencial, es necesario que el operador tenga una destreza y una habilidad para realizar estas endodoncias que requieren un entrenamiento previo in vitro (9).

“La remoción de un fragmento de lima fracturada con éxito es un reto que se basa en el conocimiento, la formación y la familiaridad con las técnicas e

instrumentos” (9). Es por eso que la experiencia y la técnica de uso del operador, incluyendo dentro de ésta su habilidad y juicio a la hora de la toma de decisiones, es por tanto otro de los factores que contribuye a la fractura de los sistemas rotatorios. (9)

c. Factores relacionados con el instrumento

“Los factores relacionados intrínsecos de los sistemas rotatorios que influyen en la fractura son su diseño, el proceso de fabricación y aleación Ni Ti” (9). Sin embargo, al diseño de los instrumentos, el área de la sección transversal, el diámetro y la conicidad del instrumento afectan a la resistencia a la fractura. (9)

d. Factores relacionados con la forma de uso

“El uso clínico que demos a los sistemas rotatorios va a influir en la resistencia que presentan a la fatiga cíclica y por tanto es interesante conocer cómo va a afectar a dicha resistencia “(9).

El autor en cuanto a los factores relacionados con las técnicas de uso de los sistemas indica que tiene que ver con la: cinemática con la que accionamos los sistemas rotatorios, la velocidad y el torque a los cuales los utilizamos; la técnica de instrumentación que utilizamos; el número de usos que le damos a estos sistemas rotatorios; y cómo afectan la esterilización y los irrigantes sobre los sistemas rotatorios. (9)

2.1.2 Evaluación de la fatiga cíclica por flexión.

“**Caso 1.-** Fabricación del modelo del conducto simulado a medida, por el autor del presente artículo se conoce que, se fabricó un modelo de conducto simulado a medida de acero inoxidable endurecido para poder soportar el desgaste por fricción, con un ángulo de curvatura de 60° , un radio de curvatura de 5 mm, una profundidad de 2 mm y una longitud de 16 mm (parte recta de 11 mm y parte curva de 5 mm). (20)

Por tanto, el modelo fue mecanizado de acuerdo con las recomendaciones de Pruett et al. y las mediciones del conducto se manipularon con el software AUTOCAD (Autodesk, San Rafael, CA, EE. UU.) (20).

El dibujo se estimó a partir del tamaño y las conicidades de los instrumentos

probados; sin embargo, el conducto era 0,2 mm más ancho que la lima a lo largo de su longitud para reducir la fricción y permitir que la lima girara libremente (diámetro a D0 mm = 0,45 mm; diámetro a D16 mm = 1,41 mm).

Así mismo fijó una tapa superior de vidrio transparente al modelo para observar la lima mientras la giraba hasta su fractura y para evitar su deslizamiento durante la rotación en el extremo apical, había un depósito circular para recoger las piezas fracturadas de los instrumentos. (20)

Ensayo de fatiga cíclica. - Para el ensayo de fatiga cíclica se utilizó una máquina de ensayo de materiales controlada por ordenador (Modelo LRX-plus, Lloyd instruments Ltd., Fareham, Reino Unido) compuesta por un compartimento móvil superior y una base fija inferior. La pieza de mano contra-angulada (NSK 20:1 contra angular, Nakanishi Inc., Tochigi, Japón) de un motor de reducción de velocidad controlado por par eléctrico de endodoncia (NSK Endo-Mate Dt, Nakanishi Inc.) se bloqueó en una posición reproducible mediante una plantilla hecha a medida. A continuación, esta plantilla se fijó a un adaptador que se atornilló en el compartimento móvil superior, mientras que el modelo de conducto simulado hecho a medida se fijó al compartimento fijo inferior de la máquina de ensayo apretando los tornillos. (20)

Continuando con el mismo autor, se tiene que se aplicó un aceite lubricante sintético al conducto simulado hasta que se inundó completamente con aceite antes de cada prueba. Además, las limas rotativas se pintaron con el lubricante antes de su uso para reducir la fricción entre las limas rotativas y el modelo de conducto de acero inoxidable para evitar la generación de calor. Cada una de las limas ensayadas se fijó a la pieza de mano del contra-ángulo y luego se insertó en el centro del conducto simulado perpendicular al orificio a la profundidad exacta con la ayuda del tapón de goma. Todas las limas se dejaron girar libremente dentro del conducto simulado de acuerdo con las instrucciones del fabricante (velocidad de 500 rpm y par de 1,5 N• cm) a temperatura ambiente, hasta la fractura (20).

La fractura del instrumento se detectó tanto visualmente por observación a través del vidrio transparente como automáticamente por el software informático, y el

tiempo se registró en segundos desde el inicio de la rotación hasta el momento de la fractura. La fórmula utilizada para el registro de fatiga cíclica fue el número total de ciclos hasta la falla (NCF) se calculó multiplicando el tiempo hasta la fractura en minutos por el número de rotaciones por minuto (500 rpm). (20)

$NFC = \text{Tiempo de fractura en minutos} \times \text{Número de rotaciones por minuto.}$ (20)

Medición del segmento fracturado- Para cada lima la longitud del segmento fracturado (FL) se midió utilizando un calibrador digital de precisión (Pinrui, Digital LCD Caliper, Shanghai, China) con una resolución de 0,01 mm. (20)

Caso 2.- Otro estudio concerniente a la Influencia de la deformación por flexión cíclica en la resistencia a la torsión de instrumentos convencionales de níquel-titanio y memoria controlada, cuyo objetivo del “Estudio fue evaluar la influencia de la deformación cíclica en la resistencia a la torsión de limas de níquel-titanio de memoria controlada (CM) en comparación con instrumentos super elásticos (SE) con características geométricas y dimensionales similares” para los fines del caso de investigación los métodos fueron el “Nuevo 30/.06 HyFlex (HF; Coltene/Whaledent, Inc., Cuyahoga Falls, OH), Typhoon (Clinician's Choice Dental Products, New Milford, CT), RaCe (FKG, La-Chaux De Fonds, Suiza) y los instrumentos ProTaper Universal F2 (F2; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza). El diámetro y la longitud del tono se midieron a lo largo de la parte activa de los instrumentos. (21)

Se evaluó el número de ciclos hasta la fractura (NFC) en fatiga por flexión y la resistencia a la torsión para las nuevas limas ($n = 10$). Diez nuevos instrumentos de cada tipo se fatigaron hasta 3/4 de su vida útil y luego se sometieron a torsión hasta la ruptura. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza de 1 vía ($\alpha = 05, < >$). (21) Entre los resultados, se encontró que “Los nuevos archivos CM tuvieron un NFC significativamente más alto en comparación con los instrumentos SE; La IC presentó el valor más alto ($P = .001$). El valor medio de par para F2 fue el más alto ($P = 001,3$). “interpreta si hubo o no correlación”. Los archivos CM reciclados a 4/003 NFC tuvieron un torque significativamente menor que los nuevos archivos (HF: $P=.001$, Typhoon: $P= .2$), mientras que los instrumentos SE no mostraron diferencias significativas (F059: $P = .079$, RaCe:

P =. < >)" el trabajo concluye señalando que "La carga de flexión cíclica redujo significativamente la resistencia a la torsión de los instrumentos CM" (21).

"Pruebas que se pueden realizar en el conducto artificial simulado":

1. **Pruebas estáticas.** "La lima gira en un conducto artificial a una longitud fija sin movimiento axial, la tensión de compresión y tracción que sufre la lima se concentra en la misma zona de la lima durante toda la prueba "(9). Sin embargo, como las limas no entran y salen dentro del conductos durante la prueba, este método puede no ser efectivo para simular un entorno clínico. (9)
2. **Pruebas dinámicas.** "La lima varía su posición dentro del conducto artificial durante la prueba, realizando un movimiento axial de entrada y salida dentro del conducto artificial, para asemejar el uso clínico durante la endodoncia" (9).
3. La zona donde la lima sufre la tensión se distribuye en un área más amplia a lo largo de su eje, la única información que puede proporcionar al clínico es el tiempo que una lima resiste en un conducto en las condiciones de la prueba, pero estas condiciones no son similares a una situación clínica real. (9)

"Pruebas que se pueden realizar en el conducto artificial simulado":

1. **Pruebas estáticas.** "La lima gira en un conducto artificial a una longitud fija sin movimiento axial, la tensión de compresión y tracción que sufre la lima se concentra en la misma zona de la lima durante toda la prueba "(9). Sin embargo, como las limas no entran y salen dentro del conductos durante la prueba, este método puede no ser efectivo para simular un entorno clínico. (9)
2. **Pruebas dinámicas.** "La lima varía su posición dentro del conducto artificial durante la prueba, realizando un movimiento axial de entrada y salida dentro del conducto artificial, para asemejar el uso clínico durante la endodoncia" (9).

La zona donde la lima sufre la tensión se distribuye en un área más amplia a lo

largo de su eje, la única información que puede proporcionar al clínico es el tiempo que una lima resiste en un conducto en las condiciones de la prueba, pero estas condiciones no son similares a una situación clínica real. (9)

2.1.3 Sistemas Rotatorios

“El tratamiento de los conductos radiculares de un diente ha llegado en los últimos años a un importante desarrollo y mejoras de su técnica y procedimiento, permitiendo conseguir mejores resultados con mayor control del trabajo y en menor tiempo” (23).

De hecho, la forma de practicarla ha sufrido un cambio drástico en los últimos años con la aparición de nuevas técnicas, equipos, materiales y las variaciones del instrumental utilizado para tal fin, entre ellos podemos mencionar al sistema rotatorio (23).

“La instrumentación rotatoria permite utilizar un menor número de limas, darle mayor conicidad que facilite la limpieza del conducto y posterior obturación” (23). Por tal razón pretende explicar la técnica de instrumentación mecánica de los conductos radiculares, exponiendo su diseño, características de composición, formas de uso y las ventajas o inconvenientes respecto a otros sistemas. (23)

Lo denomina instrumentación rotatoria por el tipo de conformación que realizan los instrumentos, capaces de rotar 360° dentro del conducto radicular, impulsadas por una fuente de energía (baja revolución) que pretende reunir los siguientes objetivos: (23)

- Limpieza y desinfección de los restos tisulares necróticos, tanto de tejido pulpar como paredes dentinarias ²³.
- Conformación de las paredes cavitaria intraradiculares determinada por el material de obturación²³.
- Tratamiento con misma tasa de éxito y predictibilidad ante conductos rectos y homogéneos, como ante conductos curvos, abruptos o semicalcificados o que requieran retratamiento ²³.

a) El motor

“Estos instrumentos fueron proyectados para su uso a través de movimientos rotatorios en sentido horario, utilizando motores eléctricos que ofrecen velocidad constante sin oscilación entre 150-600 rpm “(23). Indica que algunos motores ofrecen también un control automático incluso de torque (23).

De este modo representa una drástica importancia ya que cuando el instrumento es asociado en sentido horario y por alguna razón alcanza su límite de resistencia, que puede estar predeterminado en algunos aparatos, este instrumento para automáticamente (23).

Muchos de los motores actuales este movimiento rotatorio es invertido en sentido antihorario, cuando se alcanza el torque preestablecido lo que va a permitir al instrumento salir del conducto radicular con normalidad, algunos aparatos presentan dispositivos que permiten controlar el torque, de preferencia automático, que varía de 0,1 a 10 Nw por centímetro. (23)

Las diferentes marcas o casas comerciales del sistema rotatorio correspondiente suelen ofrecer su propio motor, algunos de ellos portátiles y con batería recargable, que facilita y disminuye la contaminación acústica, su transporte y almacenaje, algunos de ellos como:(23)

- Motor NSK²³
- TCM Endo (Nouvag, Suiza)²³
- EndoPro (Driller, Brasil)²³
- Endo Plus (Driller, Brasil)²³
- Quantec (E. Endodontic System- Analitic Sybron, EEUU)²³
- Tri Auto ZX 8 Morita, (Japón)²³
- Tulsa Dental (Dentsply)²³

b) Sistema de limas

Los sistemas de limas ofrecen una gran versatilidad al profesional, desde lo que prefieren una mayor instrumentación hasta los que prefieren una deformación apical mínima o, por otro lado, los que necesitan más taper por el tipo de

obtención ulterior, los que prefieren simplificar la técnica con tan solo el uso de dos limas, etc. (23)

Lo que si es cierto es que cada conducto es distinto y cada conducto marca unas necesidades por lo que puede ser más idóneo un tipo de instrumentación y por tanto un tipo de limas, todas ellas comparten una serie de componentes fundamentales: (23)

Taper/conicidad: Se trata de la conicidad que le damos a nuestra preparación conductual, a mayor conicidad mejor entrada de la solución irrigantes, y por ende mejor desinfección, mejor adaptación del material obturador y menor tracción de las limas, sin excesos ya que un taper excesivo puede debilitar mucho la raíz. (23)

Sección del instrumento: Nos va indicar sobre todo la relación del instrumento con las paredes dentinarias, suele ser triradial o biradial siendo más estable el centrado de la lima. (23)

Ángulo de corte: Nos da la agresividad al corte. Existen instrumentos con corte negativo, como Profile, cuya acción es más de desgaste que de corte; otros, como Pro Taper o Mtwo, son de corte activo con lo que quitarán más cantidad de dentina en menor tiempo, aunque por otro lado esa mayor agresividad hace que sean menos seguros. (23)

Técnica de instrumentación: Dos maneras distintas pueden darse en la manera que tienen de trabajar las limas, de modo que al tratarse de una técnica corono-apical, aunque tenemos sistemas como el Mtwo que trabaja desde la primera lima a longitud de trabajo (23). Sin embargo, este tipo de instrumentación es considerada la más apropiada pues favorecerá una descontaminación progresiva y un menor estrés en la lima ya que no trabaja en toda su longitud. (23)

Cuerpo de la lima: La cantidad de material del que esté confeccionada nos va a proporcionar mayor o menor robustez. (23)

c) Aleaciones de Ni Ti:

“Las limas Ni Ti contienen 56% de níquel y el 44% de titanio aproximadamente,

el electro pulido es un acabado final que se da a las limas para mejorar la resistencia, eficacia de corte, y resistencia a la corrosión”. Algunos estudios indican mayor resistencia a la fatiga cíclica de algunos instrumentos que contiene electro pulido a comparación de los que no lo tienen. (22)

d) Alambre CM Wire:

Este se introdujo en el 2010, y es la primera aleación que no posee propiedades super elásticas en ninguna temperatura, ya sea corporal o ambiente. Estos pueden deformarse a las variantes que se aplican en la fase martensítica, cuando se instrumenta conductos curvos, estos no tienden a enderezarse, este efecto memoria reduce los accidentes o errores durante la fase de instrumentación. (22)

“Sin embargo las aleaciones **M Wire** utilizadas en sistemas como ProGlider ha demostrado mejoras en la resistencia a la fatiga cíclica en comparación con NiTi convencional”. (30)

e) Aleación de acero inoxidable

Hasta hace 20 años, la mayoría de las limas endodónticas estaban fabricadas de acero inoxidable, esta aleación de acero inoxidable posee buena resistencia de corrosión, a la fractura y buena dureza, pero también tienen una rigidez intrínseca que aumenta a medida que aumenta el tamaño del instrumento, y por lo tanto un límite elástico bajo. Siendo así que, como consecuencia, durante la instrumentación de conducto curvo, aunque el pre curvemos las limas de acero inoxidable, intentan volver a su forma original, produciendo un mayor número de complicaciones durante la conformación de los conductos; como son las remociones excesivas de estructura dental, la formación de escalones el transporte apical e incluso la perforación de la raíz. (9)

2.1.4 Generaciones de los sistemas rotatorios

“El desarrollo de nuevos conceptos en el diseño y manufactura de los sistemas rotatorios ha ido evolucionando desde la producción del primer sistema rotatorio”

(9). Basándose en la clasificación realizada por (Haapasalo y Shen 2013;

Pág.:3–17.), en la actualidad encontramos cinco generaciones de sistemas rotatorios. (9)

a) Los sistemas rotatorios de la primera generación:

Poseen un ángulo de corte con filo pasivo, también llamado superficie de apoyo o radial, combinado con una conicidad constante de 0,04% o 0,06%, requiriéndose un mayor número de limas para conformar los conductos. Ejemplos de esta generación son el sistema ProFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), LightSpeed LS1 y LightSpeed LSX (Kerr Denta, Bioggio, Suiza). (9)

b) Los sistemas rotatorios de la segunda generación

Poseen un ángulo de corte con filo cortante y conicidad variable, se necesitan menos limas para instrumentar los conductos en comparación con la primera generación (9). ProTaper Universal (PTU, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), K3 (SybronEndo, Orange, CA, EE. UU.), EndoSequence y BioRace (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suiza) pertenecen a esta generación. (9)

c) Los sistemas rotatorios de la tercera generación

“Tienen mejoras en la metalurgia del NiTi, incorporando un tratamiento termo mecánico para aumentar la temperatura de transición “(9).El tratamiento térmico aumenta la flexibilidad de la lima y mejora la resistencia a la fatiga cíclica, algunos sistemas conservan el mismo diseño que en la segunda generación, pero se les aplica un tratamiento térmico, estos incluyen ProTaper Gold (PTG, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), ProFile Vortex (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EE. UU.) y K3XFF (SybronEndo, Orange, CA, EE. UU.) (9). Además, se introducen nuevos sistemas con esta metalurgia, como HyFlex CM (Coltène Whaledent, Altstätten, Suiza), Twisted Files (SybronEndo, Orange, CA, EE. UU.), Typhoontm (Clinician's Choice Dental Products, New Milford, CT, EE. UU.), ProFile GT Series X (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EE.UU.) y ProFile Vortex Blue (PVB, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, EE. UU.). (9)

d) La cuarta generación la conforman sistemas rotatorios:

Accionados por un movimiento alterno o recíproco, en vez del movimiento

continuo habitual, este movimiento disminuye la cantidad de limas necesarias para conformar los conductos, lo que condujo a la fabricación de dos sistemas en los que solo se utiliza una lima para preparar todo el conducto que son el sistema Wave One (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) y Reciproc (VDW). (9)

También pertenecen a esta generación M4 (SybronEndo, Orange, CA, EE. UU.), Endo-Eze AET (Ultradent, EE. UU.) y Endo-Express (Esencial Dental Systems, EE. UU.) y SAF (ReDent-Nova, Raanana, Israel). (9)

e) La quinta generación son sistemas rotatorios:

Con diseño “offset” o desplazado en los cuales el centro de rotación de la lima está desplazado produciendo un movimiento que reduce el contacto de la lima con las paredes del conducto durante la rotación dentro del conducto, ProTaper Next (PTN, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) y One Shaper (Besançon, Francia) son dos sistemas que pertenecen a este grupo. (9)

2.1.5 Mejoras en los sistemas rotatorios

“Los investigadores y fabricantes intentan desarrollar nuevos sistemas rotatorios mejorando, entre otras propiedades, la microestructura de la aleación de NiTi, la flexibilidad, la eficiencia de corte, la adaptación al conducto y la resistencia a la fractura” (9).

Es así que las mejoras se centran en el desarrollo de nuevas aleaciones de NiTi, nuevos tratamientos de superficie y mejoras en el diseño, las fracturas de los sistemas rotatorios es una preocupación mayor para el clínico en comparación con la de los instrumentos manuales (9).

Con el objetivo de evitar las fracturas de los sistemas rotatorios, además de las mejoras anteriormente comentadas, se están proponiendo cambios en la filosofía de la instrumentación durante las endodoncias con la introducción del movimiento recíprocante y con el uso de sistemas de lima única o usando un solo instrumento en los sistemas multilima una única vez y desechándolas. (9)

2.1.6 Mejora en las aleaciones

“Actualmente, con el objetivo de conseguir las mejoras nombradas, se

desarrollan otras aleaciones variando la aleación NiTi convencional, fabricando instrumentos cuya aleación contenga una mayor cantidad de fase martensítica” (9).

Las aleaciones de NiTi utilizadas para instrumentos endodónticos pueden clasificarse en tres grupos: los instrumentos que contienen principalmente la fase de austenita que son los instrumentos de NiTi convencional, M-Wire y fases, los instrumentos de Max-Wire. (9)

2.1.7 Mejora en los procesos de fabricación

“Los instrumentos de NiTi se fabrican mediante un proceso de torneado o por un proceso de enrollado, durante el proceso de fabricación se crea una superficie irregular en las limas con imperfecciones, surcos y grietas “(9). Además, durante el uso clínico, estas zonas de defectos en la superficie de las limas actúan como puntos de mayor concentración de tensión, lo cual finalmente puede provocar la fractura de la lima por esas zonas con surcos y grietas. (9)

Los sistemas rotatorios fabricados con un proceso de fabricación de enrollado, en comparación a los fabricados por un proceso de torneado, son mejores a la hora de enfrentarse a la instrumentación de un conducto radicular curvo y tienen una mayor resistencia a la fatiga cíclica (9).

Con el objetivo de reducir estas imperfecciones de la superficie se introdujeron los tratamientos de superficie, estos tratamientos son modificaciones adicionales a las técnicas de fabricación de los sistemas rotatorios (9).

Ahora bien, buscan mejorar las propiedades mecánicas, aumentar la dureza de la superficie, la flexibilidad, la eficiencia de corte y la resistencia a la fractura (9). El autor también expone sobre varios tratamientos de superficie como son el electropulido, la implantación de iones, el tratamiento criogénico y los tratamientos térmico. (9)

2.1.8 Fractura de los sistemas rotatorios

A pesar de todas las mejoras introducidas en los últimos años en estos sistemas rotatorios durante la práctica diaria de la endodoncia, pueden seguir apareciendo complicaciones no deseadas como son las fracturas de los sistemas rotatorios

dentro de los conductos, estas complicaciones dificultan y empeoran el pronóstico del tratamiento, haciendo necesario, en algunos casos, una cirugía endodóntica o incluso la extracción de la pieza. (22)

La fractura resulta del uso incorrecto o prolongado del instrumento endodóntico durante la instrumentación, por tanto, es importante seguir realizando investigaciones para ayudar a comprender la fractura de estos instrumentos y poder prevenirlas en lugar de tratarlas. (22)

2.1.9 Resistencia a la fractura por fatiga cíclica

La resistencia a la fatiga cíclica se puede comprender como la fuerza de un instrumento bajo un número de ciclos durante la instrumentación, que produce ciclos de tensión y compresión que afecta la vida útil del instrumento hasta la fractura, la fractura del instrumento se puede dar por (22): Fractura torsional: cuando el instrumento se obstruye en una parte del conducto, impidiendo que este se desplace, mientras sigue rotando. (22)

Fractura por flexión: Se ocasiona cuando la lima gire dentro de un conducto de gran curvatura, doblándose y produciendo así la fractura, normalmente esta fractura ocurre por el uso constante del instrumento, por ello es importante que estos sean un número limitado de usos. (22)

Cuando se realiza un esfuerzo en el momento de realizar la instrumentación, puede ocasionar una tensión, o producir la fatiga de la lima y posteriormente su fractura. Es por ello que la vida útil de la lima puede darse por su geometría, su aleación, y sus características. (22) Existen factores que contribuyen a la fractura de los instrumentos, entre los más importantes tenemos: (22)

Velocidad rotacional: existen estudios que indican que la velocidad a la que absorbe tensiones y resiste el desgaste mejor que el acero inoxidable (23).

Ahora bien, resulta interesante las propiedades especiales que nos provee esta gira el instrumento es un factor muy importante para la fractura de las mismas, en cada tipo de lima los fabricantes recomiendan una rotación por minuto (rpm), para asegurar el buen trabajo de la lima. (22)

Geometría y tipo de diente: la mayoría de los estudios que evalúan la fatiga

cíclica de los instrumentos, demuestran que la fractura se ocasiona en el mayor punto de la curvatura, en los conductos simulados, los ciclos que da la lima se ven modificados a medida que el ángulo de la curvatura aumenta y disminuye su radio. (22)

Según “Alsunboli et al. (2023), demostraron que la curvatura del conducto radicular influye significativamente en la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos rotatorios “. (29)

Número de usos: Normalmente se recomienda un solo uso en las limas rotatorias, aunque la mayoría de las veces, la cantidad de usos, queda a criterio del operador. Estudios demostraron que las fracturas de la lima se dan por la forma en la que utilizan, más que por la cantidad de usos. (22)

Diseño de los instrumentos: Al mejorar el diámetro y la sección transversal de las limas, va a haber una gran mejora con respecto a su resistencia. Un estudio de Shen y col. Indico que una sección transversal triangular y cuadrada en limas con CM Wire mostro una resistencia a la fatiga significativamente diferente. (22)

2.1.10 El níquel titanio en endodoncia, ventajas y desventajas

Las últimas evidencias el níquel titanio ha demostrado una mayor flexibilidad y resistencia a la fractura por torsión comparada con los instrumentos de acero inoxidable, el níquel-titanio supuestamente además aleación, como el efecto de memoria, es decir, que el níquel-titanio vuelve a su forma inicial después de la deformación y muestra con ello una súper elasticidad; por lo cual estos instrumentos no se pueden ni se requiere precurvar, es más, las limas de níquel-titanio pueden deformarse hasta un 10%, volviendo a recuperar su forma inicial, mientras que las de acero inoxidable tan solo es posible en un 1% (23). No hemos de olvidar cómo la deformación plástica de una aleación se caracteriza por su capacidad de sufrir deformaciones permanentes, sin alcanzar la ruptura. (23)

Esta propiedad permite evaluar la capacidad de trabajo mecánico que el material podría soportar, conservando, no obstante su integridad física, las limas níquel-titanio se fabrican tanto para ser utilizadas de forma mecánica rotatoria como para instrumentación manual, lógicamente modificándose su diseño adaptado a cada uso, pueden existir diferencias entre ambos tipos en los patrones de

deterioro (reflejados por el desgaste y la fractura), los instrumentos manuales nos permiten cierta sensación táctil, lo cual nos ayudaría a detectar el debilitamiento o la pérdida de afilado de instrumento, por lo contrario, los instrumentos de mecanización rotatoria permiten el desgaste y/o fractura sin signos previos de alarma, atendiendo a su comportamiento físico, la aleación y por tanto las limas, de níquel-titanio presentan dos fases cristalográficas.(23)

Es decir, cada lima, fabricada con este tipo de aleación, cuando está en reposo se encuentra en la fase de austenita, y cuando está en movimiento rotatorio, presenta una deformación conocida como martensita, propensa a la fractura, más por tanto este tipo de limas que las confeccionadas en acero inoxidable (23).

El mismo autor recalca que a lo largo de su trabajo de investigación sobre el tema, se tiene que: dos son los posibles tipos de fractura: torsional, en un 55% del total de fracturas de limas de níquel titanio, y las de tipo traccional, en un 45% del mismo, a pesar de lo expuesto, otras de las complicaciones que se pueden presentar al usar este tipo de instrumento es la fatiga cíclica del mismo, esta se refiere a los cambios dimensionales que el instrumento presenta posterior a cada vez que es utilizado debido al movimiento de flexión y deflexión, o explícitamente al número de rotaciones a la cual ha sido expuesto dentro del sistema de conductos radiculares, el cual aumenta con el grado de curvatura que el conducto presente. (23)

Siguiendo al mismo autor se ha encontrado que, otro conjunto de factores que pueden favorecer a la fractura de los instrumentos son las: medidas de desinfección y esterilización y revoluciones del micro motor, como más importantes, debido que comprobó como la desinfección con glutaraldehído, como con hipoclorito al 2,5% y hasta diez ciclos de esterilización, no influía en las características de resistencia de las limas y por tanto no favorecía su posible fractura. (23)

En cuanto a la velocidad no se aconseja superar el 350 rpm, ya que ello puede favorecer una degeneración intrínseca del instrumento, aunque en muchas ocasiones en un factor dependiente, en el que se crece de evidencia, del

operador y su experiencia con el sistema, otro factor a tener en cuenta es la potencia de corte: clásicamente se decía que el instrumento manual presenta mayor capacidad de corte frente a una mayor constancia del rotatorio, siendo nuevamente la experiencia un factor difícil de medir en ningún estudio que pueda comprar ambos aspectos.(23)

En la actualidad, el diseño de instrumentos y materiales se están adaptando por fin a los objetivos de la limpieza y desinfección del conducto y su posterior obturación, sin olvidar comodidad, rapidez y seguridad para profesional y paciente (23). No obstante, las aleaciones de níquel titanio, han permitido realizar nuevos diseños de hojas, instrumentos afilados más grandes, sistemas de tamaños alternativos y la introducción de movimientos rotatorios para la limpieza y conformación de los conductos radiculares. (23)

2.1.11 Longitud del fragmento

Para el autor, las limas NiTi ofrecen grandes ventajas, pero a pesar de ello pueden fracturarse, lo cual afecta el pronóstico del tratamiento. Estos instrumentos pueden fracturarse, cuando se utilizan en varios ciclos, o inclusive cuando son pocos los ciclos, el documento analizado explica que la fractura de las limas pueden ser en cualquier momento de la preparación biomecánica, existe una controversia en algunos estudios que manifiestan que las limas más pequeñas tienden a fracturarse con mayor facilidad, debido a que la sección transversal es también más pequeña y propensa a una fracturas torsionales, y que esta se da al inicio de la limpieza del conducto, mientras que otro estudios manifiestan lo contrario, que la limas más gruesas y rígidas son las que serían más propensas a la fractura, y se da en las etapas finales del tratamiento. (22)

Asimismo es relevante hacer hincapié en que existen algunos factores que influirán en la fractura de las limas rotatorias, como lo son lubricación, la velocidad de rotación, el autor de este artículo remarca que cuando se realiza una instrumentación con las limas NiTi es necesario que el conducto este simple lleno de la sustancia irrigante, también se debe realizar un movimiento de “picoteo” subiendo y bajando, esto ayudará a que la lima no se enrosque en el conducto y por ende no se fracture, distribuyendo las cargas y alejándolo del

punto de máxima de fractura por flexión; la velocidad de rotación un factor importante en la deformación y fractura de las limas, debido a que tienden a fracturarse a altas velocidades y no se debe de forzar hacia apical el ingreso de la lima, para evitar así un riesgo de fractura.(22)

Un otro factor de fractura podría ser el torque en que se usan las limas rotatorias, existen estudios que demuestran, que cuando se utilizan limas NiTi en motores que simulen un movimiento de picoteo, este ayudar a aumentar la vida útil de las limas. (22) la resistencia a la fatiga cíclica entre las limas MG3 Blue, One Curve y Plex-V.

2.1.12 . Definición Conceptual

Sistemas rotatorios.

Instrumentos de NiTi impulsados en sentido horario hasta completar una revolución equivalente a 360°, dentro del conducto impulsado por una fuente de energía. (22)

2.1.13 Longitud del fragmento

Longitud se define como distancia entre dos puntos. Significa determinar la medida del fragmento fracturado. (22)

2.1.14 Resistencia a la Fatiga cíclica.

La resistencia a la fatiga cíclica corresponde al número de ciclos que un instrumento puede soportar bajo ciclos repetidos de tensión y Compresión, hasta la rotura y la dispersión de la vida útil de los Instrumentos de NiTi, y su carga deflectora (DL) cambia durante la fatiga cíclica. (22)

2.2 Hipótesis

Hipótesis Nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en la resistencia a la fatiga cíclica entre las limas MG3 Blue, One Curve y Plex-V.

Hipótesis alternativa: Existe diferencia estadísticamente significativa.

2.3 Marco Contextual

2.3.1 Estado del Arte

Se consultaron trabajos similares al tema planteado, en el contexto internacional se han identificado investigaciones con diversos resultados y conclusiones sobre el presente tema de estudio, sin embargo, en el contexto nacional no se han identificado trabajos con el alcance del tema propuesto, lo que hace que el presente caso de estudio, según su estructura, sea un aporte innovador.

2.3.2 Reseña histórica

En 1838, Edward Maynard creó el primer instrumento endodóntico partiendo del muelle de un reloj con el objetivo de limpiar y ensanchar el conducto radicular (23). Este principio técnico preconizado por Maynard persistió hasta recientemente ya que, para ensanchar convenientemente un conducto radicular, hasta la lima K N° 25 y empujando con la del número 10, se necesitaba aproximadamente 1.200 movimientos de presión introductoria y movimiento oscilante en dirección ápice y de tracción lateral a las paredes laterales. (23)

Este tipo de instrumentación considerada clásica o convencional determinaba un aumento en el diámetro del conducto radicular correspondiente al creciente aumento numérico de los diámetros de los instrumentos, siendo esa instrumentación realizada en sentido api coronal y en toda la extensión del conducto, con el fin de facilitar y mejorar la eficiencia de la técnica, en 1899 se empezó hablar de la instrumentación mecánica o mecanizada, que aliviaba de trabajo al dentista, empezando a utilizarse un taladro en el interior del conducto accionado con un motor dental.(23)

Para evitar las fracturas de los instrumentos, se limitó el número de revoluciones a 100 rpm., pero no fue hasta la llegada del cabezal de lima de Racer, en 1958, con movimientos oscilatorios longitudinales, y con el contra ángulo de Giromatic, en 1964, cuando comenzó la verdadera época o era de la instrumentación mecánica/ rotatoria del conducto radicular (23).

Tras la aparición del contra ángulo de Giromatic (micromega), a lo largo de estos últimos 50 años han sido muchos las técnicas de instrumentación mecánica que

utilizan diversos movimientos de flexión, algunos de ellos utilizan movimientos de rotación recíproca (Giromatic) con una velocidad de 300 rpm, considerado el sistema mecánico más conocido denominado Kerr Endo lift. Éste consistía en un movimiento de tracción combinado con rotaciones de cuarto de vuelta. (23)

Mientras, el sistema Endo cursor funcionaba con movimientos de rotación continuos y el sistema Intra Endo con movimientos de tracción lineal, sin embargo, todos estos sistemas fueron criticados por su capacidad de modelar el sistema de conductos radiculares debido a la constante formación de escalones y desviaciones de los conductos, y de convertir los conductos curvos en demasiado rectos, con el riesgo que ello supone. (23)

A mediados de los años 80, surgió un nuevo sistema, que marcó la transición a sistemas rotatorios más flexibles y con un aumento en su capacidad de torsión longitudinal, el sistema Canal Finder: éste operaba con movimientos lineales de 0,4 a 0,8 mm., este tipo de instrumentación evolucionó aún más con la llegada de un nuevo material de composición para las limas el níquel titanio. (23)

2.3.3 Marco Institucional

El presente estudio: “Comparación de la resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en tres sistemas rotacionales (Mg3 Blue, One curve y Plex-V): estudio in vitro en la clínica odontológica de la U.A.S.B. año 2024”, se realizó en la Clínica Odontológica de la Universidad Andina Simón Bolívar en la ciudad de Sucre; Capital constitucional del Estado Plurinacional de Bolivia, para obtener el Grado Académico de Especialista en “ENDODONCIA”

La ciudad de Sucre se encuentra ubicada en la Provincia Oropeza del departamento de Chuquisaca, a una altura de 2,790 m.s.n.m, es sede de la Universidad Andina Simón Bolívar, institución educativa que pertenece a la Comunidad Andina de Naciones (CAN), que es una comunidad de países unidos voluntariamente con el objetivo de alcanzar un desarrollo integral, más equilibrado y autónomo, mediante la integración andina, suramericana y latinoamericana. (24)

Los países que integran la CAN son: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, los cuales están unidos por el mismo pasado, una variada geografía, una gran

diversidad cultural y natural, así como por objetivos y metas comunes (24). Teniendo una Visión de Universidad de integración de los Estados y Pueblos, generadora de ciencia, tecnología e innovación especializada en el perfeccionamiento pos gradual de profesionales. (24)

Actualmente la Sede Central permanente se encuentra en Sucre - Bolivia, existiendo una sede nacional en Quito, Ecuador, una Sede Local en La Paz Bolivia y oficinas en Lima Perú y Bogotá, Colombia (24). Subrayando la sede central que se encuentra en Bolivia está ubicada en el departamento de Chuquisaca, provincia Oropeza y en el Municipio de Sucre, cuenta con programas de posgrado en sus diferentes niveles: doctorado, maestría, diploma superior, especialización superior, programas de educación continua, actualización y capacitación profesional, que incluyen cursos abiertos, seminarios y talleres. (24)

En el área académica de salud cuenta con una Clínica Odontológica de la Universidad Andina Simón Bolívar, ofreciendo maestrías y Especialidades en Ortodoncia, Rehabilitación Oral y pediatría, los cuales cuentan de un complejo universitario en el barrio de Villa Armonía (campus Universitario), con un servicio de clínicas que proporciona una atención social a la población, actualmente ofrece a la población tratamientos en estas especialidades. (24)

El Programa de Especialidad en “Endodoncia” cuenta con una enseñanza de prestigio con docentes internacionales de alto grado curricular, que realizan una supervisión a los estudiantes con los casos clínicos (24).

En cuanto a futuros aportes al área de la endodoncia, no se debe perder de vista que los fabricantes de sistemas para la adecuación y obturación de conductos han mejorado sus diseños y evolucionado, generando la necesidad en los especialistas de adquirirlo para el uso en su consulta diaria; además estos sistemas permiten un mejor desempeño para lograr los objetivos propuestos en el tratamiento del sistema de conductos radiculares; sin embargo, el especialista en endodoncia de hoy, debe ejercer su práctica de acuerdo a los avances en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los cuales se han investigado como equipos, biomateriales e instrumentos con los que necesita realizar sus

procedimientos clínicos. (24)

Por consiguiente, el estudio de casos clínicos como el presente, deben ser constantes con la finalidad de aportar al conocimiento del profesional en odontología para que, a la hora de elegir limas rotatorias, de la tan amplia gama que hoy existe en el mercado, deje de ser un dilema y en todo caso sea más práctica y emergente de la sistematización de experiencias de casos clínicos.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque, tipo y diseño de investigación

a) Enfoque de la investigación - cuantitativo

Según Cáceres (1996) la base conceptual de la Investigación Cuantitativa, se centra fundamentalmente en los aspectos observables y susceptibles de cuantificación de los fenómenos educativos, utiliza la metodología empírico-analítica y se sirve de pruebas estadísticas para el análisis de datos. (25).

El enfoque cuantitativo de la investigación, se caracteriza por la recolección de los datos del análisis experimental, mediante las mediciones numéricas y los resultados serán analizados de forma estadística para extraer conclusiones y probar las hipótesis.

b) Tipo y diseño de la investigación

Es un estudio experimental, descriptivo, in- vitro

De tipo Experimental, por cuanto el factor de estudio que se deseó evaluar se presentó de manera intencional emergente de la experimentación según el objeto de investigación para su exposición, reportando las características de los eventos según fueron observados, por consiguiente, para el diseño del “ESTUDIO - IN VITRO” fue planificado, según las variables de estudio de una muestra representativa de la población.

Temporalidad: El estudio es prospectivo, registrando el tiempo de la resistencia de la fatiga cíclica y la información se obtuvo de datos reales.

3.2 Población y Muestra

a. Población

12 limas rotatorias MG3 Blue de rotación continua 25.06 a 300 rpm y 2.0N/cm, 12 Limas One Curve a 300 rpm 2.5 N/cm de rotación continua 25.06 y 12 limas de rotación continua Plex-V a 300 rpm 2.5 N/ cm que se encuentren en el mercado nacional, haciendo un total de 36 limas.

b. Determinación del tamaño de la muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico, tomando en cuenta el 100% de la

población.

Especificando que el tamaño de la muestra se determinó tomando como referencia investigaciones previas que evaluaron la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos rotatorios de (Ni ti) bajo condiciones in vitro similares. Como Gutiérrez Juyo (2021), utilizo 15 instrumentos por grupo para comparar la resistencia a la fatiga cíclica flexional entre los sistemas recíprocante Only One File Y Recíproc Blue (14). Así mismo Rivera Díaz (2019) evaluó cuatro sistemas rotatorios de instrumento único (Recíproc Blue, Wave One Gold, HyFlex EDM y XP Endo Shaper) empleando 10 limas por grupo en su estudio in vitro, demostrando que dicho tamaño muestral fue suficiente para obtener resultados estadísticamente significativos (15).

3.3 Variables de Estudio

a) Identificación de Variables.

Primera variable: Sistema instrumentación rotatorio

Instrumentación rotatoria por el tipo de conformación que realizan los instrumentos, capaces de rotar 360° dentro del conducto radicular, impulsadas por una fuente de energía. (23)

Tipo de variable. Cuantitativa de escala nominal, independiente.

Escala de variable. De razón.

Primera Covariable: Tipo de lima de NiTi

Lima de NiTi, tamaño 25 taper 0.06%, de cada uno de los sistemas seleccionados a) MG3 Blue, b) One Curve y c) Plex-V que se utilizaron para la preparación biomecánica del conducto radicular, identificadas por su forma, tipo de sección transversal y diseño específico de acuerdo al fabricante.

Tipo de variable: cuantitativa, escala nominal

Escala de variable: De razón. **Valores o índices en rpm:** a) 300 y 2.0 N.cm b) 300 y 2.5 N.cm y c) 300 y 2.5 N.cm

Segunda variable: resistencia a la fatiga cíclica

Es la capacidad de la lima de NiTi para mantenerse rotando en el interior del conducto radicular o conducto simulado, hasta antes de su fractura (22). En esta tesis, se consideró el número de rotaciones o ciclos en movimiento rotatorio a que se somete la lima de NiTi seleccionada, antes de su fractura, al ser utilizada in vitro en el interior de un conducto simulado con 60° grados de curvatura y un radio de 5mm.

Tipo de variable. cuantitativa continua, dependiente.

Escala de variable. De razón.

Segunda Covariable: tiempo hasta que ocurra la fractura

Lapso de tiempo medido en segundos, desde el inicio del movimiento rotatorio hasta que ocurre la fractura de la lima.

Tipo de variable. cuantitativa

Escala de variables. De razón.

Indicadores: Fórmula de cálculo. Numero de ciclos del instrumento hasta la fractura (NFC), se utilizó la siguiente fórmula $NCF = rpm \times tiempo \text{ de fractura (seg)} / 60 \text{ seg. (26)}$

Valores o índices. Ciclos a la fractura.

Tercera variable: longitud del fragmento

Parte activa de la lima que queda dentro del conducto simulado al ocurrir la fractura flexural (22).

Indicadores. Milímetros.

Tipo de variable. Cuantitativa continua, dependiente.

Escala de variable. De razón.

Valores o índices. 0-18 mm.

Diagrama de Variables

Tabla 1.

Diagrama de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	TIPO	ESCALA	VALORES O INDICES
Sistema de instrumentación rotatoria (23)	Instrumentación rotatoria por el tipo de conformación que realizan los instrumentos, capaces de rotar 360° dentro del conducto radicular, impulsadas por una	Lima 25 0.06 % de tres sistemas de instrumentación mecanizada por rotación continua con instrumentos de Ni Ti	Independiente	a) Lima 25 0.0	Cuantitativa continua	nominal	a) Rpm: 300 y 2.0 N/cm
				b) Lima 25 0.06% One Curve			b) Rpm: 300 y 2.5 N/cm
				c) Lima 25.006 % Plex-V			c) Rpm: 300 y 2.5 N/cm

	fuelle de energíá.						
Resistencia a la fatiga cíclica (22)	La resistencia a la fatiga cíclica corresponde al número de ciclos que un instrumento puede soportar bajo ciclos repetidos de tensión y compresión hasta la rotura y la dispersión de la vida útil de los Instrumentos de	El número de ciclos rotatorios que da el instrumento hasta que ocurre la fractura flexural, cuando es utilizado en un modelo simulado de conducto radicular con 60° de curvatura y 5 mm de radio	dependiente	Ciclos de cálculo:	Cuantitativa continua	De razón	Ciclos a la fractura
				NFC (Numero de ciclos del instrumento hasta la fractura. Formula:			
				$NCF = R_p \times m \times \text{tiempo de fractura (seg)}/60 \text{ seg.}$			

	NiTi, y su carga deflector a (DL) cambia durante la fatiga cíclica						
Longitud del fragmento (22)	Longitud se define como distancia entre dos puntos. Significa determinar la medida del fragmento o fracturado	Parte activa de la lima que queda dentro del conducto simulado al ocurrir la fractura flexural.	dependiente	milímetros	Cuantitativa continua	De razón	0-18 mm

Nota: Elaboración Propia

3.4 Criterios de inclusión y exclusión

a. Criterios de inclusión

- Limas rotatorias
- Limas nuevas en su empaque original.
- Limas de 25 mm de longitud
- Limas MG3 Blue de rotación continua. 25.06
- Limas One Curve de rotación continua. 25.06
- Limas Plex- V de rotación continua. 25.06

b. Criterios de exclusión

- Limas que presenten deformaciones.

3.5 Procedimientos para la recolección de la información

a. Fuentes para la recolección de la información

- **Fuentes primarias**

Simultáneamente, se consultaron varias tesis de grado y artículos científicos al tema de estudio, revistas especializada y publicaciones en sitios web, todos los artículos de revisión bibliográficas tienen los siguientes criterios:

Artículos y tesis sobre los factores que afectan a la resistencia a la fatiga cíclica de los sistemas rotatorios:

- Artículos sobre la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes sistemas rotacionales
- Tesis sobre sistemas rotatorios en Endodoncia
- Sitios Web relacionados al tema
- Publicaciones desde el 2016 de acuerdo al tema

Se incluye la información de las limas rotatorias 25.06 Ni Ti de los sistemas MG3 Blue, One Curve Plex -V, nuevas con el cumplimiento de las características y especificaciones del fabricante, se excluye información de las limas rotatorias Ni

Ti de los sistemas MG3 Blue One Curve y Plex –V, en las que se observen deformaciones mediante la observación con lupa.

También se excluye información de las limas rotatorias de Ni Ti de los sistemas MG3 Blue, One Curve y Plex- V, nuevas en las que se observen con lupa defectos de fabricación produciendo alteraciones sobre su longitud.

- **Fuentes Secundarias**

La información se recolecto de la prueba in vitro de fatiga cíclica, de las limas MG3 Blue y One Curve y Plex- V realizado en la clínica odontológica de la UASB en el año 2024.

3.5.1 Descripción de los instrumentos

Para el estudio in vitro se elaboró una hoja de registro, en la cual se fue recolectando los datos del estudio experimental, la hoja de registro contiene los grupos de estudio, el torque, las revoluciones por minuto, a las que fueron sometidas las limas rotatorias y las medidas del instrumento fracturado. (Anexo).

3.5.2 Procedimientos y técnicas

1. Técnicas

La técnica es de observación experimental.

2. Materiales Selección de las limas

Para este estudio fueron seleccionados tres sistemas rotatorios de NiTi de similares calibres y de la misma longitud como las: Limas MG3 Blue de rotación continua 25.06 a 300 rpm y 2N/cm, limas One Curve de rotación continua 25.06 a 300 rpm 2.5 N/cm y Plex-V a 300 rpm y 2.5 N/cm. Un total de 36 instrumentos fueron evaluados, con lupa de magnificación de 2.5X-R de marca Cicada/modelo CV- 292 verificando que no presenten deformaciones.

Instrumentos mecánicos

- Motor de endodoncia (Endo Radar Pro de Woodpecker)
- Cronómetro
- Un dispositivo metálico con conductos simulados
- Dos dispositivos de prensa de fijación
- Dos equipos celulares
- Un calibrador
- Regla endodóntica milimetrada
- Un aro de Luz
- Una mesa para fijación de los instrumentos
- 1 computadora
- 12 limas MG3 Blue de rotación continua 25.06
- 10 limas One Curve de rotación continua 25.06
- 12 limas Plex- V de rotación continua 25.06
- Aceite sintético

3.5.3 Accesorios de trabajo

- Pijama clínico
- Gorro
- Guantes de látex
- Protector facial
- Campos de trabajo
- Barbijo

Pasos para el procedimiento

- **Primer paso:** Se utilizó un dispositivo de fatiga cíclica de acero inoxidable

que fue utilizado en estudios previos, también un contra ángulo del motor de endodoncia (Endo- Radar Pro de Woodpecker), este contra ángulo fue sujetado en una prensa fija en una mesa para permitir la introducción del instrumento dentro del conducto artificial este también fue sujetado por otra prensa. (imagen1 y 2)

- **-Segundo paso:** Antes de rotar las limas dentro del conducto artificial, se colocó aceite sintético universal nitram para lubricar, todos los instrumentos rotatorios estudiados fueron introducidos a un conducto artificial curvo que tiene un ángulo de curvatura de 60° y un radio de 5 mm. Todos los instrumentos 25.06 de los tres sistemas rotacionales de estudio se colocaron a 18 mm a 300 rpm y fueron activados hasta que ocurra la fractura. (imagen 3 y 4)
- **Tercer paso:** Procedimiento del estudio experimental fue grabado por una cámara de celular en un trípode y el reloj del cronómetro estuvo a cargo de asistente deteniéndolo cuando detecte visualmente la fractura de cada uno de los instrumentos estudiados, el mismo procedimiento para todos.
- Se registró el tiempo de la fractura de los instrumentos con el cronómetro del celular, para convertirlos en ciclos de rotación en segundos, el número de ciclos hasta la fractura se calculó multiplicando el tiempo en segundos por la cantidad de rotaciones por minutos (NCF)/60 segundos (26).
- A través de la ventana transparente del dispositivo mecánico de fatiga cíclica se detectó la fractura de los instrumentos.

3.6 Procesamiento y análisis de los datos

a. Procesamiento.

Los resultados de datos obtenidos fueron consolidados, procesados y evaluados en una base de datos en el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 23. Para el análisis estadístico se utilizó la estadística descriptiva para obtener las medidas de tendencia central (media), y medias de dispersión (desviación estándar) todos los resultados fueron registrados en una tabla y también se

utilizó para la comparación de datos el método el análisis de varianza (ANOVA).

b. Análisis estadístico de la información

- Elaboración de tablas y gráficos
- Análisis de los resultados de las tablas y de los gráficos.
- Análisis comparativo de los tres sistemas rotacionales
- Se utilizó la prueba T-Student para identificar la diferencia de la tendencia central (media) de los grupos de estudio y el método de varianza (ANOVA).
- Se fijó la significancia a un nivel de confianza del 95%.

3.7 Delimitación de la investigación

a. Delimitación geográfica

El presente estudio se realizó en la Universidad Andina Simón Bolívar.

b. Sujeto u objetos

Limas rotatorias de instrumento único 25.06 MG3 Blue, One Curve 25.06 y Plex-V 25.06.

c. Delimitación Temporal

El presente estudio in vitro fue desarrollado entre los meses de septiembre de 2023 a septiembre de 2024.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

Tabla 2.

Resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional MG3 Blue a 300 rpm.

Sistema rotacional	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
NFC	1	91760,8	1203,63	347,45	90996,08	92525,59	90000	93520
MG3	2	3	4	9				
BLUE								
300								
rpm								
2N.cm								

Nota: Elaboración Propia

Para el sistema rotacional MG3 Blue a 300 rpm, se tomó una muestra de 12 limas, para las cuales se midió principalmente la media del NFC 91760,83 y su desviación estándar 1203,63; donde el intervalo de confianza es al 95%, el valor de confianza para la media del límite superior es de 92525,59 y el límite inferior es de 90996,08, cuyos valores reales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional One Curve a 300 rpm.

Sistema rotacional	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
NFC One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	12	103292,0	1923,22	555,18	102070,04	104513,96	101388	107100

Nota: Elaboración Propia

Para el sistema rotacional One Curve a 300 rpm, se tomó una muestra de 12 limas, para las cuales se midió principalmente la media del NFC 103292 y su desviación estándar 1923,22, donde el intervalo de confianza es al 95%, el valor de confianza para la media del límite superior es de 104513,96 y la media para el límite inferior es de 102070,04, cuyos valores reales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.

Resistencia a la fatiga cíclica del instrumento 25.06 en el sistema rotacional Plex- V a 300 rpm.

Sistema rotacional	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
NFC PLEX - V 300 rpm 2,5 N.cm	12	81841,67	2765,85	798,43	80084,33	83599,00	77700	85800

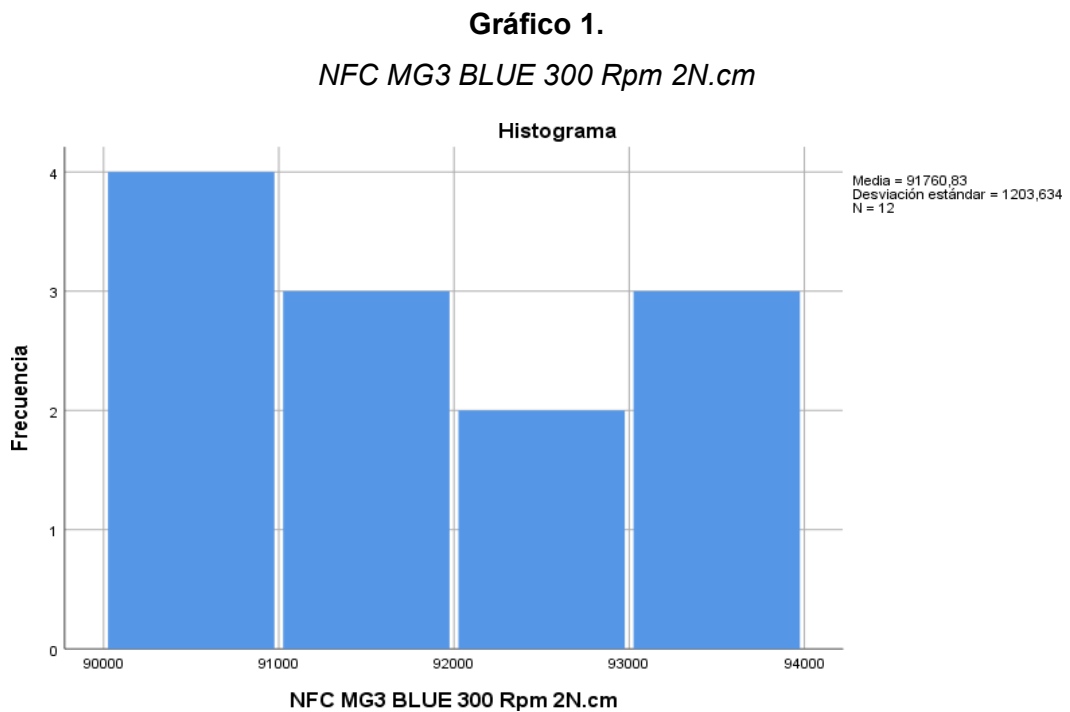
Nota: Elaboración Propia

Para el sistema rotacional Plex-V a 300 rpm, se tomó una muestra de 12 limas, para las cuales se midió principalmente la media del NFC 81841.67 y su desviación estándar 2765.85, donde el intervalo de confianza es al 95%, el valor de confianza para la media del límite superior es de 83599,00 y la media para el límite inferior es de 80084,33, cuyos valores reales se muestran en la siguiente tabla:

Para la comparación estadística de la resistencia a la fatiga cíclica entre los tres sistemas rotacionales, se hizo uso de la herramienta estadística ANOVA con un criterio de clasificación, que se utiliza para probar la diferencia entre diversas medias (más de dos medias).

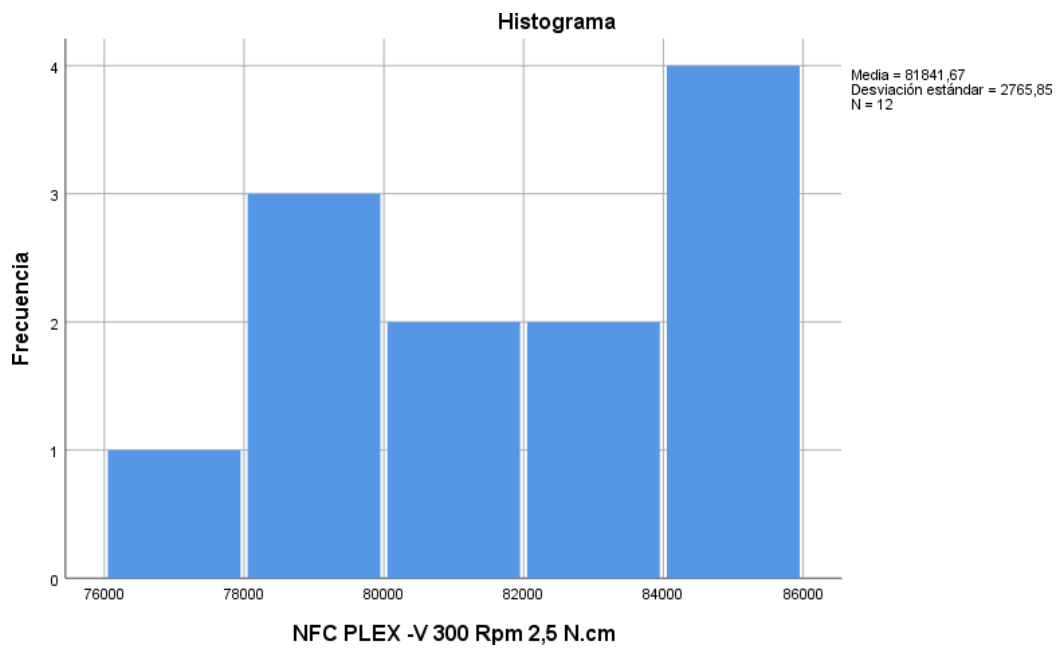
Una suposición fundamental en la que se basa el análisis de varianza consiste en que diversas medias muestrales se obtienen a partir de poblaciones con distribución normal, para probar esta suposición se hizo uso del software SPSS para probar la normalidad poblacional en base a los datos estadísticos obtenidos en las muestras para los tres sistemas los cuales se muestra en la siguiente tabla:

En los siguientes gráficos se presentan los histogramas de los tres sistemas cuyos datos se muestran en el cuadro anterior, tal como siguen:



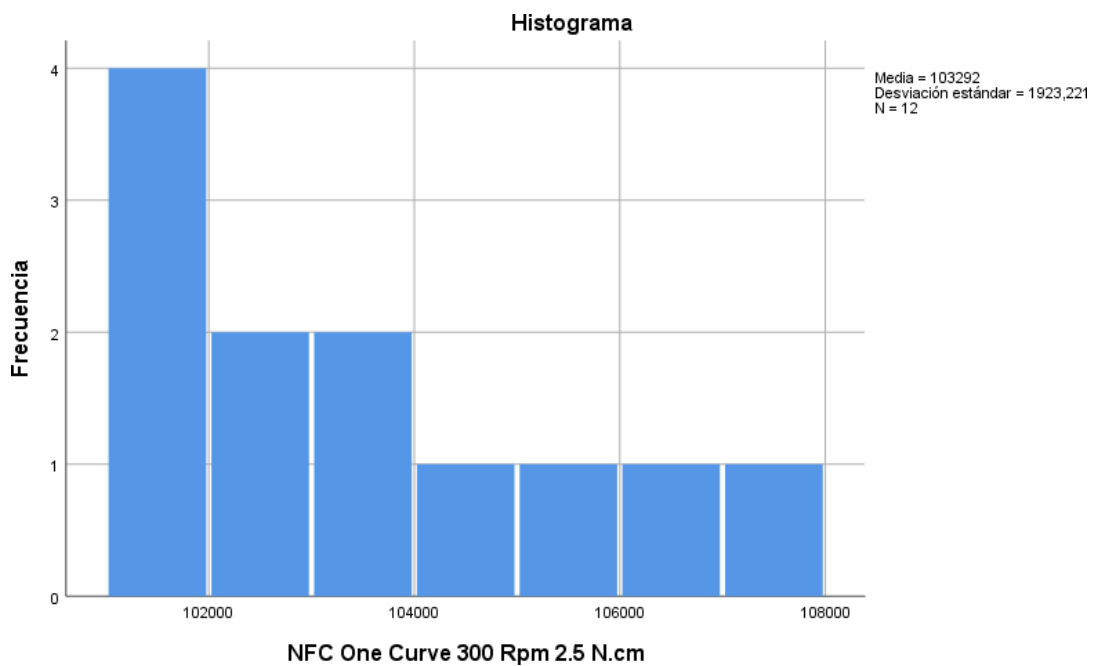
Nota: Elaboración Propia

Gráfico 2.
NFC PLEX -V a 300 Rpm 2,5 N.cm



Nota: Elaboración Propia

Gráfico 3.
NCF One Curve 300 Rpm 2.5 N.cm



Nota: Elaboración Propia

Si bien los histogramas no muestran una distribución normal de los datos

muestrales para los tres sistemas rotacionales, se procedió a la prueba de Shapiro – Wilk para determinar si los datos a nivel poblacional presentan o no una distribución normal.

Para la prueba de normalidad se usó la prueba normalidad de Shapiro-Wilk, el cual plantea las siguientes hipótesis:

H0: Los datos están normalmente distribuidos H1: Los datos no están normalmente distribuidos

Los resultados arrojados por el software SPSS para la prueba de normalidad de Shapiro –Wilks se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.
Prueba de Normalidad de Shapiro –Wilks

Sistemas rotacionales	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	sig
NFC MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	,946	12	,582
NFC Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	,941	12	,508
NFC One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	,884	12	,098

Nota: Elaboración Propia

De la anterior tabla, se puede ver que el (sig) p-valor para los tres casos son mayores que 0,05, por lo que se no se rechaza la H0, y se concluye que los datos están normalmente distribuidos.

Ya que se ha demostrado que los datos poblacionales de los que se han obtenido las muestras, están normalmente distribuidos, en la siguiente tabla se muestra los resultados descriptivos de la prueba ANOVA tal como sigue:

Tabla 7.
Resultados Descriptivos de la Prueba ANOVA

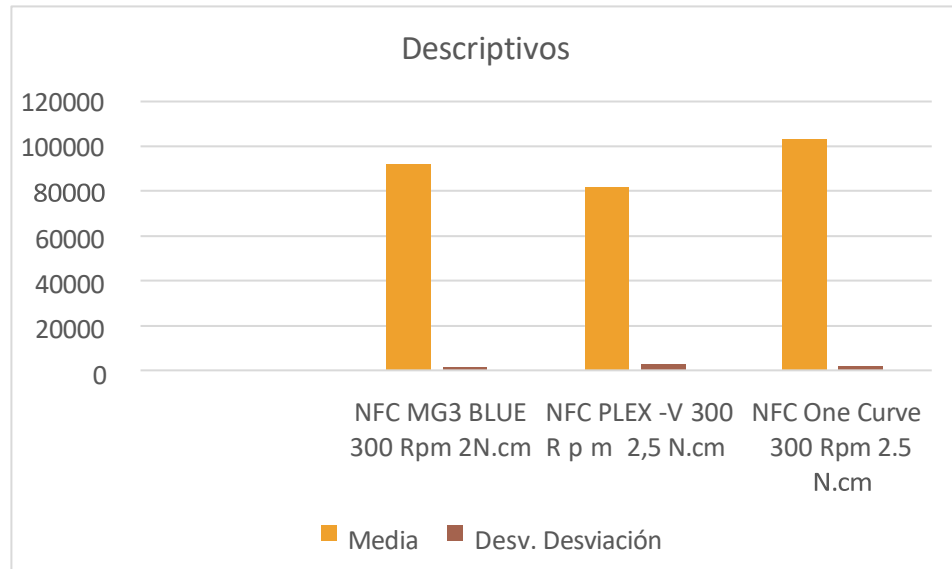
Sistemas rotacionales	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
NFC MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	12	91760,83	1203,634	347,459	90996,08	92525,59	90000	93520
NFC Plex-V 300 rpm 2,5 N.cm	12	81841,67	2765,850	798,432	80084,33	83599,00	77700	85800
NFC One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	12	103292,0	1923,221	555,186	102070,04	104513,96	101388	107100
Total	36	92298,17	9113,051	1518,842	89214,75	95381,58	77700	107100

Nota: Elaboración Propia

El anterior cuadro muestra el número de observaciones por cada sistema

rotacional, las medias, así como las desviaciones estándar y los intervalos de confianza al 95% y sus valores mínimo y máximo.

Gráfico 4.
Resultados Descriptivos de la Prueba ANOVA



Nota: Elaboración Propia

El siguiente cuadro muestra el resultado de la prueba ANOVA, en la que se determina si existen o no diferencias en las medias de la resistencia de las fatigas cíclicas de los tres sistemas:

Tabla 8.
Resultados Prueba ANOVA

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2765897888,667	2	1382948944,333	324,194	,000
Dentro de grupos	140771834,333	33	4265813,162		
Total	2906669723,000	35			

Nota: Elaboración Propia

Las hipótesis que se plantean para la prueba ANOVA son los siguientes: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

H_1 : no todas $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

En la última columna del cuadro anterior (sig), se muestra el p-valor obtenido de la prueba ANOVA, el cual es menor que 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0). Por lo que existe evidencia estadística de que hay diferencia en por lo menos una de las medias de NFC de los tres sistemas rotacionales.

Tabla 9.

Determinación de la existencia de diferencias en el tamaño del fragmento fracturado de las limas MG3 Blue, One curve y Plex-V en la resistencia a la fatiga cíclica.

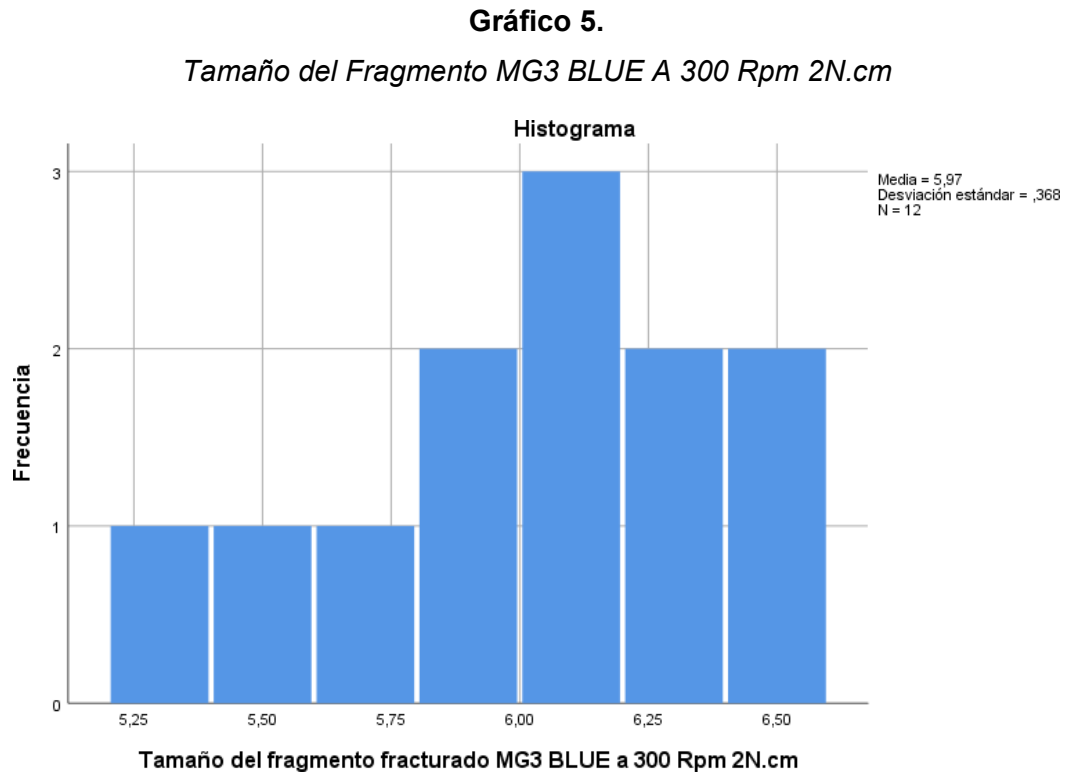
Tamaño del fragmento fracturado MG3 Blue a 300 rpm 2N.cm	Tamaño del fragmento fracturado Plex-V a 300 rpm 2.5 N.cm	Tamaño del fragmento fracturado One Curve 300 rpm 2.5 N.cm
5,6	6,9	6,8
5,3	6,4	6,3
6	5,8	5,7
6,1	6,6	6,5
6,3	6,7	6,6
6,2	6,8	6,7
6,4	5,9	5,8
6	6	5,9
6,5	6,7	6,6
5,8	6,5	6,4
5,5	5,6	5,5
5,9	6,3	6,2

Nota: Elaboración Propia

Tal como se ha probado la comparación estadística de los resultados de la resistencia a la fatiga cíclica entre los tres sistemas rotacionales, en este caso

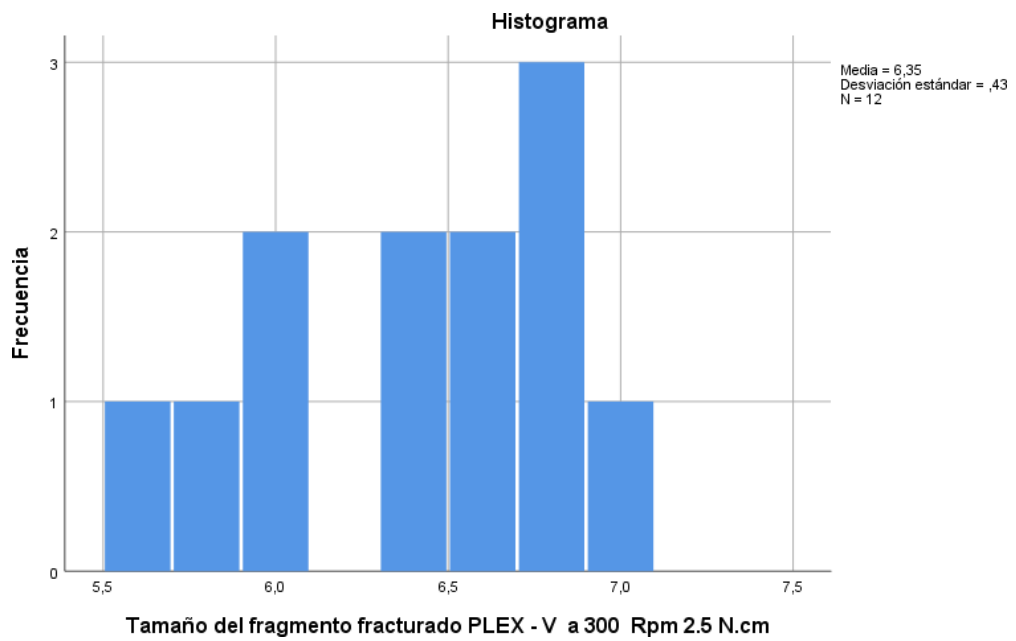
se procede de la misma forma, es decir, se hace uso de la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, mediante el uso del software SPSS. En la siguiente tabla se muestra el registro de los fragmentos fracturados por cada tipo de sistema rotacional.

En los siguientes gráficos se muestran los histogramas de los datos del cuadro anterior:



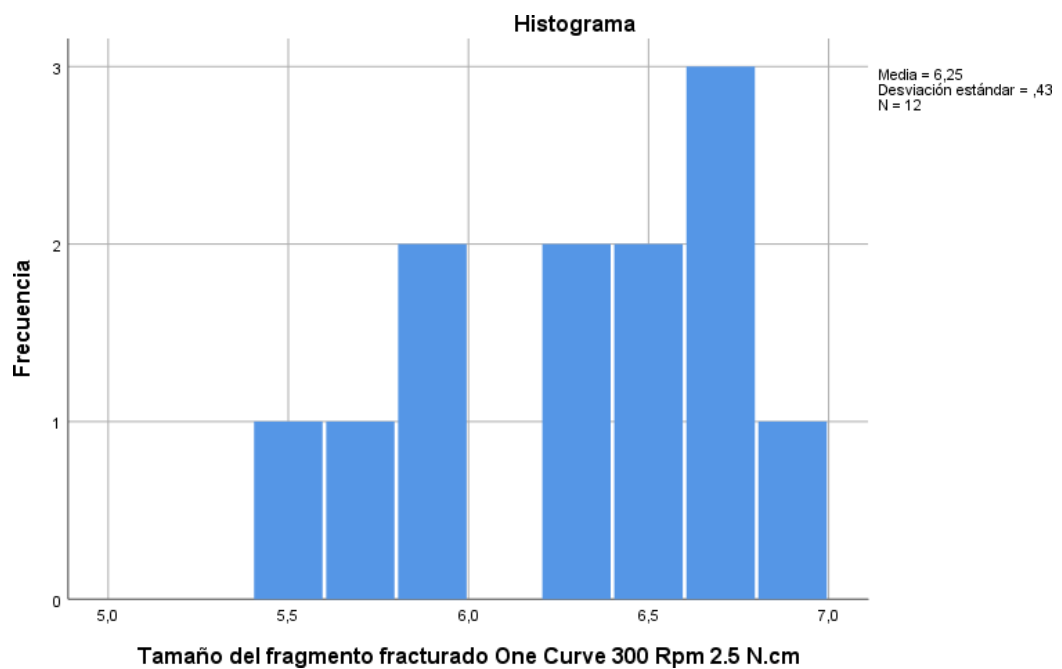
Nota: Elaboración Propia

Gráfico 6.
Tamaño del Fragmento PLEX – V a 300 Rpm 2.5 N.cm



Nota: Elaboración Propia

Gráfico 7.
Tamaño del Fragmento Fracturado ONE CURVE 300 Rpm 2.5 N.cm



Nota: Elaboración Propia

Si bien los histogramas no muestran una distribución normal de los datos

muestrales para el tamaño de los fragmentos de los tres sistemas rotacionales, se procedió a la prueba de Shapiro – Wilk para determinar si los datos a nivel poblacional presentan o no una distribución normal.

Donde las hipótesis para la prueba de Shapiro - Wilk están planteadas de la siguiente forma:

H0: Los datos están normalmente distribuidos H1: Los datos no están normalmente distribuidos

Los resultados arrojados por el software SPSS para la prueba de normalidad de Shapiro –Wilk se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10.

Resultados arrojados por el Software SPSS para la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk

Tamaño del fragmento fracturado de los tres sistemas rotacionales	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	sig
Tamaño del fragmento fracturado MG3 Blue a 300 rpm 2.0 N.cm	,973	12	,936
Tamaño del fragmento fracturado Plex-V a 300 rpm 2.5 N.cm	,930	12	,378
Tamaño del fragmento fracturado One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	,930	12	,378

Nota: Elaboración Propia

De la anterior tabla, se puede ver que el (sig) p-valor para los tres casos son mayores que 0,05, por lo que se no se rechaza la hipótesis nula (H0), por lo que se concluye que los datos están normalmente distribuidos.

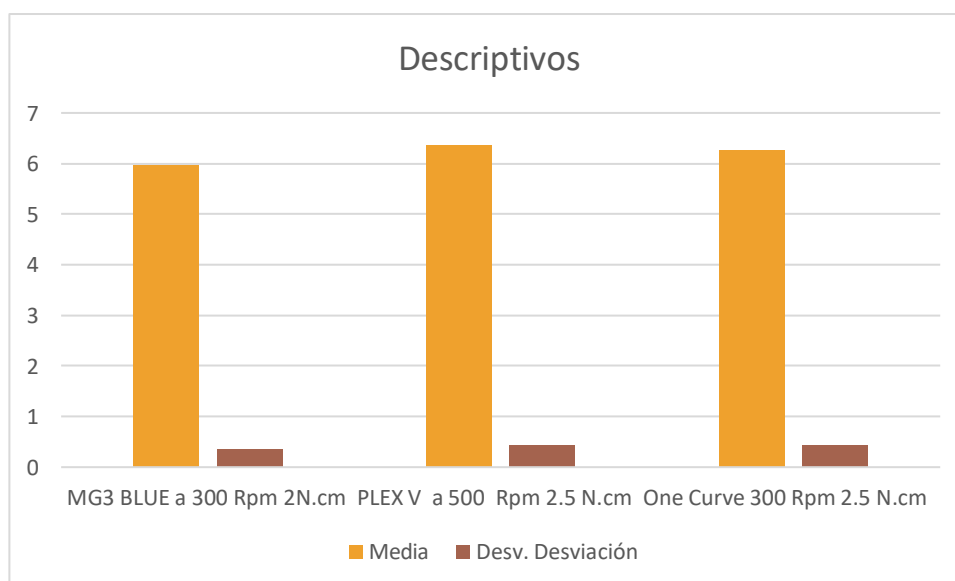
Ya que se ha demostrado que los datos poblacionales de los que se han obtenido las muestras, están normalmente distribuidos, en la siguiente tabla se muestra los resultados descriptivos de la prueba ANOVA tal como sigue:

Tabla 11.
Resultados Descriptivos de la prueba ANOVA

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
MG3 Blue a 300 rpm 2.0 N.cm	12	5,967	0,3676	0,1061	5,733	6,2	5,3	6,5
Plex-V a 300 rpm 2.5 N.cm	12	6,35	0,4296	0,124	6,077	6,623	5,6	6,9
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	12	6,25	0,4296	0,124	5,977	6,523	5,5	6,8
Total	36	6,189	0,4308	0,0718	6,043	6,335	5,3	6,9

Nota: Elaboración Propia

Gráfico 8.
Resultados Descriptivos de la prueba ANOVA



El anterior cuadro muestra el número de observaciones por cada sistema rotativo, sus medias, así como las desviaciones estándar y los intervalos de confianza al 95% y sus valores mínimo y máximo.

El siguiente cuadro muestra el resultado de la prueba ANOVA, en la que se determina si existen o no diferencias en las medias del tamaño del fragmento fracturado de las limas MG3 Blue, One curve y Plex- V en la resistencia a la fatiga cíclica:

Tabla 12.

Resultado de la prueba ANOVA, en la que se determina si existen o no diferencias en las medias del tamaño del fragmento fracturado

ANOVA					
Tamaño de fragmento fracturado					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,949	2	,474	2,823	,074

Dentro de grupos	5,547	33	,168		
Total	6,496	35			

Nota: Elaboración Propia

Las hipótesis que se plantean para la prueba ANOVA son los siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1: \text{no todas } \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

En la última columna del cuadro anterior (sig), se muestra el p-valor obtenido (0,074) de la prueba ANOVA, el cual es mayor que 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula (H_0). Por lo que existe evidencia estadística de que no hay diferencia en las medias del tamaño de los fragmentos de las fracturas de los tres sistemas rotacionales.

Aplicación del Modelo de regresión lineal tipo ANOVA

El modelo de regresión lineal tipo ANOVA es un modelo estadístico que explica la variabilidad de una variable dependiente numérica a partir de una o más variables independientes categóricas, mediante el análisis de varianza (ANOVA).

Se lo considera una forma particular de regresión lineal, en la que los regresores son categóricos y, para poder incluirlos en el modelo, se transforman en variables dummy o indicadoras.

Estructura del modelo

Un modelo ANOVA con una variable categórica con k niveles puede escribirse como:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 + \epsilon_i$$

donde:

- Y_i = valor de la variable dependiente en la observación i
- β_0 = media general

- β_1 = efecto del grupo o tratamiento j (nivel de la variable categórica)

ϵ_i = término de error aleatorio, asumido $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

Este modelo es equivalente a una regresión lineal con variables dummy, donde cada nivel de la variable categórica es representado por una variable binaria (excepto una, que es de referencia).

El modelo busca responder a preguntas como:

- ¿Existe diferencia significativa en las medias de los grupos definidos por las variables categóricas?
- ¿Qué grupos presentan efectos significativamente diferentes respecto al grupo de referencia?

Esto se evalúa usando la prueba F del ANOVA, que compara la variabilidad entre grupos con la variabilidad dentro de los grupos.

Para la aplicación de este modelo, se ha tomado como variable dependiente, el número de ciclos o rotaciones hasta la fractura y como variables independientes, se han tomado en cuenta al tipo de sistema que se está usando.

El modelo sería el siguiente:

$$Y_i (\text{Rotaciones}) = \beta_0 + \beta_1(\text{Sistema}) + \epsilon_i$$

La base de datos con que se trabajó, es la siguiente:

Tabla 13.
Sistema de Ciclos

Sistema	Ciclos
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	93300
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	92400
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	90000
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	90600
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	91800
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	91600
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	91650
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	92360
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	93000
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	93520

MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	90100
MG3 Blue 300 rpm 2N.cm	90800
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	85200
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	85800
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	83400
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	84000
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	82800
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	79500
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	81000
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	80700
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	77700
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	78300
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	79400
Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm	84300
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	107100
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	106080
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	102510
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	101490
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	103530
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	101388
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	102000
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	101592
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	101694
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	104040
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	103020
One Curve 300 rpm 2.5 N.cm	105060

Nota: Elaboración Propia

Con estos datos introducidos en el software R, se obtuvieron los siguientes coeficientes estimados:

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	91760.8	596.2	153.90	< 2e-16	***
SistemaOne Curve 300 Rpm 2.5 N.cm	11531.2	843.2	13.68	3.78e-15	***
SistemaPLEX -V 300 Rpm 2,5 N.cm	-9919.2	843.2	-11.76	2.39e-13	***

Como se puede ver es que el software solo toma en cuenta como regresores los sistemas "One Curve 300 rpm 2.5 N. cm" y "Plex – V 300 rpm 2,5 N.cm, y el sistema "MG3 Blue 300 rpm 2.0 N.cm" se está tomando como el regresor base, o sobre el cual se harían las comparaciones cuyo valor está en el intercepto

(Intercept)

La interpretación de los coeficientes se la realiza en función al intercepto que contiene el valor promedio de las rotaciones o ciclos del sistema “MG3 Blue 300 rpm 2.0 N.cm” en el intercepto, de acuerdo a esto se interpreta de la siguiente manera:

El sistema “Plex -V 300 rpm 2,5 N.cm”, se fractura en un promedio de 81841,6 ciclos ($91760.8 - 9919.2$), o lo mismo que, se fractura a 9919.2 ciclos menos que el sistema “MG3 Blue 300 rpm 2.5 N.cm”

El sistema “One Curve 300 rpm 2.5 N.cm”, se fractura en un promedio de 10392 ciclos ($91760.8 + 11531.2$), o lo mismo que, se fractura a 11531.2 ciclos más que el sistema “MG3 Blue 300 rpm 2N.

4.2 Discusión

Matoses et al. (2022) observaron que los sistemas rotatorios con velocidades más bajas y aquellos con movimientos recíprocos presentaban mayor resistencia a la fatiga cíclica en conductos curvados. Nuestros hallazgos corroboran esta tendencia, ya que One Curve, diseñado con una aleación avanzada y un tratamiento térmico optimizado (C-Wire) especial, mostró mayor resistencia frente a MG3 Blue y Plex-V. Este comportamiento refuerza la hipótesis de que las propiedades metalúrgicas y el diseño tienen un rol predominante en la longevidad de los instrumentos. (18)

Hamid et al. (2024) reportaron que un radio menor de curvatura (3 mm) reduce significativamente la resistencia a la fatiga cíclica en comparación con radios mayores (5 mm) . Nuestro protocolo experimental empleó un radio estándar de 5 mm, logrando resultados consistentes con esta literatura: los sistemas tratados térmicamente, como One Curve, presentan mejor desempeño debido a su mayor flexibilidad y resistencia. (27)

El tratamiento térmico se ha identificado como un factor clave para mejorar la resistencia a la fatiga cíclica. Por ejemplo, Khandagale et al. (2021) y La Rosa et al. (2021) demostraron que las aleaciones tratadas térmicamente, como ProTaper Gold y One Curve, ofrecen un rendimiento superior frente a otros

sistemas. (26,28).

En nuestro estudio, One Curve confirmó esta tendencia, superando en resistencia a MG3 Blue y Plex-V por su combinación de su aleación C. Wire con un tratamiento térmico específico especial, diseño innovador avanzado y su capacidad de precurvado, permitiendo que el instrumento soporte mejor la tensión durante la rotación en conductos curvos.

Alsunboli et al. (2024) evaluaron el impacto de la temperatura y los agentes irrigantes, mostrando que estos factores pueden alterar significativamente la resistencia a la fatiga cíclica. Aunque nuestro estudio se realizó bajo condiciones controladas y estandarizadas, estos hallazgos sugieren que los resultados podrían variar en un contexto clínico donde las temperaturas elevadas y los irrigantes como NaOCl podrían comprometer la resistencia de los instrumentos. (29)

Menezes et al. (2017) destacaron que el uso de técnicas como el crown-down puede influir en la resistencia a la fatiga cíclica al reducir el tiempo de uso de los instrumentos más delgados (10). Aunque nuestro estudio no consideró diferentes técnicas de instrumentación, los resultados sugieren que sistemas como One Curve, diseñados para minimizar la torsión en conductos curvados, podrían ofrecer beneficios adicionales en combinación con técnicas avanzadas.

4.3 Conclusiones

Este estudio comparativo in vitro permitió evaluar y comparar la resistencia a la fatiga cíclica de tres sistemas rotatorios de NiTi (MG3 Blue, One Curve y Plex-V) bajo condiciones controladas y estandarizadas. A partir de los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- **Diferencias en resistencia a la fatiga cíclica**

El sistema One Curve presentó la mayor resistencia a la fatiga cíclica, seguido de MG3- Blue y Plex-V. Este resultado se atribuye que la combinación al diseño avanzado de One Curve y a su tratamiento térmico (C-Wire) específico, que mejora su flexibilidad y resistencia en condiciones de curvatura pronunciada.

- **Impacto del diseño y aleación**

La fabricación y el tratamiento metalúrgico de los instrumentos rotatorios son determinantes en su desempeño. One Curve mostró un rendimiento superior gracias a su diseño optimizado avanzado de sección transversal, aleación específica y capacidad de precurvado, destacándose como una opción ideal en casos de conductos curvos o complejos.

- **Relevancia clínica**

La selección del sistema rotatorio adecuado debe basarse en la complejidad anatómica del conducto, las características del instrumento y las condiciones del procedimiento. One Curve se recomienda para casos que requieran alta resistencia y flexibilidad, mientras que MG3 Blue y Plex-V son opciones viables en conductos menos desafiantes.

- **Limitaciones y futuras investigaciones**

Aunque el estudio fue realizado bajo condiciones in vitro controladas, es necesario evaluar el comportamiento de estos sistemas en condiciones clínicas reales, incluyendo la influencia de factores como la temperatura corporal, los agentes irrigantes, la esterilización y las técnicas de instrumentación utilizadas.

Con respecto a los resultados obtenidos en la relación de la medida de los instrumentos fracturados, no se observa diferencia estadística significativa en los tres sistemas rotacionales, MG3 blue, One Curve y Plex- V.

4.4 Recomendaciones

- Se recomienda a los odontólogos que vayan a hacer investigación sobre la resistencia a la fatiga cíclica, utilizar dispositivos de fatiga cíclica estandarizados, para brindar resultados satisfactorios.
- Hacer más investigación, mediante la microscopia electrónica de barrido, evaluar las limas antes y después de ser utilizadas, verificando los cambios estructurales.
- Se sugiere considerar One curve en casos de conductos con curvaturas pronunciadas por su aleación C. Wire, que le otorga mayor flexibilidad y

por su alta resistencia a la fatiga cíclica, por su diseño avanzado óptimo de sección transversal mejorando la capacidad de corte, así mismo asegurando el éxito del tratamiento y durabilidad clínica.

- Es por ello que al revisar la literatura endodóntica se recomienda, y se muestra que hay muchos factores que afectan la CFR de las limas rotatorias de NiTi. Estos factores incluyen el ángulo y el radio de la curvatura del conducto, el tamaño y la conicidad del instrumento, la cinemática del movimiento, la velocidad de rotación, el efecto de la esterilización, así como muchas otras variables como la habilidad y la experiencia del operador, que pueden ayudar a explicar las variaciones en la prevalencia de CFR entre diferentes estudios. (8)

Puesto que la tasa de éxito o fracaso de los tratamientos de conductos es influencia de todos los factores mencionados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Matos Huerta MA. Técnicas de preparación biomecánica en Endodoncia [Trabajo de Suficiencia profesional en Internet]Lima: Universidad Privada Juan Pablo II;2019[Citado el 10 de abril de 2024]. 108 p. Disponible de: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/medicina-complementaria/preparacion-biomecanica-en-endodoncia/75403317>.
2. Magdalena Casas; Lazo PG; Tau FL. Técnica endodoncia mecanizada evolución en el tiempo de un caso clínico. [Casos Clínicos en Internet]. La Plata: Facultad De Odontología U.N.L. P; 2016. 77p. Disponible de: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/116236/Poster.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. Abdul M, Abdul S, Jehad R, Hashemi J. Cyclic fatigue resistance of Wave One Curve, and AF Blue R3 NiTi Rotary Instrumentation. [Internet].2020 [Citado en octubre de 2020].10 p. Disponible de: <https://www.researchgate.net/publication/344453723>.
4. Meneses GA, Vieyra CM. Comparación de resistencia a la fractura por fatiga cíclica por flexión a diferentes angulaciones, de tres sistemas mecanizados: ProTaper Next, superfile Next, y NeoNITI [Trabajo de suficiencia profesional Internet]; Chile: Facultad de Medicina;2019. 33 p. Disponible de: <http://hdl.handle.net/11447/3023>
5. Endoinnova. Mg3 Blue – Endoinnova (endoinnovastore.cl). [internet]. Lima 2023. [citado 2023]. Disponible De: <https://endoinnovastore.cl/producto/mg3-blue/>.
6. Micro-Mega. Instrucciones de uso de One Curve. [internet]. Besançon, Francia. 2018 Disponible de: <http://es.Scriba.com/document/445853621/OneCurve>.
7. CEPAMED. Lima de endodoncia Plex V - v1 [Internet]. Italia Orodeka;2023. Disponible de: <https://www.orodeka.com/plex-v-2/>
8. Top HS. et al. Efecto de dos temperaturas diferentes sobre la resistencia a

- los cambios cíclicos de One Curve, EdgeFile, HyFlex CM y ProTaper. Aust Endod J [Internet].2019 [citado el 31 de julio de 2019];5 p. Disponible de: doi: 10.1111@aej.12369.
9. Ruiz Sánchez Celia. Comparación de la resistencia a la fatiga cíclica estática y dinámica de diferentes sistemas rotatorios [Tesis doctoral Internet]. Valencia: Universidad de Valencia;2020. [Citado julio de 2020].161 p. Disponible de: <https://www.researchgate.net/publication/359866258>
 10. De Menezes C, .et. al. Resistencia a la fatiga cíclica de dos instrumentos rotatorios Mtwo diferentes técnicas de instrumentación. Iranian Endod J. [Internet].2017 [citado el 17 de diciembre de 2017];13(1):6 p. Disponible de: doi: Disponible en: <https://doi: 10.22037/iej. v13i1.18453>.
 11. Calderón Gutiérrez A K. Evaluación de la resistencia a la fatiga cíclica de diferentes instrumentos rotatorios: Protaper Gold, Protaper Gold, Protaper Next, Hyflex Cm, Reciproc, Wave One y Wave One Gold. [Tesis de maestría profesional en Internet]. México: Universidad autónoma de Nuevo León;2016.111 p Disponible de: <http:// eprints.uasnl.mx/id/eprint/14197>.
 12. Furlan R, Alcalde M. et. al. Cyclic and torsional fatigue resistance of seven rotary systems. Irán Endod J. [Internet]. 2021; 16(2): 78-84. Disponible de: <https://doi:10.22037/iej.v16i2.23760>.
 13. Taboada Cordero K L. Resistencia a la fatiga ciclica de dos tipos de limas mecanizadas de accion alternada. [Tesis de Especialista Internet]; Lima: Universidad Inca Garcilazo de La Vega. 2019. 69 p. Disponible de : <https://prezi.com/p/lvpsusczgnkn/sustentacion/>.
 14. Gutierrez Juyo DA. Comparación de la resistencia a la fatiga cíclica flexional entre dos sistemas de limas reciprocante. [Trabajo de suficiencia profesional]. Peru: Universidad Continental; 2021. 43 p Disponible de: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11045?mode=full>
 15. Rivera Díaz R. Prueba estática de resistencia a la fatiga cíclica de 4 sistemas rotatorios de instrumento único en conductos simulados. [Tesis de Especialidad internet]. Baja california: Univrsidad Autonoma Baja California

2019. 54 p Disponible de : <https://hdl.handle.net/20.500.12930/4789>.
16. Martins J Et al. Influence of Kinematics on the Cyclic Fatigue Resistance of Replica like and Original Brand Rotary Instruments. J Endod. [Internet]. 2020;46(8):1136-43. Disponible de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.05.001>.
 17. Al-Obaida MI, et al. In Vitro Analysis of the Fatigue Resistance of Four Single File Canal Preparation Instruments. Materials (Basel) [Internet]. 2022 [citado el 17 de enero de 2022].8 p Disponible de: <https://doi.org/10.3390/ma15020688>.
 18. Matoses E, et al. Effect of Rotational Speed on the Resistance of NiTi alloy endodontic rotary files to cyclic fatigue: An in vitro study. J Clin Med [Internet].2022;11(11):3143.[citado el 31 de mayo de 2022].Disponible de: <https://doi.org/10.3390/jcm11113143>.
 19. Almohareb R A. et al. Cyclic fatigue resistance of Edge Taper Platinum, ProTaper Gold, and TruNatomy Prime rotary files before and after autoclave sterilization. Peer J [Internet].2023[citado el 20 de enero de 2023].;11: e14656. Disponible de: <https://doi.org/10.7717/peerj.14656>.
 20. Mostafa H. et. al. Cyclic fatigue resistance of M-Pro and RaCe NiTi rotary endodontic instruments in artificial curved canals: a comparative in vitro study. Restor Dent Endod [Internet].2019[citado el 7 noviembre de 2019];44(49):e44 Disponible de: <https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e44>.
 21. Peláez Acosta E.et. al. Influencia de la deformación por flexión cíclica en la resistencia a la torsión de instrumentos convencionales de níquel-titanio y memoria controlada Endod [Internet].2017;43(4):613. [citado el 9 de febrero] Disponible de: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.007>
 22. Castro RM y Irigoin FN. Comparación de la resistencia a la fatiga cíclica de dos sistemas rotatorios ProDesign Logic y Pro Flexi. [Tesis de Especialidad internet]. Lima- Peru: Universidad San Juan Bautista 2022. 60 p Disponible de : <https://hdl.handle.net/20.500.14308/4334>
 23. Moradas Estrada Instrumentación rotatoria en endodoncia ¿qué tipo de lima

- o procedimiento es el más indicado?.2017 Odontoestomatol; [Internet].2017[citado agosto 2017];43.4P613. 33 (4): 151-160.Disponible de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MORADAS%20ESTRADA.pdf>
24. Universidad Andina Simón Bolívar. Sucre Bolivia [Internet].2023. Disponible de: <https://www.universidades.com.bo/universidad-andina-simon-bolivar>.
25. Cáceres. Definiciones de investigación cuantitativa por varios autores: [Internet] 1996. Disponible de: <https://www.webscolar.com/definiciones-de-investigacion-cuantitativa-por-varios-autores>.
26. Khandagale P D. et al. Evaluación de la fatiga cíclica de electroerosión Hyflex, limas retorcidas y ProTaper Gold Fabricado con diferentes procesos: una introducción Artículo de investigación Estudio in vitro. 2021 Odont Hindawi [Internet].2021. [citado 30 de julio 2021]; 7402658: 6 p Disponible de: <https://doi.org/10.1155/2021/7402658>.
27. Hamid Tahira, Azhar Malik, Ajay Kumar, Shamim Anjum. Comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of thermomechanical treated NiTi rotary instruments in simulated curved canals with two different radii of curvature: An in vitro Study. J Conserv Dent Endod[Internet]. 2024 [5 de abril de 2024]; ;27:3939. Disponible de: https://doi: 10.4103/JCDE.JCDE_32_24.
28. La Rosa.et. al. Evaluación de la fatiga cíclica de dos archivos individuales a nivel del cuerpo y Temperatura ambiente con diferentes radios de curvatura. [Internet]. 2021 [27 de abril de 2021] 8 p. Disponible de: <https://doi:doi.org/10.3390/ma14092256>.
29. Alsunboli M H. The effect of canal curvature on cyclic fatigue resistance of rotary instruments using different irrigation materials (in vitro study) [version 2; peer review: 1 approved, 2 approved with reservations].2023[Internet]. 2023 [27 de abril de 2023]; 36 p. Disponible de: <https://doi.org/10.12688/f1000research.130249.1>.
30. Rodriguez Ruiz A, Perez Almeida G. Comparacion in vitro de la resistencia a la fatiga cíclica entre ProGlider y Path File. Colegio Oficial de Dentistas de Castellon [Interenet].2023 Disponible de: <https://www.colegiodontistascastell>.

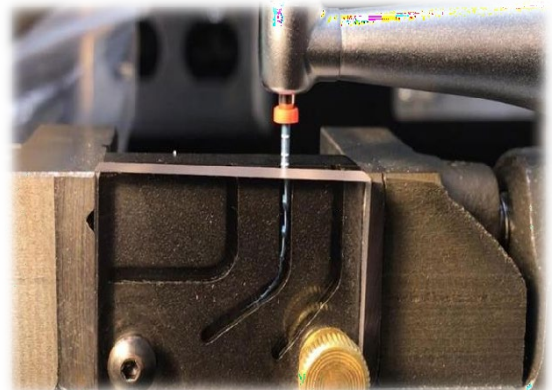
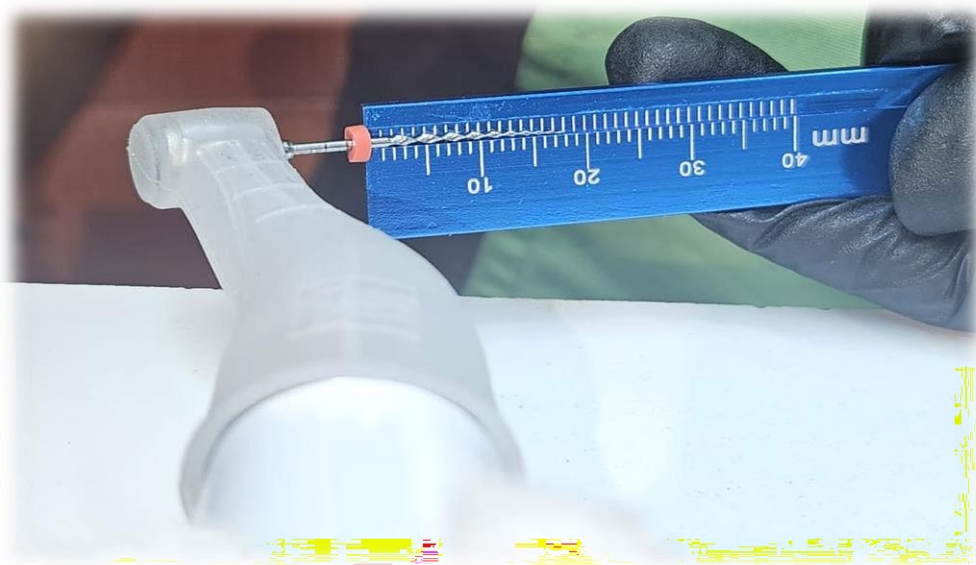
Anexo 3.*Galería fotográfica de la recolección de datos***Imagen 1.***Endo motor Endo Radar Pro de WoodpeckerMAGEN 1.***Imagen 2.***Ejemplificación del Endo motor, dispositivo con conductos simulados y el instrumento a examinar*

Imagen 3.

Medición del instrumento que entrara dentro del conducto simulado

**Imagen 4.**

Lubricación de los conductos de acero antes de que se introduzcan las limas

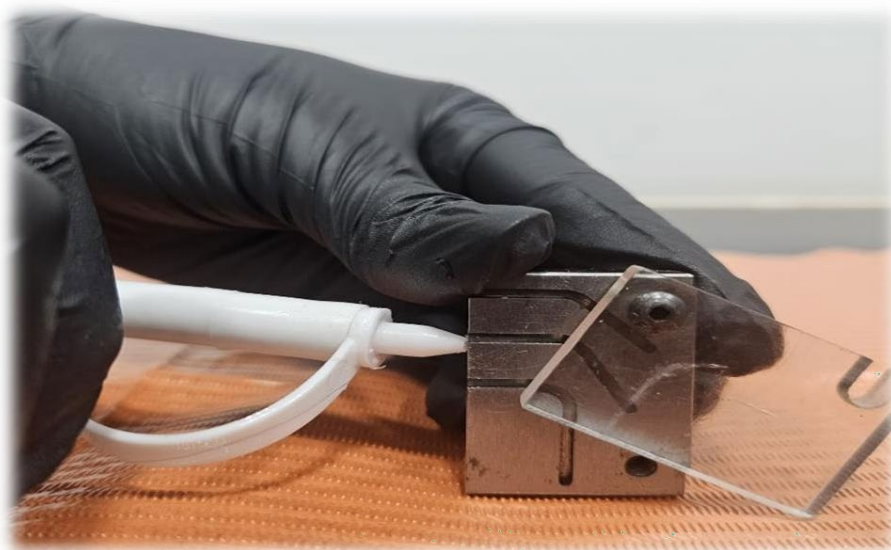


Imagen 5.

Medición del instrumento fracturado con el calibrador digital

**Imagen 6.**

Instrumentos fracturados

