Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Odontología
Escuela Profesional de Odontología

Acción de las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares de un instrumento reciprocante. Estudio In Vitro

TESIS

Para optar el Título Profesional de Cirujana Dentista

AUTOR

Flavia Mariella RODRIGUEZ ROJAS

ASESOR

Mg. Marisa Cecilia JARA CASTRO

Lima, Perú

2025



Reconocimiento − No Comercial − Compartir Igual − Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Rodriguez F. Acción de las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares de un instrumento reciprocante. Estudio In Vitro [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Odontología, Escuela Profesional de Odontología; 2025.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Flavia Mariella Rodriguez Rojas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74884810
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-6773-5914
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Mg. Marisa Cecilia Jara Castro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25591796
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6545-1994
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Dra. Doris Elizabeth Salcedo Moncada
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08489787
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Mg. Tulio Abuhadba Hoyos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10613572
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mg. Marisa Cecilia Jara Castro
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25591796

Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos Edificio: Facultad de Odontología de la UNMSM País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Latitud: -12.054583 Longitud: -77.085246
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2024 - 2025
URL de disciplinas OCDE	Odontología, Cirugía oral, Medicina oral https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.02.14

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
ESCUELA PROFESIONAL

A C T A DE SUSTENTACIÓN PRESENCIAL N.º 010

Los Docentes que suscriben, reunidos el 13 de octubre de 2025 en la ciudad de Lima, siendo las 11:00 horas, por encargo de la Señora Decana de la Facultad, con el objeto de constituir el Jurado de Sustentación para optar el Título Profesional de Cirujana Dentista de la Bachiller:

FLAVIA MARIELLA RODRIGUEZ ROJAS

CERTIFICAN:

Que, luego de la Sustentación de la Tesis **«ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES LUBRICANTES SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA A DIFERENTES PASOS ANGULARES DE UN INSTRUMENTO RECIPROCANTE. ESTUDIO IN VITRO.»** y habiendo absuelto las preguntas formuladas, demostró un grado de aprovechamiento:

Sobresaliente
(escala)

Siendo calificada con un promedio de: Diecinueve (en letras) 19 (en números)

En tal virtud, firmamos en la Ciudad Universitaria, a los trece días del mes de octubre del año dos mil veinticinco.

PRESIDENTE DEL JURADO

Dra. Doris Elizabeth Salcedo Moncada

MIEMBRO SECRETARIO

Mg. Tulio Abuhadba Hoyos

MIEMBRO VOCAL (ASESOR)

Mg. Marisa Cecilia Jara Castro

Escala de calificación: Grado de Aprovechamiento:
Sobresaliente (18-20), Bueno (15-17), Regular (12-14), Desaprobado (11 ó menos)
Criterios: Originalidad, Exposición, Dominio del Tema, Respuestas.

Universidad Nacional Mayor de
SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Mg. Esp. Marisa Jara Castro, en mi condición de asesora acreditado con el dictamen de la EPO N°0046-FO-EPO-2025 de la tesis cuyo título es “ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES LUBRICANTES SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA A DIFERENTES PASOS ANGULARES DE UN INSTRUMENTO RECIPROCANTE. ESTUDIO IN VITRO” presentado por la bachiller Flavia Mariella Rodriguez Rojas, para optar el título de Cirujana Dentista.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. El documento evaluado cuenta con el 5% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título correspondiente.

Lima 10 de septiembre de 2025



Mg. Esp. Marisa Jara Castro

DEDICATORIA

A papá y mamá, mi ejemplo a seguir, quienes creyeron en mí desde el principio y siempre estuvieron a mi lado apoyándome y motivándome en cada paso del camino.

A mis hermanas, quiénes aceptaron ser mis primeras pacientes. Gracias a su apoyo y paciencia pude dar mis primeros pasos en esta profesión.

A Flavia de 16 años, que se adentró en el mundo de la odontología sin saber lo que le esperaba, pero aun así aceptó el reto con valentía y logró completarlo.

AGRADECIMIENTOS

A Mario Casaretto, cuya idea fue el punto de partida de esta tesis y quien me brindó su valioso apoyo y acompañamiento para hacerla realidad.

A Alexis Saucedo, quién me brindó su apoyo constante y siempre estuvo presto a ayudarme cada vez que lo necesité.

A mi jurado, la Dra. Marisa Jara, Dra. Doris Salcedo y Dr. Tulio Abuhadba, quienes me brindaron su guía y las herramientas para poder realizar este proyecto.

A cada persona que, de manera directa e indirecta, ha contribuido en mi formación académica y personal.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la acción de las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares en limas OneReci. **Metodología:** Estudio experimental, prospectivo, transversal, analítico. Se evaluaron 78 limas OneReci divididas de manera equitativa en 3 grupos de 26, en el que cada grupo evaluó un lubricante diferente (grupo control sin lubricante, EDTA, glicerina), y cada grupo de dividió en 2 subgrupos para evaluar las diferentes angulaciones, la primera según fabricante y la segunda con una disminución de ángulos. Se utilizó canales artificiales de acero con una angulación de 60°. **Resultados:** El hacer uso de la glicerina como lubricante combinado con una disminución de ángulos de 90°/30° extiende el tiempo de trabajo de las limas prolongando su uso sin que se fracture rápidamente, las limas trabajadas con esta combinación tuvieron un tiempo promedio de trabajo de 8'44'', mientras que las limas del grupo control con una angulación de 170°/60° fueron las que menor tiempo promedio de trabajo obtuvieron con un tiempo de 05'40''. **Conclusiones:** La programación del motor de endodoncia con una angulación de 90°/30° contribuye en la disminución del estrés de la lima prolongando el tiempo de trabajo, así mismo el uso de la glicerina como lubricante combinado con una disminución de ángulos mejora significativamente el desempeño de las limas, aumentando el tiempo de trabajo antes de alcanzar la fatiga cíclica.

Palabras clave: Endodoncia - Resistencia flexional - Lubricante-Instrumentos NiTi - NiTi tratado térmicamente.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the action of lubricant solutions on the cyclic fatigue resistance at different angular steps in OneReci files. **Methodology:** Experimental, prospective, cross-sectional, analytical study. 78 OneReci files were evaluated divided in 3 groups of 26 files each, each group tested a different lubricant (control group with no lubricant, EDTA, glycerin) and each group was divided in 2 sub-groups to evaluate the different angular steps, one with the manufacturer recommendation and the second one with a decrease of angles. A stainless-Steel artificial canal with a 60° angulation was used. **Results:** Using glycerin as a lubricant combined with a reduction in angle of 90°/30° extends the working time of the files, prolonging their use without quickly fracturing. The files worked with this combination had an average working time of 8'44", while the files in the control group with an angle of 170°/60° were the ones with the shortest average working time with a time of 05'40". **Conclusions:** Programming the endodontic motor with an angulation of 90°/30° contributes to reducing the stress of the file, prolonging the working time, likewise the use of glycerin as a lubricant combined with a decrease in angles significantly improves the performance of the files, increasing the working time before reaching cyclic fatigue.

Key words: Endodontics - Flexural Strength – Lubricants - NiTi Files - Heat treated NiTi

Índice de contenido

I. TÍTULO....10
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN....10
2.1 Área problema....10
2.2 Delimitación del problema....11
2.3 Formulación del problema....12
2.4 Objetivos....12
2.5 Justificación del problema....13
2.6 Limitaciones....14
III. MARCO TEÓRICO....15
3.1 Antecedentes....15
3.2 Bases teóricas....19
3.3 Definición de términos....37
3.4 Hipótesis....37
3.5 Operacionalización de variables....38
IV. METODOLOGÍA....39
4.1 Tipo de investigación....39
4.2 Población y muestra....39
4.3 Procedimientos y técnica....40
4.4 Método de recolección de datos....41
4.5 Procesamiento y análisis de resultados....42
V. RESULTADOS....43
VI. DISCUSIÓN....47
VII. CONCLUSIONES....49
VIII. RECOMENDACIONES....50
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS....51
X. ANEXOS....56

Índice de tablas

Tabla 1: Tabla descriptiva de tiempo según lubricante y angulación. 43

Tabla 2: Tabla descriptiva de tiempo según lubricante con angulación 170/60..... 44

Tabla 3: Tabla descriptiva de tiempo según lubricante con angulación 90/30..... 44

Tabla 4: Tabla descriptiva de longitud de fractura según lubricante y angulación. 45

Tabla 5: Comparación múltiple post hoc (Bonferroni) entre combinaciones de lubricante y angulación..... 46

Índice de gráficos

Gráfico 1: Gráfico de barras de tiempo promedio según lubricante y angulación 43

Gráfico 2: Gráfico de barras de tiempo promedio organizado por lubricante 44

Gráfico 3: Cajas y bigotes de tiempo promedio por lubricante y angulación. 45

Índice de anexos

ANEXO 1. Matriz de consistencia 56
ANEXO 2. Instrumento de recolección de datos. 57
ANEXO 3. Aprobación del comité de ética 58
ANEXO 4. Pase a ejecución 59
ANEXO 5. Tablas y gráficos 60

I. TÍTULO

Acción de las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares de un instrumento reciprocante. Estudio In Vitro

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Área problema

La lubricación se desarrolla en todas las fases del tratamiento endodóntico, desde la colocación del dique de goma hasta la obturación. Casi siempre asociado con la instrumentación, la lubricación es necesaria para facilitar la acción mecánica de las limas manuales y rotacionales, este procedimiento ayuda a suspender y emulsionar el debris producido.(1)

La fatiga cíclica y el estrés torsional excesivo han sido identificados como una de las razones principales de la fractura de los instrumentos rotatorios Ni-Ti. Durante el tratamiento endodóntico los lubricantes son usados para reducir la resistencia entre los instrumentos y el debris causado por la instrumentación mecánica (2). Las limas al hacer contacto con las paredes del canal radicular van a generar una fricción que puede elevar la temperatura del conducto y esto conlleva a un aumento de la fatiga cíclica (1).

Para evitar la elevación de la temperatura se recomienda el uso de lubricantes, ya que tienen como una de sus funciones la reducción de la temperatura operatoria disipando el calor del instrumento y facilitando la acción mecánica de las limas.(1)

Algunos estudios han demostrado que los lubricantes acuosos tienen mejores resultados en la lubricación que los lubricantes en pasta o gel debido a la acumulación de debris que se da cuando se usan los productos en pasta o gel, lo que va a llevar a un incremento en el estrés del instrumento. (1,3) Los irrigantes como el EDTA también pueden ser considerados como lubricantes.(1)

En tanto, la glicerina se considera un polialcohol debido a que es un alcohol que contiene tres grupos hidroxilos (-OH) lo cual le da una propiedad higroscópica y la hace altamente soluble en agua y alcoholes, tiene también propiedades humectantes, disolventes y lubricantes, entre otras propiedades y recientemente ha sido usada en investigaciones en odontología como lubricante para reducir la fricción y temperatura siendo colocado en canales radiculares antes de cada inserción de los instrumentos (4,5).

2.2 Delimitación del problema

El uso de los lubricantes en los tratamientos radiculares facilita la instrumentación permitiendo el deslizamiento de las limas dentro del conducto y dando mayor resistencia a la fatiga cíclica al evitar el alza de la temperatura del conducto y reducir el estrés producido en la lima. Con la aparición de los sistemas mecanizados con instrumentos de gran conicidad su utilización se ha vuelto indispensable en la práctica endodóntica (1).

Las limas reciprocantes específicamente las One Reci® (Micromega / Coltene) tienen como características ser de aleación M-Wire, asimétrico, excéntrico, poseer doble corte transversal de triple hélice y S itálica, activado en 400 rpm, 4 Ncm. de torque según fabricante, razones por las cuales el presente sistema mecanizado necesita ingresar al conducto radicular con una cierta cantidad de lubricante que le permita desenvolverse en su acción de corte antihorario y de destrabe horario (6). Un estudio realizado por Pedulla *et al* en el 2024 obtuvo como resultado que las limas OneReci son las que mejor resultado obtenían al evaluar la resistencia a la fatiga cíclica estática(7).

El trabajo combinado de la instrumentación reciprocante más lubricación nos permitirá un mejor manejo de la lima dentro del conducto, si bien es cierto, el fabricante del Sistema One Reci®, nos da indicaciones precisas para su uso 170° antihorario y 60° horario, esta investigación propone la misma cinemática en reciprocación pero disminuyendo los ángulos horario y antihorario, basándonos en la propuesta de los

doctores Carlos García Puente y Alejandro Jaime, la angulación recomendada será de 90° antihorario y 30° horario (disminuyendo el paso angular en 50°), buscando la disminución del estrés del instrumento y por consecuencia la seguridad de la instrumentación en cinemática reciprocante.

2.3 Formulación del problema

¿Cómo influyen las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares en limas reciprocantes?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Evaluar la acción de las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares en limas reciprocantes OneReci.

2.4.2 Objetivos específicos

-Evaluar la acción del lubricante EDTA sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 170° antihorario y 60° horario.

-Evaluar la acción del lubricante glicerina sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 170° antihorario y 60° horario.

-Evaluar la acción del lubricante EDTA sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 90° antihorario y 30° horario.

-Evaluar la acción del lubricante glicerina sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 90° antihorario y 30° horario.

-Comparar la relación entre las sustancias lubricantes y angulaciones evaluadas.

2.5 Justificación del problema

La endodoncia es un tratamiento presente en gran parte de la población mundial(8), por lo que se debe encontrar medidas para mejorar los procedimientos y lograr óptimos resultados.

Mundialmente se estima que el 8.2% de dientes han sido tratados endodónticamente y el 55.7% de la población cuenta con al menos una endodoncia. Colocando a las enfermedades pulpares como uno de los problemas de salud más frecuentes y requeridos en la población mundial (8). La prevalencia de cada país también va a depender de la edad del paciente, el nivel de educación y el acceso a la salud dental (9).

En el tratamiento endodóntico se hace uso de instrumentos rotatorios metálicos de Níquel-Titanio que, aunque tienen mayor flexibilidad que los instrumentos de acero, pueden sufrir una separación debido a la fatiga cíclica o sobrecarga torsional al momento de la instrumentación, por lo que al incluir el uso de agentes lubricantes al momento de la preparación se busca disminuir el riesgo de separación del instrumento (1,10).

Aunque los fabricantes indican que las limas deben ser usadas una sola vez para minimizar el riesgo de fractura, la reutilización de estas es una práctica común entre los profesionales, alargando su tiempo de vida pero aumentando el riesgo de fractura (11).

La presente investigación se va a encargar de comparar la efectividad de la propiedad lubricante de dos sustancias, una usada regularmente en los tratamientos endodónticos, el EDTA, y una poco usada en el área, la glicerina, en la resistencia a la fatiga cíclica. Siendo que Hasegawa encontró en su investigación que las limas tienen un tiempo de

fractura promedio entre el primer minuto y el minuto 2’35’’, se busca incrementar este tiempo de trabajo con el uso de lubricantes.

2.6 Limitaciones

-El simulador del canal radicular utilizado en este estudio no nos permite modificar la temperatura y mantenerla constante a 37°C, lo cual podría afectar en las propiedades y comportamiento de los instrumentos al ser de aleación Niquel-Titanio, esto podría afectar la replicabilidad en condiciones reales.

-Los costos elevados de alquiler de maquinaria para realizar las pruebas de fatiga cíclica, así como el elevado costo del instrumental que se va a evaluar influenciaron, ya que, puede retrasar el tiempo de ejecución debido a las dificultades logísticas por la necesidad de reunir los recursos económicos necesarios.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Mohammed H. *et al.* (2024), evaluaron como la irrigación afecta la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos rotatorios, limas Edge (0.25/0.6 USA) y limas Fanta (0.25/0.6 China). Ambos grupos de instrumentos contenían un total de 42 limas cada uno y fueron divididos en 3 subgrupos donde un grupo realizó el estudio con glicerina, el segundo grupo hizo uso de EDTA 17% y el tercer grupo utilizó NaClO al 5.25%. Se utilizaron canales artificiales de acero colocados en un recipiente con agua a 37°C, los canales contaban con una curvatura de 60° y 5mm de radio y la activación de las limas fue según el fabricante. Como resultado se obtuvo una diferencia significativa en el grupo que hizo uso de la glicerina, mientras que, los grupos de EDTA y NaClO no tuvieron diferencia significativa (5).

Alfawaz H. *et al* (2022), Compararon el efecto de las soluciones irrigantes, NaClO, EDTA y clorhexidina, en la resistencia de la fatiga cíclica de las limas Edgetaper (ETP) y Protaper gold (PTG). 60 instrumentos ETP y 60 instrumentos PTG fueron utilizados y se dividieron en 3 grupos de 20; EDTA 17%, NaClO 5.25% y agua destilada. La fatiga cíclica fue testeada utilizando canales artificiales de acero con una curvatura de 60°, siendo estos bloques sumergidos en un contenedor con las soluciones lubricantes a temperatura de 37°C $\pm$ 1°C. Los resultados obtenidos mostraron una mayor resistencia por parte de los ETP que los PTG en todas las soluciones testeadas, el NaClO disminuyó drásticamente la resistencia comparado con el EDTA y el agua destilada y no hubo diferencia entre el agua destilada y el EDTA (12).

Pedulla, E. *et al* (2022), investigaron la resistencia a la fatiga torsional y a la fatiga cíclica en dinámica y estática de instrumentos Ni-Ti mecanizados, se evaluaron las limas OneReci y las WaveOne Gold (reciprocantes) y las limas OneCurve y Protaper Next X2

(rotatorias). Se evaluaron 30 limas de cada marca, dividiéndolas en 3 grupos de 10 para la evaluación de cada tipo de fatiga. Para medir la fatiga cíclica se utilizaron canales artificiales de acero con una curvatura de 60° y un radio de 5mm con la temperatura intraconducto de 35°C ±1, para la medición se contó el tiempo que demoran las limas para fracturarse. Como resultado se obtuvo que las limas OneReci tuvieron una mejor resistencia en la fatiga cíclica estática, las limas OneCurve y WaveOne Gold no mostraron diferencia entre ellas, pero obtuvieron un mejor resultado que las Protaper Next X2 (7).

Tanomaru A. *et al* (2021), analizaron la influencia del NaClO y la clorhexidina en la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos Endo shaper XP. Se usaron 60 limas, las cuales fueron activadas en canales artificiales de acero y fueron sumergidas en las soluciones lubricantes hasta llegar a su fractura, usándose las presentaciones líquidas y en gel de ambas soluciones, las limas se dividieron en 6 grupos (n=10), NaOCl(G), NaOCl(L), CHX(G), CHX(L), natrosol gel (control) y aceite lubricante (control), el instrumental fue colocado en canales con angulación de 90° y radio de 3mm, con una temperatura de 37°C ± 1°. Obteniendo como resultado que no hay diferencia significativa entre CHX(G), CHX(L) y el aceite lubricante en el tiempo de fractura, mientras que la resistencia a la fatiga cíclica fue menor con el NaOCl (L), no habiendo diferencia significativa con el NaOCl(G) y el natrosol (13).

Erik CE. *et al* (2018), estudiaron los efectos de las soluciones irrigantes (agua destilada, NaOCl 6%, EDTA 17%, ácido etidrónico (HEBP) 18% y una solución de NaOCl 3% con HEBP 9%), en la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos mecanizados a temperatura corporal. Se evaluaron 100 limas WaveOne Gold (WOG), 100 limas RPC Blue y 100 limas HyFlex (HEDM). Estas fueron colocadas en un canal artificial de cerámica con una angulación de 60° y 5mm de radio que fueron tallados usando el sistema CAD/CAM. Cada grupo de limas fue dividido en 5 subgrupos, según el irrigante a utilizar. Los resultados obtenidos en los grupos de limas muestran un aumento

significativo en la resistencia a la fatiga cíclica de las limas HEDM en todas las condiciones testeadas, mientras que, como resultados de los irrigantes, las limas mostraron una disminución significativa de la resistencia a la fatiga cuando se usa NaOCl 3% con HEBP 9%, comparado con los otros grupos (14).

Hasegawa Y. *et al.* (2014), evaluaron el efecto del EDTA en diferentes concentraciones (3% y 10%) sobre la corrosión por fatiga de tres limas; limas Flex Master, VDW; limas RaCe, FKG y limas K3, Sybronendo, comparado con otras soluciones (NaClO 6%, H2O2 3%, NaCl 0.9% y agua destilada). La prueba con cada lubricante se repitió 6 veces para cada una de las 18 condiciones en cada grupo de angulación, testeando un total de 216 limas. Se utilizó un aparato experimental con dos canales artificiales de vidrio de diferentes curvaturas (30° y 60°), las limas fueron activadas a una velocidad de 300 rpm hasta inducir la fatiga. Se obtuvo que con la angulación de 30° las limas con EDTA tenían significativamente menor resistencia a comparación de las limas que se usaron con agua destilada pero no hubo diferencia significativa entre ambas concentraciones de EDTA. En la angulación de 60° se observó en todas las limas una fractura entre el primer minuto y el minuto 2'35'' y no se encontró diferencia significativa entre las 6 soluciones utilizadas (15).

Peters O. *et al* (2005), evaluaron los efectos de la lubricación sobre el torque generado durante la preparación de conductos simulados en bloques de dentina radicular usando instrumentos Ni-Ti ProFile y ProTaper. Para el estudio se utilizaron 32 discos de dentina de 3mm de grosor en los que se diseñaron canales radiculares que fueron rellenados con agua, EDTA 15% o lubricante tipo pasta (Glyde). Con los instrumentos ProFile los valores de torque disminuyeron significativamente con el uso de EDTA, mientras que no hubo una reducción en el grupo estudiado con Glyde. Con los instrumentos ProTaper no se observaron efectos en los valores del torque. Las cargas de torsión fueron reducidas significativamente por el uso de la lubricación, tanto para las limas ProFile

como para las ProTaper. Los dos líquidos estudiados (agua y EDTA 15%) tuvieron un rendimiento significativamente mejor que el lubricante tipo pasta (3).

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Tratamiento endodóntico

La endodoncia es un procedimiento que tiene como objetivo conservar las piezas dentales que tienen un daño permanente de la pulpa. Tiene su origen en el griego “endo” que significa dentro, “odont” que significa diente y el sufijo -ia que indica acción, área de trabajo y estudio (16,17).

El objetivo es prevenir el inicio de una infección o tratar las infecciones ya existentes, para lo cual es necesario una óptima desinfección al momento de la instrumentación con el fin de disminuir la carga bacteriana. Además, es importante sellar adecuadamente el conducto y realizar una correcta rehabilitación que nos asegure que no habrá proliferación de microorganismos y se produzca una nueva infección en el diente tratado (17).

El manejo endodóntico es necesario en diversos casos, siendo indicado para tratar (17):

- Pulpitis irreversible
- Necrosis pulpar
- Fractura dental a nivel pulpar
- Reabsorción radicular
- Periodontitis apical
- Tratamiento endodóntico electivo por rehabilitación

Para esto es necesario un diagnóstico adecuado, al cual se llega realizando un examen clínico efectivo junto con un examen radiográfico o tomográfico en caso sea necesario para observar las dificultades que se podrían tener durante el tratamiento y también para poder determinar la viabilidad de la restauración de la pieza dental (17,18).

La complejidad y resultado de una endodoncia va a depender del diagnóstico y dificultades pronósticas y procedimentales encontradas durante la instrumentación. Las

dificultades en el procedimiento pueden estar relacionadas con una aplicación de anestesia poco profunda, la colocación inadecuada del dique de goma, tipo de diente, nivel de desarrollo apical, calcificaciones del conducto y la anatomía de este (19).

La asociación americana de endodoncia (AAE) desarrolló un protocolo y formulario para determinar la complejidad de los casos de endodoncia clasificándolos en tres grupos: Complejidad baja, complejidad media y complejidad alta. La complejidad va a estar dada por ciertos factores los cuales se encuentran organizados de 3 grupos de consideraciones que son: consideraciones del paciente, consideraciones del diagnóstico y tratamiento y algunas consideraciones adicionales, de acuerdo a todos estos uno determinará y dará lugar a una planificación correcta para cada caso (20).

3.2.1.1 Acceso y permeabilización

Para poder acceder a la cámara pulpar eficientemente es necesario conocer la anatomía de los dientes y las variaciones que podemos encontrar. El conocimiento de la posición usual de la cámara pulpar, el número de conductos radiculares y la localización de estos nos va a ayudar a reducir el riesgo de una remoción excesiva de material dental y la posibilidad de pasar por alto algún conducto (17).

El acceso a la cámara pulpar es el primer paso del tratamiento, siendo el objetivo remover todo el tejido cariado, quitar el techo de la cámara pulpar, localizar todos los conductos y establecer un acceso recto al mismo tiempo que conservamos la estructura dental remanente (21).

Una vez se realiza la apertura cameral se procede con el ensanchamiento coronal, el cual es un proceso en donde se va a remover la dentina de los dos tercios coronales para obtener una preparación cónica y crear un acceso recto al conducto, facilitando la colocación de las limas para que los instrumentos ingresen a la porción apical del canal radicular (22,23).

Independientemente de si se usa un sistema rotatorio o reciprocante para la preparación, el ensanchamiento coronal tiene una importancia particular porque minimiza el riesgo de accidentes operatorios, reduce el riesgo de extrusión del debris por apical, nos permite tener un reservorio de irrigante a nivel coronal y remueve las interferencias de la dentina, lo cual va a conducir a un menor riesgo de fractura y nos permite mantener la longitud de trabajo al minimizar el riesgo de crear un bloqueo apical (17,24,25).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que un ensanchamiento excesivo conlleva un riesgo de perforación, sobre todo en la furca y la pérdida extensa de dentina a nivel cervical puede llevar a fracturas verticales (22).

3.2.1.2 Preparación/Instrumentación

La preparación mecánica se lleva a cabo utilizando una variedad de instrumentos para darle la forma al canal radicular y para crear un acceso para las soluciones irrigantes y medicamentos bajo un ambiente de trabajo aséptico y aislado. Siendo la forma ideal cónica con el diámetro más pequeño en apical y más ancho en la entrada del canal (17,26). Esta preparación tiene como objetivos remover los restos pulpares, los microorganismos y el debris formado al momento de instrumentar, preservar la locación e integridad del canal apical, evitar daño iatrogénico al canal o estructura de la raíz y facilitar la obturación (27).

Los instrumentos utilizados pueden ser limas manuales o limas mecanizadas rotatorias o reciprocantes que cuentan con diferentes configuraciones, calidad, tamaño y propiedades físicas, conicidad y diseño de corte (26).

Una vez el ensanchamiento coronal es terminado se procede a calcular la longitud de trabajo, siendo este un paso de especial importancia en la endodoncia. Para el cual existen diversas técnicas (23):

- Técnica radiográfica: Es la técnica más común, la cual consiste en que la longitud de trabajo es estimada con la radiografía pre operatoria y se confirma con la conductometría, en caso la radiografía muestre la lima más de 2mm corta se debe corregir la medida y volver a tomar la radiografía (17,26).

- Técnica electrónica-Localizador apical: El localizador apical funciona midiendo la impedancia, frecuencia y resistencia que existe entre el ligamento periodontal y la mucosa oral. Una parte del circuito se conecta a la lima que va dentro del conducto, la cual se va insertando gradualmente hasta llegar al foramen apical y otra parte va en el clip del labio que conecta con la mucosa oral (26). El localizador nos dará una señal visual y auditiva indicando si hemos llegado al ápice o si lo hemos sobrepasado (17).

Rifaat et al realizaron un estudio para medir la eficacia de los localizadores apicales en piezas con ensanchamiento coronal y sin este, donde los resultados nos indican que el realizar el ensanchamiento nos proporciona una medida de trabajo más precisa en comparación con las piezas dentales donde no se realiza esto (23).

En cuanto a la técnica de trabajo, existen diferentes técnicas propuestas a lo largo del tiempo, de las cuales tenemos tres enfoques principales, pero todas las con los mismos objetivos:

- Crown-down: Esta técnica se enfoca en crear una porción cervical más ancha antes de empezar a avanzar progresivamente hacia apical. Se empieza el trabajo con las limas de mayor conicidad para crear una porción coronal más ancha, luego limas de menor calibre se van usando para extender la preparación gradualmente, ingresando 1mm hasta llegar a la longitud de trabajo definida (28).

- Step back: Involucra un aumento secuencial del tamaño del instrumento para formar el canal gradualmente. Inicialmente se utilizan las limas de menor tamaño

para establecer la longitud de trabajo del canal radicular, luego las limas de mayor calibre se usan para darle forma al canal y se va aumentando el calibre progresivamente y disminuyendo la longitud hasta aumentar la distancia desde el ápice, es decir, se realiza una preparación del conducto radicular desde el ápice hacia la corona de forma gradual (28).

- Técnica híbrida: Combina elementos del step-back y Crown-down para beneficiarse de las ventajas individuales. Este procedimiento inicia con la técnica Crown-down para ensanchar la porción coronal del conducto y que esto facilite el acceso en línea recta al canal, luego se prosigue con la técnica step-back para formar el conducto gradualmente (28).

3.2.1.2.1 Lubricación:

La lubricación está presente en todas las fases de la endodoncia, sobre todo en la instrumentación. Esta es requerida para facilitar la acción mecánica de las limas, ya sea manual o mecanizada, siendo que los irrigantes líquidos como el EDTA pueden también ser usados como lubricantes (1).

A la vez, existen lubricantes líquidos, en gel y pasta, los cuales han ganado popularidad en los últimos años, estos lubricantes pueden ser colocados en el instrumento antes de ingresar al conducto radicular (1).

La influencia de la lubricación en el tratamiento endodóntico no tuvo atención hasta 1990 cuando Yguel Henry *et al* estudiaron la eficacia del corte de las limas cuando son influenciadas por un lubricante. Anteriormente los dentistas no consideraban los irrigantes endodónticos como lubricantes, pero este estudio demostró que incluso el agua funciona como lubricante y mejora la efectividad del corte de la lima si es comparado con un ambiente de trabajo seco (1,29).

La fricción generada por el instrumento al hacer contacto con las paredes del canal puede elevar la temperatura haciendo que la lima llegue a la fatiga cíclica, el uso de lubricantes puede reducir la temperatura operatoria al disipar el calor del instrumento y retrasar la fatiga de este (1).

Siendo que los lubricantes tienen como función el disminuir el estrés de la lima y controlar la temperatura del canal radicular para aumentar la resistencia a la fatiga cíclica, no se deben confundir con los irrigantes. Los irrigantes son líquidos cuya función es limpiar el conducto al desinfectarlo, así como eliminar los restos de tejido pulpar y el barrillo dentinario creado al momento de la instrumentación, como el hipoclorito de sodio; mientras que los lubricantes vienen en diferentes presentaciones como pasta, gel o líquido(3,30).

EDTA

Es un quelante, cuya función es unirse a los iones de metales formando un quelato para poder así eliminarlos del cuerpo, son usados especialmente para eliminar iones peligrosos en caso de envenenamiento por metal o en el tratamiento de las alteraciones del metabolismo del cobre (31).

Es una solución neutral o ligeramente alcalina, el cual se precipita en un pH ácido. Fue introducido a la endodoncia en el año 1957 por Nygaard-Ostby en una concentración del 15%, pensado para suavizar químicamente el conducto radicular y eliminar el barrillo dentinario, así como también aumentar la permeabilidad de la dentina (31,32).

El EDTA es usualmente usado en una solución del 15% o 17%, aunque algunos estudios sugieren que una solución de 5% o incluso de 1% es suficientemente fuerte para remover el barrillo dentinario. Siendo que el EDTA actúa sobre la parte inorgánica de la dentina y del barrillo dentinario (32).

Tiene poca o nula actividad antimicrobial, aunque algunos estudios han mostrado su actividad antifúngica; como Sen BN. *et al.* que en su estudio demostraron la actividad antifúngica que el EDTA presentaba en contra de la *candida albicans* comparándolo con el hipoclorito al 2.5%, 5% y a diversos irrigantes (32,33). El EDTA debilita la membrana celular de la bacteria sin llegar a matar la célula, aunque podría funcionar de manera sinérgica con clorhexidina, que ataca de mejor manera la pared celular bacteriana (33).

La mayoría de fabricantes de instrumentos de níquel-titanio recomiendan el uso del EDTA como lubricante durante la preparación del conducto radicular y adicionalmente una irrigación final con EDTA al 17% es recomendada por diversos autores para disolver el barrillo dentinario (31).

Aunque este producto, al tener una función quelante induce efectos adversos en la durabilidad de las limas NiTi generando una corrosión del instrumento afectándolo severamente, es utilizado como lubricante por cierto número de profesionales según una encuesta realizada por la asociación americana de endodoncia (15,34).

GLICERINA

La glicerina se obtiene principalmente como subproducto de la producción de biodiesel, el cual requiere de un lavado para eliminar el metanol, los ácidos grasos y los jabones presentes. Su fórmula está compuesta por 1, 2,3 propanotriol, 1, 2,3 trihidroxipropano; también conocido como glicerol, es un alcohol con tres grupos hidroxilos (-OH) cuyas características son incoloro, inodoro, higroscópico y de sabor dulce (35).

Cuenta con propiedades que permiten su uso y aplicación en diferentes procesos químicos, como en la industria farmacéutica, cosmética y en la industria alimentaria. Los principales usos se dan en la elaboración de productos como jabones de tocador en cosmética; en medicina se incorpora en la fabricación de jarabes y medicamentos, incluso lo podemos ver como ingrediente de lubricantes vaginales y como lubricante en maquinarias específicas (35).

Debido a su naturaleza no tóxica, es apto para la producción de alimentos y medicamentos. Además, se utiliza en la industria del petróleo y en aplicaciones militares, como en la fabricación de explosivos, como la nitroglicerina, y para enfriar los cañones de armas de fuego (35).

En odontología tiene múltiples usos debido a sus propiedades lubricantes, higroscópicas y no tóxicas. Es importante para la eliminación de la capa inhibida al hacer restauraciones con resina, nos ayuda en la manipulación de restauraciones con ionómero de vidrio y también se usa como vehículo al aplicar medicamentos como el hidróxido de calcio en el conducto radicular (36,37).

Recientemente un estudio demostró su poder como lubricante en el tratamiento endodóntico comparado con el EDTA y el hipoclorito de sodio. La glicerina obtuvo mejores resultados demostrando su eficacia al reducir la fatiga cíclica y demorar el tiempo de fractura independientemente de la lima utilizada (5).

3.2.1.3 Obturación

El objetivo de una endodoncia exitosa es crear un ambiente favorable que permita la recuperación de los tejidos periapicales al realizar una correcta desinfección y un sellado tridimensional del conducto (38,39). Una obturación ideal debe sellar todas las salidas existentes hacia el periodonto, debe estar bien condensada en todo el largo del conducto y adaptarse a las paredes del canal. Siendo considerado el sellado apical como el factor más crucial para el éxito del tratamiento (40).

La condensación lateral es la técnica más utilizada entre los métodos de obturación existentes, esta técnica fue descrita en 1930 y se basa en colocar un cono maestro de gutapercha que realice un buen ajuste apical e ir colocando conos accesorios compactándolos con un espaciador digital hacia las paredes del conducto hasta rellenarlo completamente (38,41).

Otras técnicas son la obturación con onda continua y la obturación con cono único, aunque estas también presentan limitaciones, existen cuestionamientos sobre la compatibilidad de la onda continua con las propiedades de los nuevos selladores biocerámicos dado que el calor generado al realizar el sellado puede alterar las propiedades del cemento sellador. Por otro lado, la obturación con el cono único no nos garantiza un sellado apical adecuado (38).

3.2.2 Endodoncia mecanizada rotatoria y reciprocante

La endodoncia mecanizada consiste en el tratamiento endodóntico apoyado por un motor endodóntico, el cual realizará el accionamiento de la lima dentro del conducto radicular y por lo tanto la conformación de este mismo, existen dos grupos de sistemas de limas a usar durante la conformación los cuales son: Sistemas rotatorios y Sistemas reciprocantes (26).

-Sistemas rotatorios

Sistema de limas mecanizadas las que cortan de forma continua, girando 360° de manera ininterrumpida y continua, generalmente el giro de corte se puede dar en sentido de las manecillas del reloj, es decir, en sentido horario. Estos sistemas fueron los primeros en aparecer y fueron evolucionando a lo largo del tiempo, cambiando los distintos tipos de aleación, forma, fabricación y demás (26).

-Sistemas reciprocantes

Sistema de limas mecanizadas, las cuales realizarán el corte de manera interrumpida pero continua, es decir, hará un giro alternando los sentidos horario y antihorario, pero predominando un sentido hasta lograr girar 360°, generalmente el sentido de giro predominante es el sentido antihorario (42).

Este sistema libera estrés del instrumento mediante una rotación especial. La rotación en sentido antihorario va a cortar la dentina y el movimiento en sentido de las agujas del reloj se da para aliviar el instrumento (42).

Para incrementar la resistencia de las limas NiTi, los fabricantes introdujeron el uso del modo reciprocante (43). La introducción de este sistema mejoró la eficacia clínica al reducir el número de instrumentos fracturados, disminuir el tiempo de trabajo y preparar los conductos de una manera más segura (42).

Este sistema elimina las principales desventajas de los instrumentos rotatorios, ya que permiten preparar el canal radicular con un menor número de instrumentos o incluso en algunos casos con un solo instrumento, reduciendo al mínimo el riesgo de fractura (42).

3.2.3 Limas Níquel-Titanio

Las primeras limas mecanizadas que aparecieron eran instrumentos de acero, lo que las hace inherentemente rígidas. Esto representaba un problema al momento de la instrumentación, ya que, generaba falsos conductos o perforaciones en los conductos curvos al no poder seguir la forma de este debido a su rigidez. Tampoco permitía trabajar adecuadamente los conductos, creando una forma irregular que es difícil de limpiar, desinfectar y obturar correctamente (26).

Con el tiempo los investigadores han encontrado una diversidad de métodos para superar las complicaciones que los instrumentos de acero representaban, como resultado, se proponen diversos movimientos sobre la manipulación del instrumento y las formas de conformación de canal (26).

Los instrumentos de Níquel-Titanio (NiTi) surgen como una alternativa a los instrumentos de acero y están compuestos de 56% níquel y 44% titanio en peso, pero representa un radio atómico de 1:1 entre estos elementos. La llegada de estos instrumentos revolucionó el tratamiento endodóntico al disminuir la fatiga del operador

y reducir el tiempo de trabajo requerido para terminar la preparación a la vez que minimizó los errores producidos asociados a la instrumentación manual (10,44).

La estructura cristalina del NiTi existe en tres estados diferentes, la fase martensita que es de baja temperatura (Fase M), fase austenita de alta temperatura (Fase A) y la fase intermedia (Fase R). Siendo que la estructura de los cristales pueden cambiar de fase cuando son sometidos a un cambio de temperatura o a estrés (45,46).

Martensite-start-temperature (Ms) es la temperatura en la que la fase martensítica se empieza a formar y *martensite-finish-temperature* (Mf) es una temperatura por debajo de la Ms, en la cual se llega a completar la fase M. En la activación térmica, el NiTi martensítico es calentado pasando la temperatura de transformación a austenítica (As), aquí los cristales del NiTi empiezan a cambiar a austenita y se convertirán completamente en austeníticos una vez que el calor haya pasado la temperatura más alta del finalizado austenítico(Af) (44,45).

Las diferencias de las propiedades mecánicas entre los instrumentos NiTi yacen en las propiedades de las fases que existen en la aleación, la fase austenita existe en temperaturas elevadas y es más fuerte y rígida que la fase martensita, la cual existe en temperaturas más bajas y es más suave y flexible (44).

La flexibilidad de la fase martensítica permite que las limas se deformen fácilmente y puedan tomar la forma de las curvas del conducto radicular, permitiendo que estos se trabajen correctamente, mientras que, el exponer la lima a mayores temperaturas genera que la lima cambie a la fase A generando que esta regrese a su forma inicial gracias a su propiedad de elasticidad (46).

Los primeros instrumentos NiTi hacen su aparición a inicios de los 90’s. La novedad de estas limas era que presentaban una conicidad de mayor calibre y dejaba de lado la conicidad única de 0.02 normado por el ISO 3610-1 para las limas de acero. Este cambio se da gracias a la flexibilidad de las limas NiTi, esto permite aumentar la conicidad del

instrumento para la limpieza adecuada del conducto curvo minimizando el riesgo de perforación del conducto (47).

3.2.3.1 Tipos de limas

-Limas de primera generación:

Son caracterizados por presentar una punta redonda no cortante que sirven de guía del conducto radicular y una conicidad constante, lo que requería el uso de varias limas para lograr la limpieza del conducto. El diseño transversal clásico cuenta con superficies radiales junto a los surcos para permitir la expulsión de la dentina después de la acción de corte pasiva del instrumento, esta es la sección transversal típica en forma de U con superficies radiales (42).

-Limas de segunda generación:

Su diferencia está principalmente en el diseño de las limas, la sección transversal de los instrumentos cambió eliminando las superficies radiales. El diseño y los ángulos de inclinación positiva permitían una acción de corte activa por lo que se realizaba en menor tiempo el tratamiento y se redujo el número de limas usadas en un solo paciente. Un cambio importante que también se dio fue el cambio de conicidad a lo largo de las hojas de corte. Las limas de segunda generación se dividen en limas de trabajo y limas finalizadoras, siendo que las limas de trabajo aumentan su conicidad en los dos tercios coronales y las limas finalizadoras aumentan la conicidad en el tercio apical (42,47).

-Limas de tercera generación:

El avance de la tecnología hace que estas limas tengan una diferencia en las propiedades del metal utilizado. Se generó una serie de tratamientos termo mecánicos a la aleación níquel-titanio que hace que mejore sus propiedades en términos de flexibilidad y durabilidad, es aquí donde aparece la fase martensítica y austenítica, ya que anteriormente las limas solo se fabricaban en fase austenítica (47).

-Limas de cuarta generación:

La principal diferencia está en el movimiento de rotación. Las limas anteriores rotaban continuamente en sentido de las agujas del reloj realizando un giro de 360°, mientras que las limas de cuarta generación realizan un movimiento repetitivo de vaivén, técnica que anteriormente era utilizada con las limas manuales de acero. Se adapta este movimiento para las limas mecanizadas y se empiezan a fabricar limas reciprocantes (47).

-Limas de quinta generación:

La quinta generación incorpora secciones descentradas. Una masa de rotación desplazada permite al instrumento el avance asimétrico del instrumento dentro del conducto radicular, produciendo una onda mecánica de movimiento cuando está en rotación. Este diseño reduce la superficie de contacto a lo largo del canal, permitiendo que algunos bordes no toquen el canal, reduciendo el riesgo de bloqueo y aumentando el espacio sin contacto para una mejor extracción del debris o barrillo dentinario (47).

-Limas de sexta generación:

Estas limas se enfocan en la incorporación de un nuevo concepto dirigido a la creación de instrumentos para la preparación del glide path o permeabilización antes de la conformación del canal. La creación de la permeabilización es un paso esencial para reducir el riesgo de fractura torsional al minimizar el bloqueo cónico que ocurre cuando la sección transversal de canal es más pequeña que la punta del instrumento (47).

-Limas de séptima generación:

Se enfoca en la incorporación de nuevos procesos de fabricación. Se desarrollaron métodos diferentes al método de esmerilado tradicional, como torsión, ajuste de forma y mecanizado por descarga eléctrica. Un ejemplo son las limas TF™, las cuales son fabricadas torciendo el alambre para evitar las marcas de esmerilado que produce el

microesmerilado y que podría provocar microfracturas en el alambre (47). Las limas SAF son cortadas por láser para remover el exceso de metal de una manera eficaz, son huecas, diseñadas como un cilindro puntiagudo de paredes finas lo que permite el flujo continuo de irrigante a través de ellas (48).

3.2.4 Fatiga

A pesar de las mejoras que se han visto con los instrumentos NiTi, la fractura de las limas es un problema frecuente hoy en día y es una preocupación importante. La separación de estas limas se da principalmente por dos circunstancias, la fatiga torsional o la fatiga cíclica (46,49).

3.2.4.1 Curvatura

La literatura nos indica que las raíces de todas las piezas tienen un grado de curvatura, siendo este una característica normal de las piezas dentales (50). Por lo tanto, el grado de curvatura de un conducto puede influir significativamente en la separación de un instrumento, ya que la complejidad en la conformación de este aumentará. A una curvatura mayor el instrumento estará sometido a un estrés mayor, por lo tanto, las probabilidades de fractura son aún mayores, por otro lado, si la curvatura de un conducto es menor el estrés provocado será mucho menor(51). Siendo esta característica atribuida a la principal causa de fatiga cíclica y consiguiente separación del instrumento (5).

En un estudio realizado por Zelada *et al*., evaluaron la influencia del nivel de curvatura en la separación de limas sometidos a curvaturas menores a 30° y a curvaturas mayores a 30°, concluyeron que las limas expuestas a mayor grado de curvatura sufrían un mayor estrés, por lo que generaba la fractura del instrumento. Posteriormente, Hasegawa, concuerda con el anterior estudio, ya que demuestra que trabajar en un conducto con curvatura de 30° nos brinda mejores resultados en comparación a curvaturas de 60°, esto basado en las revoluciones que puede permitir una curvatura de 30° (15,52).

3.2.4.2 Longitud de separación del instrumento

La longitud en la cual se separan los instrumentos es variable de acuerdo al motivo por el cual se fractura el instrumento, es decir, si el instrumento se fractura por fatiga cíclica o flexional o si se fractura por fatiga torsional.

Generalmente cuando la fractura del instrumento se da por fatiga torsional, la longitud de la porción fracturada del instrumento es mínima ya que generalmente sucede esto en la punta del instrumento, por lo cual la longitud de separación del instrumento puede ser de 1.3 a 2 mm aproximadamente, aunque pueden haber variaciones en la longitud, por otro lado, si la separación del instrumento se da por fatiga cíclica la longitud de la porción fracturada es ligeramente mayor aproximadamente en un rango de 3 a 4.9mm, aunque al igual que la fatiga por torsión estos valores pueden ser variables (53).

Para lograr determinar el origen real de la fractura se tendría que observar estos instrumentos a través de microscopía electrónica de barrido y así determinar las diferencias que existen entre estos, además de evaluar los rasgos característicos de un instrumento separado por torsión o flexión.

3.2.4.3 Fatiga torsional

Es un proceso en el cual el límite elástico del metal es sobrepasado, lo que genera que el instrumento sufra una deformación plástica que posteriormente va a ocasionar la fractura, esta ocurre cuando la punta o alguna parte de la lima queda atrapada en el conducto, pero la lima sigue girando hasta pasar el punto máximo de elasticidad del metal generando la separación del instrumento. Generalmente la fractura por torsión se da en la punta del instrumento, aunque puede darse a otro nivel del instrumento. Este tipo de fractura ha sido asociado a con la aplicación excesiva de fuerzas (46,52).

3.2.4.4 Fatiga cíclica

El término de fatiga cíclica ha sido usada para describir la fractura de los instrumentos NiTi causada por la rotación continua en un conducto curvo debido a un estrés repetitivo (53).

Se origina cuando el instrumento alcanza el nivel de estrés máximo del metal y lo excede, esto se debe a compresión y tensión repetitiva que sufre el instrumento en la curvatura de los conductos. Un cambio de temperatura en el conducto radicular genera un cambio de fase de la lima lo que hace que esta pierda la curvatura del conducto que tomó en un inicio y aumente el estrés que sufre la lima generando su separación (46,54).

3.2.5 Limas One Reci

Son un sistema de limas reciprocantes *One Reci*, lanzados en el año 2021 por la empresa Francesa Micro Mega. Estas limas están elaboradas en Níquel-Titanio, además de presentar un tratamiento térmico llamado *C wire* y un electro pulido, logrando así una menor rugosidad y mejorando su superficie al dejarla más lisa (55).

Cuentan con una doble sección transversal, en la punta hasta los 4 mm cuentan con una sección triangular de triple hélice, la cual posterior a los 4 mm cambia a una sección transversal en forma de S itálica, teniendo así una sección transversal excéntrica, esta fabricación podría disminuir las cargas torsionales en la punta y le brinda una buena capacidad de corte (56).

Viene en una presentación de blisters pre esterilizados de 5 limas (20/0.4, 25/0.4, 25/0.6, 35/0.4 y 45/0.4), además de tener la opción de distintas longitudes (21 mm, 25 mm y 31 mm). El fabricante nos indica que el instrumento realiza un corte alternado en sentido antihorario, 170° antihorario y 60° horario (57).

Pedulla *et al,* al investigar la resistencia a la fatiga torsional y a la fatiga cíclica en dinámica y estática de instrumentos Ni-Ti mecanizados, donde evaluaron 4 tipos de

limas; 2 limas reciprocantes, OneReci y WaveOne Gold y 2 limas rotatorias, OneCurve y ProTaper Next X2, obtuvieron como resultado que las limas OneReci tuvieron una mejor resistencia en la fatiga cíclica estática, las limas OneCurve y WaveOne Gold no mostraron diferencia entre ellas, pero obtuvieron un mejor resultado que las Protaper Next X2 (7).

3.2.6 Modo seguro en cinemática reciprocante

-Motor

En la actualidad la tecnología con la cual se han desarrollado los motores endodónticos ha tenido un gran cambio, antiguamente existían motores endodónticos que solo podían ser usados con los instrumentos en modo rotacional, luego aparecieron los motores que contaban con el modo reciprocante pero este ya venía previamente configurado en el motor y no podía ser modificado, es decir, eran motores cerrados, actualmente esto ha cambiado ya que se fabricaron motores que pueden ser modificables en una parte (semi abiertos) o pueden ser totalmente modificables (abiertos); además de poder modificar todas las variables a usar en un motor endodóntico (42).

Se han desarrollado distintos modos que pueden brindar mayor seguridad a la hora de realizar la preparación del conducto o la confirmación motorizada, entre estos modos tenemos: Control Adaptativo de torque (ATC o ATR), Auto reversa o reversa apical, Auto Start/Autostop y Adaptative Reciprocating Inteligent o Reciprocación Inteligente Adaptativa (ARI) (58,59).

Los distintos modos seguros tienen diferencias entre ellos y depende del operador cuál escoger para realizar la confirmación motorizada, el modo ATR consiste en que se establece un torque límite durante la confirmación rotacional, al ser superado este límite el motor automáticamente entrará en un modo reciprocante hasta que se regrese a un menor torque y regrese al modo rotacional; el modo autoreversa consiste en establecer un torque límite y en el momento que se sobrepasa este límite en la confirmación

rotacional el instrumento hará rotación inversa logrando retirar el instrumento del conducto (60,61).

No todos los motores cuentan con estos modos seguros, el modo ARI es una nueva tecnología recientemente desarrollada la cual está integrada en el motor Endo radar plus de la empresa Woodpecker.

La reciprocación en un inicio nace y se lanza al mercado con el fin comercial, por lo cual en un inicio los motores eran cerrados y no se podía modificar para el uso de los instrumentos, con el pasar de los años se desarrollaron estudios que indicaban que al disminuir las angulaciones de corte, es decir, ya no usar los instrumentos como indica el fabricante sino reducir estás angulaciones de corte, el instrumento puede disminuir la deformación del conducto así como también el riesgo a la fractura por fatiga cíclica, sin embargo esto sólo es posible usando motores que sean abiertos, es decir, se pueden modificar totalmente los valores como angulaciones de corte (antihorario y horario), torque, sentido de giro, Revoluciones Por Minuto (RPM) (42).

-Sistema ARI

Adaptative reciprocanting inteligence o Reciprocación adaptativa inteligente, es un software nuevo, lanzado en noviembre del 2024, que viene integrado al motor Endo Radar Plus de Woodpecker. Este va a controlar dinámicamente el estrés torsional durante la reciprocación. Cuando la resistencia que ofrece el conducto supera el límite de torque preestablecido, ARI detectará este aumento y va a ajustar automáticamente los ángulos de reciprocación disminuyéndolos, este movimiento continuará hasta que la resistencia encontrada sea menor que el torque establecido y volverá automáticamente a la programación preestablecida (62).

El proceso inicia con la programación de los ángulos seleccionados, los cuales serán programados manualmente por el operador. Aunque no hay una angulación establecida oficialmente; los creadores del software ARI, Dr. Carlos García Puente y Dr Alejandro

Jaime, proponen que la angulación inicial debe ser de 90° antihorario y 30° horario, con torque 0.4 Ncm y 500 RPM, activándose el modo de seguridad al llevar al torque a su máximo programado ARI se activará disminuyendo la angulación a la mitad de su paso angular (60°) dando como angulación de respuesta 40° antihorario y 20° horario por un periodo de trabajo hasta que el torque disminuya su máxima potencia y retorne a su programación inicial (90°/30°), ya que, el propósito de ARI es trabajar con angulaciones cortas para disminuir el torque y evitar la fatiga (62).

3.3 Definición de términos

- **Fase Martensita:** Una forma cristalina de metal. En la aleación níquel-titanio, esta forma más flexible se produce como resultado de cambios térmicos o la aplicación de tensión (63).
- **Fase Austenita:** Fase cristalina no estresada del acero inoxidable o aleación de níquel-titanio (63).
- **Fatiga cíclica:** Separación del instrumento debido a un estrés repetitivo causado por endurecimiento del trabajo y fatiga del metal (63).

3.4 Hipótesis

El uso de lubricantes influye en la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 evaluadas a diferentes pasos angulares.

3.5 Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Valor	Escala
Solución lubricante	Sustancia usada para disminuir la fricción entre dos superficies en contacto		Lubricante escogido	-EDTA líquido al 17% -Glicerina	Cualitativa politómica nominal
Fatiga cíclica	Acción de los instrumentos que genera la separación de los mismos al llegar al punto máximo de estrés que pueden soportar	Tiempo	Tiempo en que se fractura el instrumento	Tiempo en segundos	Cuantitativa de razón, continua
		Longitud	Longitud en que se fracturó el instrumento	Longitud en milímetros	
Angulación de corte	Movimiento antihorario y horario que realizan los instrumentos mecanizados tanto para cortar como para el retiro del barro dentinario		Angulaciones escogidas	1. Fabricante (170°/60°) 2. Disminución de ángulos (90°/30°)	Cualitativa dicotómica nominal

IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación corresponde a un estudio

- Experimental
- Prospectivo
- Transversal
- Analítico

4.2 Población y muestra

-Población

Limas One Reci® (Micromega / Coltene, Francia) #25 taper 06

-Muestra

78 instrumentos One Reci® (Micromega / Coltene, Francia) #25.06

Para el cálculo de la muestra se utilizó la Fórmula de tamaño de muestra para ANOVA

$$n = \frac{2 \cdot \left(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta}\right)^2 \cdot \sigma^2 (k-1)}{\Delta^2}$$

Para este cálculo, se asumen los siguientes valores:

- **Nivel de significancia**: 95% de confianza→α=0.05 → Zα/2=1.96
- **Poder estadístico**: 1−β=0.80→Zβ=0.84
- **Número de grupos**: k=3 (Glicerina, EDTA, Control)
- **Desviación estándar estimada**: σ=51.3 (según antecedente)
- **Diferencia esperada entre las medias**: Δ=40 (según antecedente)

4.3 Procedimientos y técnica

Procedimiento

Se evaluó un total de 78 instrumentos One Reci® (Micromega / Coltene) #25.06, los cuales fueron divididos de manera equitativa en 3 grupos, teniendo 26 limas en total en cada grupo cambiando el lubricante a usar, cada grupo contó con dos subgrupos de 13 limas cada uno en cada cual se evaluó una angulación de corte diferente, la primera según fabricante y la segunda en disminución de ángulos.

	PRESENTACIÓN	CONCENTRACIÓN	VOLUMEN	MARCA	PRODUCTO
EDTA	Líquida	17%	0.4 ml en cada aplicación	Prevest DentPro	
GLICERINA	Líquida		0.4 ml en cada aplicación	ERZA	

-Grupo N°1 (grupo control): sin lubricante

- Subgrupo 1-1: Angulación de 170° antihorario y 60° horario sin uso de lubricante
- Subgrupo 1-2: Angulación de 90° antihorario y 30° horario sin uso de lubricante

-Grupo N°2: utilizando EDTA.

- Subgrupo 2-1: Angulación de 170° antihorario y 60° horario con uso de EDTA como lubricante
- Subgrupo 2-2: Angulación de 90° antihorario y 30° horario con uso de EDTA como lubricante

-Grupo N°3: utilizando glicerina.

- Subgrupo 3-1: Angulación de 170° antihorario y 60° horario con uso de glicerina como lubricante
- Subgrupo 3-2: Angulación de 90° antihorario y 30° horario con uso de glicerina como lubricante

La fatiga cíclica se evaluó utilizando un simulador de canal radicular en una máquina de fatiga cíclica en estática que cuenta con canales artificiales de acero, con una curvatura de 60°, donde se instaló el motor para evitar ejercer presión sobre el instrumento.

En el primer subgrupo se activaron los instrumentos en los conductos artificiales lubricados con la solución respectiva al grupo que pertenece con una rotación de 170° antihorario y 60° horario hasta alcanzar la fatiga cíclica y la medición del tiempo se realizó en minutos con segundos con la ayuda de un cronómetro digital.

En el segundo subgrupo se activaron los instrumentos en los conductos artificiales lubricados con la solución respectiva al grupo que pertenece con una rotación de 90° antihorario y 30° horario, hasta alcanzar la fatiga cíclica y la medición del tiempo se realizó en minutos con segundos con la ayuda de un cronómetro digital.

La medición de la longitud se realizó midiendo el trozo de lima fracturado dentro del conducto con una regla de endodoncia Maillefer (Grupo Dentsply Sirona).

4.4 Método de recolección de datos

Se hizo uso de la ficha de recolección disponible en la sección de anexos, en la cual se registraron los datos del tiempo que demora la lima en fracturarse y la longitud a la que se fracturó.

4.5 Procesamiento y análisis de resultados

Los datos obtenidos se registraron en una tabla elaborada con el programa Microsoft Excel v.365. La base de datos fue exportada al programa estadístico STATA 18 SE-64 para proceder con en el análisis estadístico. Dado que la variable dependiente es continua y, tras aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, se confirmó que las variables siguen una distribución normal ($p>0.05$), y se procedió con la prueba de Levene donde obtuvimos que no existe diferencias significativas en las varianzas entre los grupos (F: W0=0.21, W50=0.29, W10=0.21, $p>0.05$), cumpliéndose el supuesto de homogeneidad de varianzas.

En el análisis estadístico se aplicó la prueba de Análisis de Varianza de Dos Vías (ANOVA) para evaluar los efectos del tipo de lubricante y de la angulación sobre la fatiga cíclica donde obtuvimos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($F=20.82$, $p<0.0001$), explicando un 59.1% de la variabilidad del tiempo $R^2=0.5911$) donde se encontró un efecto significativo de la interacción entre el lubricante y la angulación sobre el tiempo.

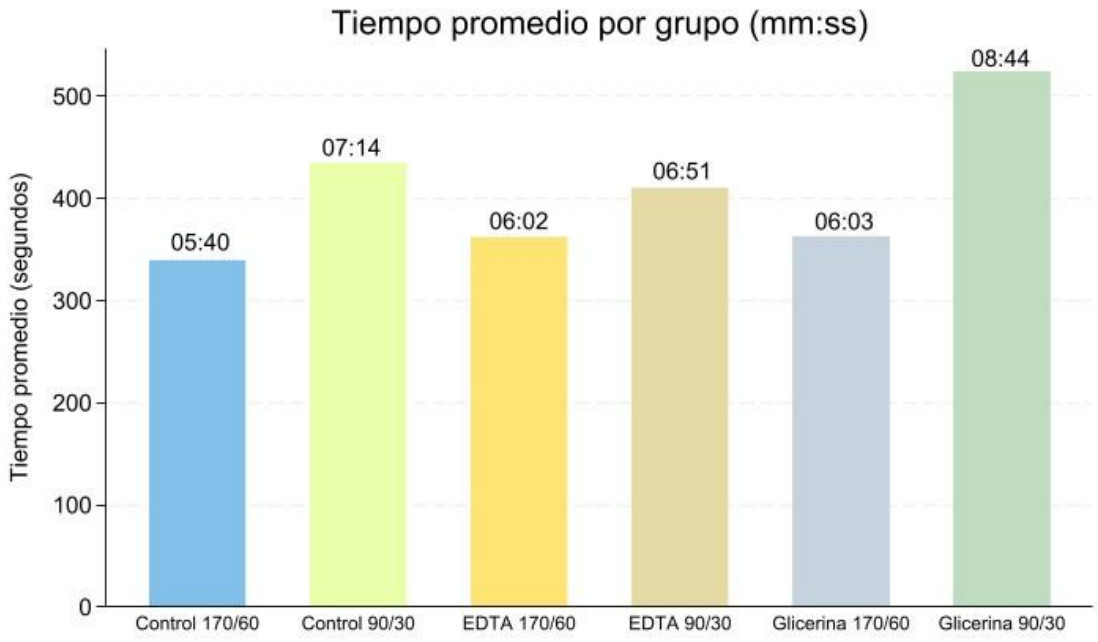
Seguidamente se aplicó una prueba post hoc con corrección de Bonferroni, en el cual se identificó diferencias significativas entre múltiples combinaciones de lubricante y angulación. Las comparaciones que resultaron estadísticamente significativas ($p < 0.05$) sugieren que tanto el tipo de lubricante como el ángulo influyen de manera combinada en el tiempo hasta la fractura. El cuadro de comparaciones se muestra en resultados.

V. RESULTADOS

Tabla 1: Tabla descriptiva de tiempo según lubricante y angulación.

LUBRICANTE_ANGULACIÓN	Mean	P50	SD	Range
Control 170/60	05:40	05:45	43.19945	175
Control 90/30	07:14	07:30	38.8536	122
EDTA 170/60	06:02	05:54	42.49208	149
EDTA 90/30	06:51	07:03	74.34957	268
Glicerina 170/60	06:03	06:16	47.50938	164
Glicerina 90/30	08:44	08:46	64.87038	276

Gráfico 1: Gráfico de barras de tiempo promedio según lubricante y angulación.



En la tabla 1 y gráfico 1 podemos observar los tiempos medios de cada grupo evaluado en minutos con segundos, así como la desviación estándar y el rango, ambos en segundos, siendo el grupo control con angulación de 170/60 el grupo que se fracturó más rápido (05:40), mientras que el grupo de glicerina con disminución de ángulos es el grupo con mayor tiempo (08:44)

Tabla 2: Tabla descriptiva de tiempo según lubricante con angulación 170/60.

LUBRICANTE_ANGULACIÓN	Mean	p50	SD	Range
Control 170/60	05:40	05:45	43.19945	175
EDTA 170/60	06:02	05:54	42.49208	149
Glicerina 170/60	06:03	06:16	47.50938	164

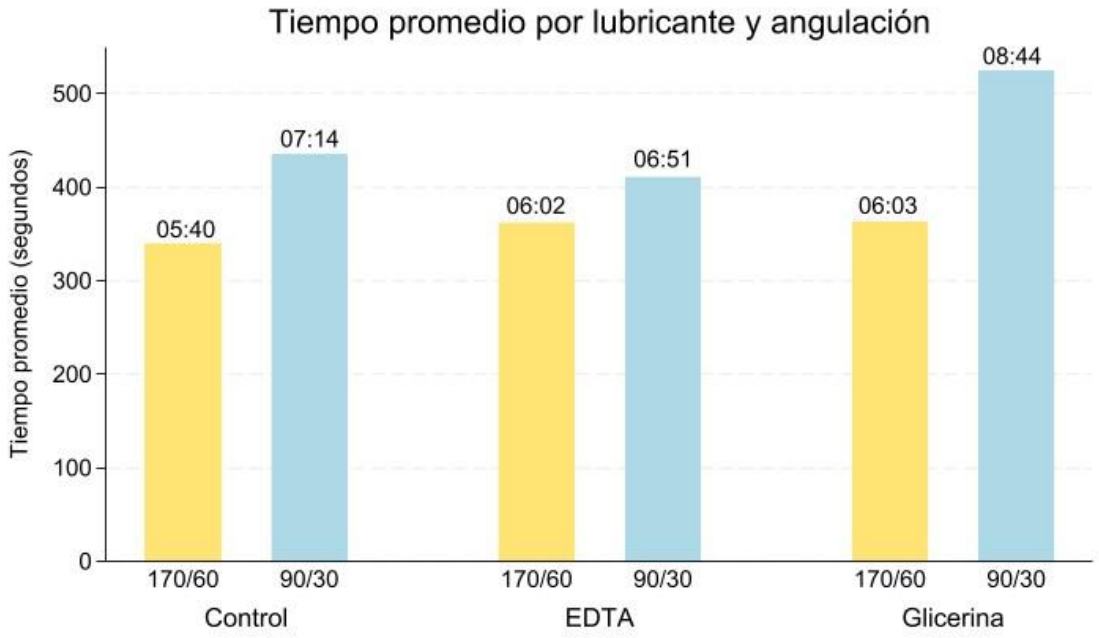
En la tabla 2 vemos de manera específica los grupos con la angulación según el fabricante, en la cual el grupo control tiene un tiempo menor de trabajo (05:40) comparado con el EDTA y la glicerina.

Tabla 3: Tabla descriptiva de tiempo según lubricante con angulación 90/30.

LUBRICANTE_ANGULACIÓN	Mean	p50	SD	Range
Control 90/30	07:14	07:30	38.8536	122
EDTA 90/30	06:51	07:03	74.34957	268
Glicerina 90/30	08:44	08:46	64.87038	276

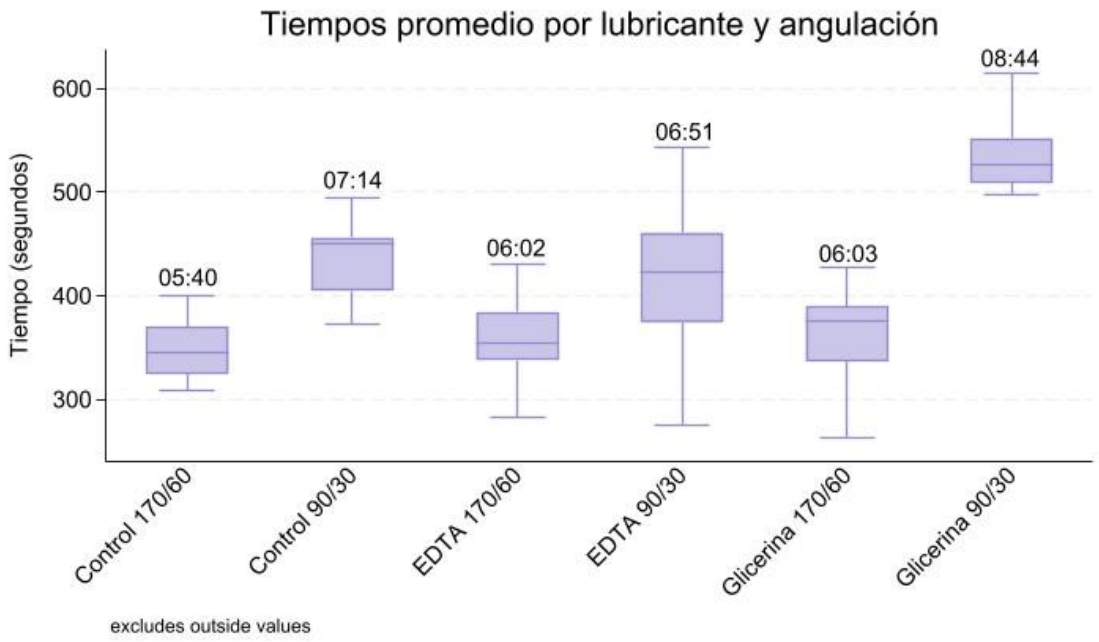
En la tabla 3 observamos de manera específica el comportamiento de los grupos con la angulación disminuida, en la cual el grupo de glicerina obtuvo un mejor rendimiento comparado con el grupo control y el EDTA.

Gráfico 2: Gráfico de barras de tiempo promedio organizado por lubricante



En el gráfico 2 observamos que al trabajar con disminución de ángulos el tiempo de trabajo se prolonga independientemente del lubricante utilizado.

Gráfico 3: Cajas y bigotes de tiempo promedio por lubricante y angulación.



En el gráfico 3 observamos la distribución de los tiempos medios con los valores máximos y mínimos, vemos que, aunque el grupo EDTA 90/30 tiene un tiempo menor que el control 90/30, este grupo tiene una mayor variabilidad, siendo el valor máximo de este grupo mayor al valor máximo del grupo control 90/30. El grupo con un mejor desempeño es el de glicerina 90/30, con menor variabilidad y mejor tiempo de trabajo.

Tabla 4: Tabla descriptiva de longitud de fractura según lubricante y angulación.

LUBRICANTE_ANGULACIÓN	Mean	p50	SD	Range
Control 170/60	7.307692	7	0.750676	3
Control 90/30	7.923077	8	1.151921	3
EDTA 170/60	8.692308	9	0.480385	1
EDTA 90/30	8.615385	9	0.794613	2.5
Glicerina 170/60	8.307692	8	1.011156	3
Glicerina 90/30	8.269231	9	1.033106	2.5
TOTAL	8.185897	8	0.987286	4

En la tabla 4 vemos los datos sobre la longitud de fractura de las limas, en promedio las limas se fracturan a los 8mm con una desviación estándar de casi 1mm.

Tabla 5: Comparación múltiple post hoc (Bonferroni) entre combinaciones de lubricante y angulación.

	Contrast	Std. err.	Bonferroni t	Bonferroni P>|t|	Bonferroni [95% conf.	interval]
lubyang						
Control 90/30 vs Control 170/60	94.69231	20.98506	4.51	0.000	30.97562	158.409
EDTA 170/60 vs Control 170/60	22.15385	20.98506	1.06	1.000	-41.56284	85.87054
EDTA 90/30 vs Control 170/60	71	20.98506	3.38	0.017	7.283311	134.7167
Glicerina 170/60 vs Control 170/60	23.38462	20.98506	1.11	1.000	-40.33207	87.1013
Glicerina 90/30 vs Control 170/60	184.2308	20.98506	8.78	0.000	120.5141	247.9475
EDTA 170/60 vs Control 90/30	-72.53846	20.98506	-3.46	0.014	-136.2552	-8.821772
EDTA 90/30 vs Control 90/30	-23.69231	20.98506	-1.13	1.000	-87.409	40.02438
Glicerina 170/60 vs Control 90/30	-71.30769	20.98506	-3.40	0.017	-135.0244	-7.591003
Glicerina 90/30 vs Control 90/30	89.53846	20.98506	4.27	0.001	25.82177	153.2552
EDTA 90/30 vs EDTA 170/60	48.84615	20.98506	2.33	0.341	-14.87054	112.5628
Glicerina 170/60 vs EDTA 170/60	1.230769	20.98506	0.06	1.000	-62.48592	64.94746
Glicerina 90/30 vs EDTA 170/60	162.0769	20.98506	7.72	0.000	98.36023	225.7936
Glicerina 170/60 vs EDTA 90/30	-47.61538	20.98506	-2.27	0.394	-111.3321	16.1013
Glicerina 90/30 vs EDTA 90/30	113.2308	20.98506	5.40	0.000	49.51408	176.9475
Glicerina 90/30 vs Glicerina 170/60	160.8462	20.98506	7.66	0.000	97.12946	224.5628

La tabla muestra las comparaciones entre las distintas combinaciones de lubricante y angulación. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en los tiempos de resistencia a la fatiga cíclica entre Glicerina 90/30 y todos los demás grupos, así como entre Control 90/30 y Control 170/60. Estas combinaciones representan las principales interacciones donde el tipo de lubricante y la angulación influyeron significativamente en la resistencia.

VI. DISCUSIÓN

Como Chandler *et al* nos menciona, la lubricación va a estar presente en todas las fases del tratamiento endodóntico, ya que es necesaria para disminuir la fricción de dos superficies que estén en contacto, ofreciéndonos incluso el agua un mejor ambiente de trabajo que el trabajar en seco (1,29). Los procedimientos odontológicos no están exentos de presentar complicaciones al momento del desarrollo de estos, por lo que es necesario encontrar nuevas medidas a adoptar para disminuir los factores que puedan generar complicaciones en el paciente y, por consiguiente, molestias adicionales en el paciente.

Las fracturas de las limas representan una de las posibles complicaciones durante las endodoncias y es una complicación relevante, ya que puede comprometer el éxito del tratamiento. Este estudio se enfocó en encontrar un lubricante que retrase la fatiga cíclica del instrumento para otorgarle mayor durabilidad y menor riesgo de fractura.

Mohammed *et al.* (5) estudiaron como la irrigación con glicerina, EDTA 17% o NaClO AL 5.25% afecta la resistencia a la fatiga cíclica en instrumentos endodónticos rotatorios, limas Edge (0.25/0.6 USA) y limas Fanta (0.25/0.6 China). Como resultado obtuvieron una diferencia significativa en el grupo que hizo uso de la glicerina, mientras que, los grupos de EDTA y NaOCl no tuvieron diferencia significativa, eso se asemeja los resultados obtenidos en la presente investigación, ya que nos indican que el uso de la glicerina como lubricante incrementa el tiempo de vida de las limas al retrasar la fatiga cíclica.

Peters *et al*. (3) evaluaron los efectos de la lubricación sobre el torque generado durante la preparación de conductos en los instrumentos ProFile y ProTaper. Se evaluó como lubricante el agua, EDTA 15% y Glyde (lubricante tipo gel/pasta). Con los instrumentos ProFile los valores de torque disminuyeron drásticamente con el uso de EDTA, mientras que no hubo reducción de este con el Glyde. En los instrumentos ProTaper no se

observaron efectos en los valores del torque. Los resultados encontrados difieren con nuestros resultados, donde al aplicar la prueba de comparación múltiple de Bonferroni encontramos que el EDTA no genera una diferencia estadísticamente significativa en comparación con los grupos que presentan la misma angulación.

Cevat Emre *et al.* (14) estudiaron los efectos de las soluciones irrigantes (agua destilada, NaClO 6%, EDTA 17%, ácido etidrónico (HEBP) 18% y una solución de NaClO3%+HEBP9%) en tres tipos diferentes de limas (WaveOne Gold, RPC Blue y HyFlex). Obteniendo como resultado una disminución significativa de la resistencia a la fatiga cíclica cuando se hizo uso de NaClO3%+HEBP9% comparado con los otros grupos, a su vez también concluyó que el EDTA no afecta la resistencia a la fatiga cíclica, ya que el EDTA no mostró diferencia significativa al ser comparado con lubricantes como NaCOl 6% y HEBP 18%. Esto coincide con lo evidenciado en nuestro estudio, donde se obtuvo que el EDTA no tiene diferencia significativa al ser comparados con los grupos que cuentan con la misma angulación.

Los resultados de las pruebas estadísticas evidencian una diferencia significativa en la combinación de la glicerina como lubricante con la disminución de ángulos y las demás combinaciones, siendo está una combinación más eficiente para evitar el estrés del instrumento y mejorar la resistencia a la fatiga cíclica.

VII. CONCLUSIONES

- El EDTA proporciona una moderada mejora en el tiempo de fractura de las limas respecto al control, lo cual sugiere que tiene un efecto lubricante útil, aunque no tan eficaz como la glicerina bajo la misma angulación.
- La glicerina demostró superioridad como lubricante, incluso en las condiciones estándar de angulación. El aumento del tiempo hasta alcanzar la fractura indica menor estrés mecánico sobre el instrumento gracias a su capacidad de reducir fricción y disipar calor.
- La disminución de angulación mejora el rendimiento del EDTA, evidenciando que el factor angular influye significativamente en la fatiga cíclica. No obstante, su eficacia sigue siendo inferior a la glicerina.
- Esta combinación de glicerina con una angulación de 90°/30° fue la más efectiva, tanto desde el punto de vista estadístico ($p < 0.05$ en múltiples comparaciones Bonferroni) como práctico, logrando un incremento del tiempo de trabajo de hasta 54%. Esto la posiciona como una estrategia clave para reducir el riesgo de fractura de instrumentos.
- Existe una interacción sinérgica entre tipo de lubricante y tipo de angulación. Reducir el paso angular (a 90°/30°) por sí solo mejora significativamente la resistencia a la fatiga cíclica, y esta mejora se potencia con el uso de lubricantes, especialmente la glicerina.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar más estudios con limas reciprocantes de diversas marcas sobre el uso de glicerina como lubricante en combinación con una reducción angular a 90°/30° durante la instrumentación, ya que esta combinación demostró ser la más eficaz para prolongar el tiempo de trabajo y reducir el riesgo de fractura por fatiga cíclica.
- Es recomendable investigar el impacto de diferentes velocidades y torques en la resistencia a la fatiga cíclica, así como su interacción con el tipo de lubricante y angulación de corte.
- Se recomienda evaluar la capacidad de corte de las limas en función del tiempo de trabajo registrado durante el procedimiento.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chandler N, Chellappa D. Lubrication during root canal treatment. Aust Endod J. abril de 2019;45(1):106-10.

2. Shantiaee Y, Dianat O, Sharifi F, Nahvi G, Kolahi Ahari G. The Impact of Three Different Canal Lubricants on Fracture, Deformity and Metal Slivering of ProTaper Rotary Instruments. Iran Endod J. 2014;9(2):127-30.

3. Peters OA, Boessler C, Zehnder M. Effect of liquid and paste-type lubricants on torque values during simulated rotary root canal instrumentation.

4. Lafuente Aranda G. Glicerol: Síntesis y aplicaciones. [Madrid, España]: Universidad Nacional de Educación a distancia; 2017.

5. Alsunboli MH, Ihsan SSA, Sabah DQ. 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]. 2024;

6. ONE RECI STERILE | Online catalog [Internet]. [citado 24 de octubre de 2024]. Disponible en: https://products.coltene.com/ES/ES/products/endodontics/shaping-files/reciprocating/micromega-one-reci

7. Pedullà E, Kharouf N, Caruso S, La Rosa GRM, Jmal H, Haikel Y, et al. Torsional, Static, and Dynamic Cyclic Fatigue Resistance of Reciprocating and Continuous Rotating Nickel-Titanium Instruments. J Endod. noviembre de 2022;48(11):1421-7.

8. León-López M, Cabanillas-Balsera D, Martín-González J, Montero-Miralles P, Saúco-Márquez JJ, Segura-Egea JJ. Prevalence of root canal treatment worldwide: A systematic review and meta-analysis. Int Endod J. noviembre de 2022;55(11):1105-27.

9. Tibúrcio-Machado CS, Michelon C, Zanatta FB, Gomes MS, Marin JA, Bier CA. The global prevalence of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. Int Endod J. mayo de 2021;54(5):712-35.

10. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Effect of Environment on Fatigue Failure of Controlled Memory Wire Nickel-Titanium Rotary Instruments. J Endod. marzo de 2012;38(3):376-80.

11. Yılmaz A, Gökyay SS, Dağlaroğlu R, Küçükay IK. Evaluation of deformation and fracture rates for nickel-titanium rotary instruments according to the frequency of clinical use. Eur Oral Res. mayo de 2018;52(2):89-93.

12. Alfawaz H, Alqedairi A, Alhamdan M, Alkhzim N, Alfarraj S, Jamleh A. Effect of NaOCl and EDTA irrigating solutions on the cyclic fatigue resistance of EdgeTaper Platinum instruments. BMC Oral Health. diciembre de 2022;22(1):195.

13. Tanomaru AA, Limoeiro AG, Soares A de J, Junior ELM, Campos GR, Hamasaki SK, et al. Influence of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine on the Dynamic Cyclic Fatigue Resistance of XP Endo Shaper Instruments. Eur J Dent. 22 de diciembre de 2021;16(3):580.

14. Erik CE, Özyürek T. Effects of etidronate, NaOCl, EDTA irrigation solutions and their combinations on cyclic fatigue resistance of nickel–titanium single-file rotary and

reciprocating instruments at body temperature. Odontology. abril de 2019;107(2):190-5.

15. Hasegawa Y, Goto S ichi, Ogura H. Effect of EDTA solution on corrosion fatigue of Ni-Ti files with different shapes. Dent Mater J. 2014;33(3):415-21.

16. Anders V. Etimologías de Chile - Diccionario que explica el origen de las palabras. [citado 18 de noviembre de 2024]. ENDODONCIA. Disponible en: https://etimologias.dechile.net/?endodoncia

17. Patel S, Barnes JJ, editores. The principles of endodontics. Third edition. Oxford: Oxford University Press; 2020. 192 p.

18. Rodríguez G, Abella F, Durán-Sindreu F, Patel S, Roig M. Influence of Cone-beam Computed Tomography in Clinical Decision Making among Specialists. J Endod. febrero de 2017;43(2):194-9.

19. Torabinejad M. Passive step-back technique. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1994;77(4):4.

20. American Association of Endodontics. Protocolo y formulario de la AAE sobre la evaluación de la dificultad de casos endodónticos.

21. Shabbir J, Zehra T, Najmi N, Hasan A, Naz M, Piasecki L, et al. Access Cavity Preparations: Classification and Literature Review of Traditional and Minimally Invasive Endodontic Access Cavity Designs. J Endod. agosto de 2021;47(8):1229-44.

22. Sarıyılmaz Ö, Sessiz R, Kocaman OS. The Impact of Coronal Flaring Files on Pericervical Dentin Thickness in Mandibular Molars. J Endod. abril de 2024;50(4):514-9.

23. Rifaat S, Aljami A, Alshehri T, T. Alameer S, Aldossary A, Almutairi W, et al. The Effect of Coronal Pre-flaring and Type of Root Canal Irrigation on Working Length Accuracy Using Electronic Apex Locators. F1000Research. 24 de octubre de 2023;12:533.

24. Topçuoğlu HS, Üstün Y, Akpek F, Aktı A, Topçuoğlu G. Effect of coronal flaring on apical extrusion of debris during root canal instrumentation using single-file systems. Int Endod J. septiembre de 2016;49(9):884-9.

25. da Silva PB, Duarte SF, Alcalde MP, Duarte MAH, Vivan RR, da Rosa RA, et al. Influence of cervical preflaring and root canal preparation on the fracture resistance of endodontically treated teeth. BMC Oral Health. 16 de abril de 2020;20:111.

26. Bjørndal L, Kirkevang LL, Whitworth JM, editores. Textbook of endodontology. Third edition. Hoboken Chichester: Wiley, Blackwell; 2018. 479 p.

27. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. Endod Top. septiembre de 2013;29(1):110-24.

28. Agrawal A, Agrawal N, Biswas K, Vasisth D, Almutairi N, Alotaibi BB, et al. Evaluation of the Impact of Different Instrumentation Techniques on the Incidence of Postoperative Pain in Patients Undergoing Root Canal Treatment. Cureus. 15(7):e42736.

29. Yguel-Henry S, Vannesson H, Von Stebut J. High precision, simulated cutting efficiency measurement of endodontic root canal instruments: Influence of file configuration and lubrication. J Endod. septiembre de 1990;16(9):418-22.

30. Gomes BPFA, Aveiro E, Kishen A. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. Braz Dent J. 34(4):1-33.

31. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. Int Endod J. diciembre de 2003;36(12):810-30.

32. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. Br Dent J. marzo de 2014;216(6):299-303.

33. Sen BH, Akdeniz BG, Denizci AA. The effect of ethylenediamine-tetraacetic acid on Candida albicans. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. noviembre de 2000;90(5):651-5.

34. Tsotsis P, Dunlap C, Scott R, Arias A, Peters OA. A survey of current trends in root canal treatment: access cavity design and cleaning and shaping practices. Aust Endod J. abril de 2021;47(1):27-33.

35. Torres-Rivero LA, Ben-Youssef BC, Pérez-Gasca MF. Características de la glicerina obtenida del proceso de la reacción del metóxido de sodio en la producción del Biodiesel. Rev Energ Quím Física. 31 de marzo de 2019;18-28.

36. Rivera EM, Williams K. Placement of calcium hydroxide in simulated canals: Comparison of glycerin versus water. J Endod. septiembre de 1994;20(9):445-8.

37. Park HH, Lee IB. Effect of glycerin on the surface hardness of composites after curing. J Korean Acad Conserv Dent. 2011;36(6):483.

38. Akhtar H, Naz F, Hasan A, Tanwir A, Shahnawaz D, Wahid U, et al. Exploring the Most Effective Apical Seal for Contemporary Bioceramic and Conventional Endodontic Sealers Using Three Obturation Techniques. Medicina (Mex). 14 de marzo de 2023;59(3):567.

39. Sharki AM, Ali AH. Three-Dimensional Measurement of Obturation Quality of Bioceramic Materials in Filling Artificial Internal Root Resorption Cavities Using Different Obturation Techniques: An In Vitro Comparative Study. J Endod. julio de 2024;50(7):997-1003.

40. Lone MM, Khan FR. EVALUATION OF MICRO LEAKAGE OF ROOT CANALS FILLED WITH DIFFERENT OBTURATION TECHNIQUES: AN IN VITRO STUDY. J Ayub Med Coll Abbottabad. 13 de febrero de 2018;30(1):34-9.

41. Turk T, Piskin B, Orucoglu H, Aydin B. Effect of spreader size on microleakage of roots filled with cold lateral compaction technique. Eur J Dent. 2015;9(3):378-81.

42. Gustavo De Deus. Shaping for cleaning the root canals. A Clinical-Based Strategy. Springer; 2022. 370 p.

43. De Pedro-Muñoz A, Rico-Romano C, Sánchez-Llobet P, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Cyclic Fatigue Resistance of Rotary versus Reciprocating Endodontic Files: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Clin Med. 2 de febrero de 2024;13(3):882.

44. Hany M. A. Ahmed. Endodontic Advances and Evidence-Based Clinical Guidelines. Wiley, Blackwell; 2022.

45. Maroof M, Sujithra R, Tewari RP. Superelastic and shape memory equi-atomic nickel-titanium (Ni-Ti) alloy in dentistry: A systematic review. Mater Today Commun. diciembre de 2022;33:104352.

46. Liang Y, Yue L. Evolution and development: engine-driven endodontic rotary nickel-titanium instruments. Int J Oral Sci. 18 de febrero de 2022;14:12.

47. Arias A, Peters OA. Present status and future directions: Canal shaping. Int Endod J. 2022;55(S3):637-55.

48. SAF - Lima dental rotativa by ReDent Nova | MedicalExpo [Internet]. [citado 23 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.medicalexpo.es/prod/redent-nova/product-73810-747358.html

49. Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue Resistance of Engine-driven Rotary Nickel-Titanium Instruments Produced by New Manufacturing Methods. J Endod. agosto de 2008;34(8):1003-5.

50. Çolak H, Bayraktar Y, Hamidi M, Tan E, Çolak T. Prevalence of Root Dilacerations in Central Anatolian Turkish Dental Patients.

51. Kim HC, Kwak SW, Cheung GSP, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Two New Nickel-Titanium Instruments Used in Reciprocation Motion: Reciproc Versus WaveOne. J Endod. abril de 2012;38(4):541-4.

52. Zelada G, Varela P, Martin B, Bahillo J, Magan F, Ahn S. The Effect of Rotational Speed and the Curvature of Root Canals on the Breakage of Rotary Endodontic Instruments. J Endod. julio de 2002;28(7):540-2.

53. Cheung GSP. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. Endod Top. marzo de 2007;16(1):1-26.

54. Langaliya A, Dhull KS, Gupta B, Saleem Agwan MA, Gupta S, Macha Y, et al. Effect of NaOCl on cyclic fatigue resistance. Bioinformation. 31 de diciembre de 2023;19(13):1348-52.

55. Çiftçioğlu E, Keleş A, Dinçer GA, Ateş MO, Küçükay ES. Shaping ability of WaveOne Gold and OneReci by using two apical sizes: a micro-computed tomographic assessment. PeerJ. 27 de abril de 2023;11:e15208.

56. Sanchez Sanchez H, Rondon Zabala YA, Vargas Olachica HV. Caracteristicas de diseño de las limas # 25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Reci. Estudio descriptivo. 22 de noviembre de 2013 [citado 24 de noviembre de 2024]; Disponible en: https://repository.usta.edu.co/handle/11634/53147

57. Limas MicroMega One RECI FICHA TECNICA.pdf [Internet]. [citado 25 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://ultradental.com.co/Documentos/MICROMEGA/LIMAS/ONE%20RECI/Limas%20MicroMega%20One%20RECI%20FICHA%20TECNICA.pdf

58. Lee JY, Kwak SW, Ha JH, Kim HC. Ex-Vivo Comparison of Torsional Stress on Nickel–Titanium Instruments Activated by Continuous Rotation or Adaptive Motion. Materials. enero de 2020;13(8):1900.

59. Gambarini G. Advantages And Disadvantages Of New Torque-Controlled Endodontic Motors And Low-Torque NiTi Rotary Instrumentation. Aust Endod J. diciembre de 2001;27(3):99-104.

60. Moradas Estrada. Instrumentación rotatoria en endodoncia. ¿Qué tipo de lima o procedimiento es el más indicado? 2017. 2017;33(4):10.

61. Used Dental Handpiece Control Console and Motor System | ATR Tecnika – Atlas Resell Management [Internet]. [citado 6 de febrero de 2025]. Disponible en: https://atlasresell.com/pages/used-dental-handpiece-control-console-and-motor-system-atr-tecnika

62. Endo Radar PLUS ARI Motor endodoncia Woodpecker• RUMAR [Internet]. [citado 19 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://rumarcedeira.com/tienda/aparatologia/endodoncia/motores-endodoncia/motor-de-endodoncia-woodpecker-endo-radar-plus/

63. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms. aae. 2020;48.

X. ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

Problema de investigación	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cómo influyen las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares en limas reciprocantes?	Evaluar la acción de las soluciones lubricantes sobre la resistencia a la fatiga cíclica a diferentes pasos angulares en limas reciprocantes OneReci.	-Evaluar la acción del lubricante EDTA sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 170° antihorario y 60° horario. -Evaluar la acción del lubricante glicerina sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 170° antihorario y 60° horario. -Evaluar la acción del lubricante EDTA sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 90° antihorario y 30° horario. -Evaluar la acción del lubricante glicerina sobre la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 en 90° antihorario y 30° horario. -Comparar la relación entre las sustancias lubricantes y angulaciones evaluadas.	El uso de lubricantes influye en la resistencia a la fatiga cíclica de las limas One Reci® #25.06 evaluadas a diferentes pasos angulares.	-Solución lubricante -Angulación de corte -Fatiga cíclica	**Diseño de investigación:** Experimental, prospectiva, transversal y analítica **Población y muestra:** La población estuvo conformada por limas One Reci®, con una muestra de 78 limas

ANEXO 2. Instrumento de recolección de datos.

Ficha de recolección de datos

Evaluación de la acción de las soluciones lubricantes

GRUPO	# LIMA	LUBRICANTE	ANGULACIÓN	TIEMPO	MEDIDA

ANEXO 3. Aprobación del comité de ética

Facultad de Odontología
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Comité de Ética Institucional

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE APROBACIÓN N°035-CEI-FO-2025

El Comité de Ética Institucional de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ha **APROBADO** el proyecto de investigación de tipo: ***Exento de revisión sin riesgo***; titulado: **"ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES LUBRICANTES SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA A DIFERENTES PASOS ANGULARES DE UN INSTRUMENTO RECIPROCANTE. ESTUDIO IN VITRO" (Exp. N°134-2025)** a cargo de la investigadora principal **FLAVIA MARIELLA RODRIGUEZ ROJAS** según consta en el Acta N°008-FO-CEI-2025 de fecha 03 de junio del presente año.

La presente aprobación del Comité de Ética Institucional de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos tiene una vigencia de tres años, del 10 de junio de 2025 al 10 de junio de 2028 bajo los siguientes considerandos:

- El proyecto de investigación se encuentra registrado y almacenado en los archivos digitales del comité.
- Los datos obtenidos de la investigación deberán ser rigurosamente resguardados y almacenados por un periodo mínimo de tres años pudiendo ser solicitados por este comité en cualquier momento.
- El comité se reserva el derecho de solicitar en cualquier momento un informe del avance del proceso de ejecución del proyecto de investigación
- Cualquier modificación al proyecto presentado deberá ser informado al Comité.
- Al finalizar la ejecución el investigador responsable debe enviar una copia del informe final a este comité.
- El Comité de Ética está a disposición para posteriores esclarecimientos o dudas.

Ciudad Universitaria, 10 de junio de 2025

Dra. MARÍA DEL PILAR GAMARRA CONTRERAS
Presidenta del Comité de Ética Institucional
Facultad de Odontología

ANEXO 4. Pase a ejecución

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
VICE DECANATO ACADEMICO
UNIDAD DE ASESORÍA Y ORIENTACIÓN DEL ESTUDIANTE
(UNAYOE)

Lima, 19 de junio de 2025

OFICIO VIRTUAL N° 0374/FO-VDAC-UNAYOE/2025

Señorita tesista
RODRIGUEZ ROJAS, FLAVIA MARIELLA
Facultad de Odontología
UNMSM

Presente.-

Asunto: Pase a Ejecución

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, con la finalidad de transcribirle el informe recaído en su Proyecto de Tesis Titulado:

"ACCIÓN DE LAS SOLUCIONES LUBRICANTES SOBRE LA RESISTENCIA A LA FATIGA CÍCLICA A DIFERENTES PASOS ANGULARES DE UN INSTRUMENTO RECIPROCANTE. ESTUDIO IN VITRO"

*Que a la letra dice: Vista la documentación; el Vicedecanato Académico y la Unidad de Asesoría y Orientación del Estudiante, con fecha del día 19 de junio de 2025, acordó: Dar pase, a don (ña): **RODRIGUEZ ROJAS, FLAVIA MARIELLA**, que **EJECUTE**, su Proyecto de Tesis de Investigación.*

Sin otro particular, hacemos propicia la ocasión para manifestarle los sentimientos de nuestra especial consideración.

Atentamente,

UNMSM

Mg. WILLIAM CARDENAS SILVA
Jefe UNAYOE

WCS/sao

Tabla 6. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la variable Lubricante (p>0.05)

```
. swilk LUBRICANTE

                  Shapiro-Wilk W test for normal data

    Variable |        Obs       W           V         z       Prob>z
-------------+-------------------------------------------------------
  LUBRICANTE |         78    0.99909      0.061    -6.120    1.00000
```

Tabla 7. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la variable Angulación (p>0.05)

```
. swilk ANGULACIÓN

                  Shapiro-Wilk W test for normal data

    Variable |        Obs       W           V         z       Prob>z
-------------+-------------------------------------------------------
  ANGULACIÓN |         78    0.99911      0.060    -6.153    1.00000
```

Tabla 8. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la variable Tiempo/Fatiga cíclica (p>0.05)

```
. swilk TIEMPO

                  Shapiro-Wilk W test for normal data

    Variable |        Obs       W           V         z       Prob>z
-------------+-------------------------------------------------------
      TIEMPO |         78    0.97472      1.700     1.160    0.12293
```

Tabla 9. Prueba de homogeneidad de varianzas entre grupos de Levene (p>0.05)

group(LUBRICANTE ANGULACIÓN)	Summary of TIEMPO		
	Mean	Std. dev.	Freq.
1	5:39	0:43	13
2	7:14	0:38	13
3	6:02	0:42	13
4	6:50	1:14	13
5	6:03	0:47	13
6	8:44	1:04	13
Total	6:45	1:20	78

```
W0  =  1.4444264   df(5, 72)     Pr > F = 0.2188944

W50 =  1.2496877   df(5, 72)     Pr > F = 0.29518772

W10 =  1.4496809   df(5, 72)     Pr > F = 0.21710124
```

Tabla 10. Tabla de Análisis de varianza de dos vías ANOVA (p<0.05)

```
. anova tiempo_ssec LUBRICANTE## ANGULACIÓN

                       Number of obs =         78    R-squared     =  0.5911
                       Root MSE      =    53.5016    Adj R-squared =  0.5627

                Source | Partial SS         df         MS        F    Prob>F
-----------------------+----------------------------------------------------
                 Model |  297976.53          5   59595.305     20.82  0.0000
                       |
            LUBRICANTE |  56020.103          2   28010.051      9.79  0.0002
             ANGULACIÓN |  200741.65          1   200741.65     70.13  0.0000
LUBRICANTE#ANGULACIÓN |  41214.769          2   20607.385      7.20  0.0014
                       |
              Residual |  206094.46         72   2862.4231
-----------------------+----------------------------------------------------
                 Total |  504070.99         77   6546.3765
```

Tabla 11. Tabla de prueba post hoc con corrección de Bonferroni (p<0.05)

```
                    Analysis of variance
    Source              SS         df      MS            F     Prob > F
------------------------------------------------------------------------
Between groups      297976.526      5   59595.3051     20.82     0.0000
 Within groups      206094.462     72   2862.42308
------------------------------------------------------------------------
    Total           504070.987     77   6546.37646

Bartlett's equal-variances test: chi2(5) =   8.3974    Prob>chi2 = 0.136

          Comparison of tiempo_ssec by group(LUBRICANTE ANGULACIÓN)
                                (Bonferroni)
Row Mean-
Col Mean |          1          2          3          4          5
---------+-----------------------------------------------------------
       2 |    94.6923
         |      0.000
         |
       3 |    22.1538   -72.5385
         |       1.000      0.014
         |
       4 |         71   -23.6923    48.8462
         |      0.017      1.000      0.341
         |
       5 |    23.3846   -71.3077    1.23077   -47.6154
         |       1.000      0.017      1.000      0.394
         |
       6 |    184.231    89.5385    162.077    113.231    160.846
         |      0.000      0.001      0.000      0.000      0.000
```

Gráfico 4. Gráfico de barras de comparación de angulaciones con glicerina



Gráfico 5. Gráfico de barras de tiempo según lubricantes con angulación de 170°/60°

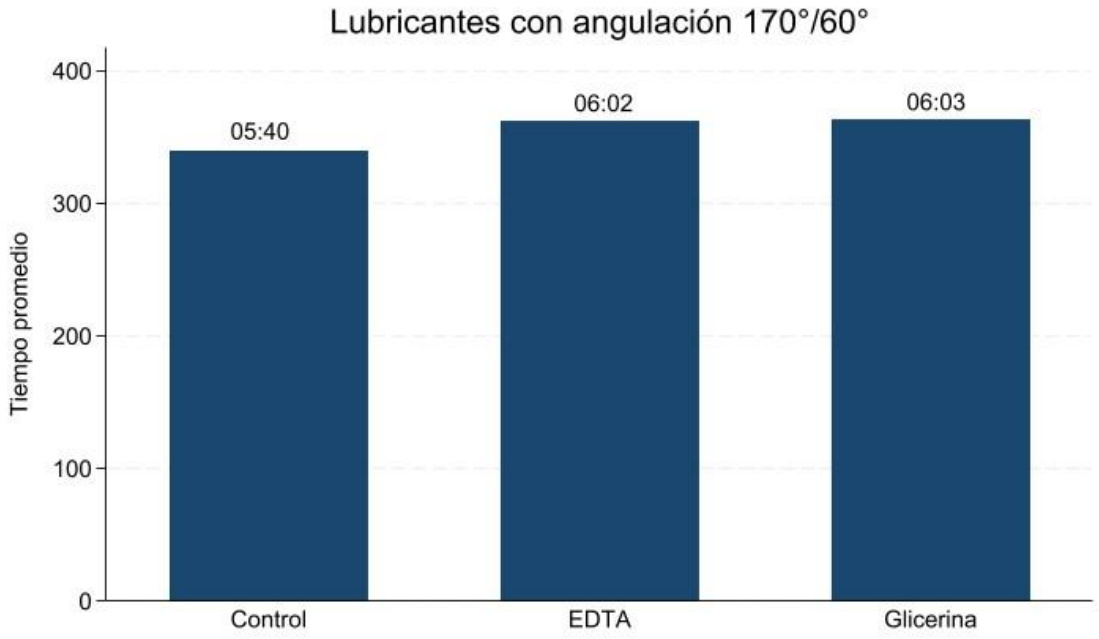


Gráfico 6. Gráfico de barras de tiempo según lubricantes con angulación 90°/30°

