

**Características de diseño de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Reci. Estudio descriptivo**

**Yira Alexandra Rondón Zabala, Harrinson Sánchez Sánchez, Heidi Vanessa Vargas Olachica**

**Trabajo de grado para optar título de especialistas en Endodoncia**

**Asesores científicos**

**Dra. Angela María Chaves Cabrera**

**Especialista en Endodoncia**

**Dra. María Fernanda Serpa Vélez**

**Especialista en Endodoncia**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ciencias de la Salud**

**Especialización en Endodoncia extensión Bogotá**

**2023**

## Contenido

1.	Introducción	8
1.1	Planteamiento del problema	11
1.2	Justificación	12
2.	Marco teórico	13
2.1	Marco conceptual	14
2.1. 1	Limas Hyflex EDM	16
2.1. 2	Limas One Curve	18
	Características	20
3.	2.1. 3 Rugosidad de las limas endodónticas	25
4.	2.1. 4 Conicidad	26
2.2	Marco referencial	28
3.	Objetivos	31
3. 1	Objetivo general	31
3. 2	Objetivos específicos	31
4.	Método	31
4. 1	Tipo de estudio	31
	Estudio descriptivo transversal, in vitro.	31
4. 2	Selección y descripción de la muestra	32
4. 3	Criterios de Selección	32

HYFLEX EDM, ONE CURVE, ONE RECI	3
4. 4 Operacionalización de las variables	32
4. 5 Instrumento	34
4. 6 Procedimiento	34
4. 7 Plan de análisis estadístico	36
4. 8 Implicaciones Bioéticas	36
5. Resultados	36
6. Discusión	43
Referencias	47

### Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Representación de los ángulos de una lima en una sección transversal (corte, incidencia y ataque) la cual la suma de los tres ángulos es de $180^\circ$ .....	9
<b>Figura 2.</b> Representación de características a observar en parte activa de una lima .....	9
<b>Figura 3.</b> HyFlex® EDM, anillos de identificación.....	17
<b>Figura 4.</b> Lima One Curve .....	18
<b>Figura 5.</b> Limas One Recí® .....	21
<b>Figura 6.</b> Ángulos de corte y superficies que los delimitan.....	22
<b>Figura 7.</b> Aumento de la rigidez a la torsión.....	24
<b>Figura 8.</b> Infinite Focus G6.....	26
<b>Figura 9.</b> microscopía de barrido de luz (SEM) Bruker Nano GmbH.....	28
<b>Figura 10.</b> Escaneo de los instrumentos Hyflex EDM, One Curve y One Recí .....	35
<b>Figura 11.</b> Conicidad de los instrumentos en estudio HYFLEX EDM, ONE CURVE y ONE RECI (D1- 10X).....	36
<b>Figura 12.</b> Secciones transversales obtenidas en el escaneo de la perfilometría sin contacto de cada punto (D1, D6 y D14) de cada lima con ángulos de corte(Rojo), ataque (Amarillo) e incidencia(Morado). .....	38
<b>Figura 13.</b> Visualización por medio de microscopio electrónico de barrido (ángulo helicoidal) .....	39
<b>Figura 14.</b> Visualización SEM (distancia entre las estrías) de Hyflex EDM, One Curve y One Recí .....	40

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Variables .....	32
<b>Tabla 2.</b> Parámetros de la conicidad del instrumento HyFlex EDM, One Curve y One Recí en los tres puntos de referencia (D1, D6, D14) .....	35
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de la conicidad del instrumento HyFlex EDM, One Curve y One Recí en los tres puntos de referencia (D1, D6, D14) .....	36
<b>Tabla 4.</b> Ángulos de incidencia, corte y ataque de Hyflex EDM, One Curve y One Recy ....	37
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de Ra, Rz, Sa, Sp, Sv y Sz de los instrumentos probados en los tres puntos de referencia.....	39
<b>Tabla 6.</b> Ángulo helicoidal medido con SEM.....	39
<b>Tabla 7.</b> Distancia entre las estrías (pitch) .....	40

### Resumen

El conocimiento de las características de diseño mejora el uso de los instrumentos de NiTi.

**Objetivo:** Describir las características de diseño de las limas Hyflex EDM, One Curve y One Recí, utilizando un instrumento de medición perfilómetro óptico 3D Infinite Focus G6 y Microscopio Electrónico de Barrido de luz (SEM) Bruker Nano GmbH. **Método:** Este estudio descriptivo in vitro utilizó dos limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí nuevas sin defectos visibles. Se observó la conicidad, ángulo de corte, de ataque, de incidencia, helicoidal, rugosidad y distancia entre las estrías en D1, D6 y D14. **Resultados:** La conicidad de la lima One curve no coincide con la reportada por Coltene, la lima Hyflex EDM presentó la misma conicidad que estipula la casa comercial y One Recí presentó una conicidad diferente en D6 con 2.9%. One Curve presentó ángulos de incidencia menores que el ángulo de ataque, Hyflex EDM y One Recí ángulos de incidencia mayores que los ángulos de ataque. La rugosidad de Hyflex EDM tuvo los valores más altos en (Ra) medida entre el pico más alto y el valle más bajo de la superficie evaluada, debido a su mecanizado por descarga eléctrica. **Conclusiones:** Hyflex EDM presentó una distancia entre las estrías menor por milímetro, ángulo helicoidal no constante y rugosidad alta. One Curve presenta una distancia entre las estrías variable, ángulo helicoidal positivo, ángulo de incidencia y ataque agudos. One Recí tiene ángulos de ataque mas agudos que los de incidencia y uno de sus ángulos de corte fue obtuso.

*Palabras clave:* Lima; Endodoncia; Níquel - Titanio; Hyflex EDM®; One Curve®; One Recí®

### Abstract

**Summary:** Knowledge of design features improves the use of Niti instruments.

**Objective:** Describe the design features of the Hyflex EDM, One Curve and One Recipro files, using a 3D Infinite Focus G6 optical measuring instrument and Scanning Electron Microscope (SEM).

**Method:** This descriptive in vitro study used two new files from the Hyflex EDM, One Curve and One Recipro systems without visible defects. The taper, cutting angle, attack, incidence, helical, roughness and distance between the grooves in D1, D6 and D14 were observed.

**Results:** The taper of the One curve file does not coincide with that reported for Coltene, the Hyflex EDM file presented the same taper that the commercial company stipulates and One Recipro only presented a different taper in D6 with 2.9%. One Curve presented angles of incidence smaller than the angle of attack, Hyflex EDM and One Recipro presented angles of incidence greater than the angles of attack. The roughness of Hyflex EDM had the highest values in Ra due to its electrical discharge machining.

**Conclusions:** Hyflex EDM presented a smaller distance between grooves per millimeter, non-constant helical angle and high roughness. One Curve features a variable groove spacing, positive helical angle, sharp angle of incidence and attack. One Recipro has angles of attack that are more acute than angles of incidence and one of its cutting angles was obtuse.

*Keywords:* File; Endodontics; Nickel - Titanium; Hyflex EDM®; One Curve®; One Recipro®

## **Características de diseño de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí**

### **Estudio descriptivo**

#### **1. Introducción**

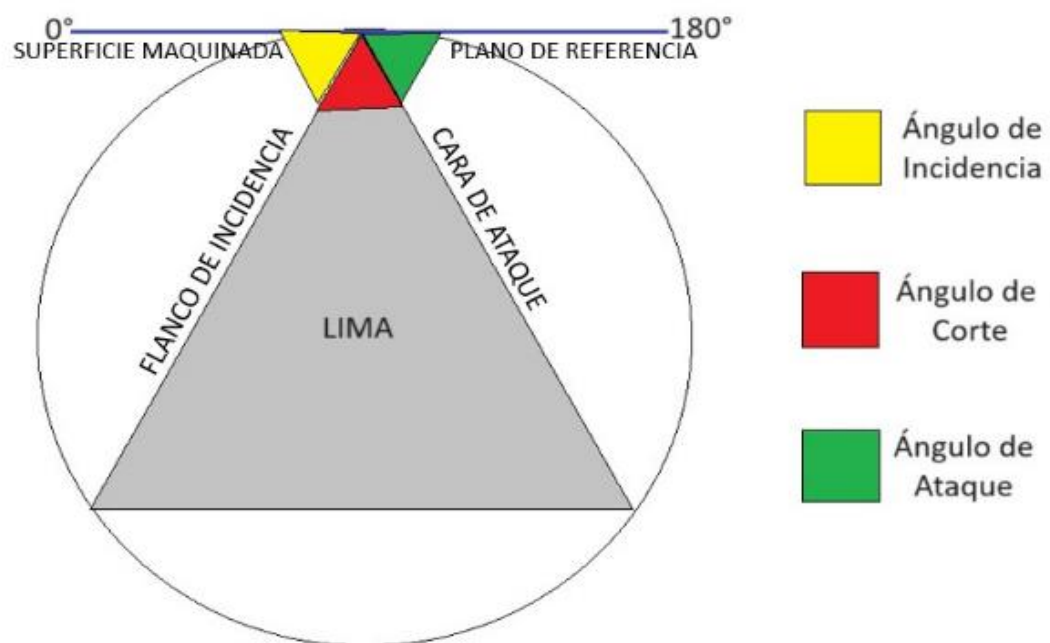
Conocer las características de diseño de las limas de endodoncia, así como los mecanismos de funcionamiento en situaciones clínicas es importante para reducir riesgos de preparaciones ineficientes que puedan influir en la calidad y pronóstico del tratamiento (Nino Barrera et al., 2020).

La introducción de nuevos instrumentos NiTi con tratamiento térmico han transformado la endodoncia al ofrecer mayor eficiencia en el tratamiento de conductos radiculares (Pedullá et al., 2020). Este progreso recalca la importancia de comprender las características de las limas para prevenir complicaciones, como la separación del instrumento, el taponamiento del conducto por acumulación de barrillo dentinal, escalones, grietas y extrusión de debris (Nino-Barrera et al., 2020).

Dentro de las características de diseño se puede encontrar el ángulo de corte que se forma por la cara de ataque y la cara del flanco en la lima, cuando el ángulo es más pequeño la lima es menos resistente y con mayor corte. El ángulo de incidencia está formado por la superficie maquinada de la pieza de trabajo y la cara de flanco de la lima, y el ángulo de ataque conformado por la cara de ataque y el plano de referencia de la lima, es decir el plano perpendicular a la dirección del movimiento de corte (figura 1); sobre la cara de ataque de la

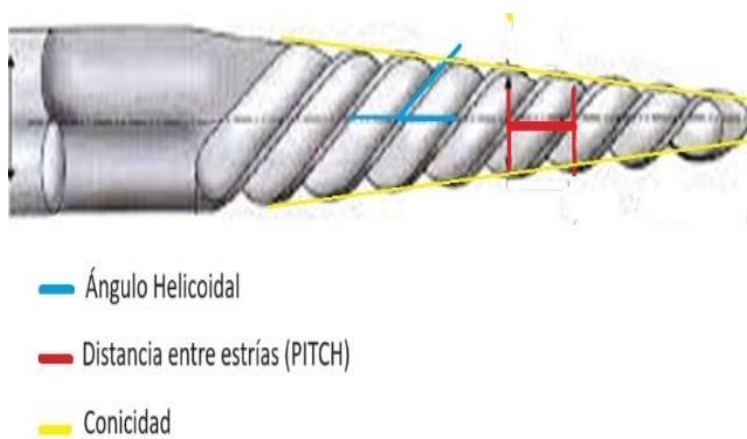
lima se van a ir desplazando las virutas de dentina producidas durante la conformación de los conductos radiculares (Mittal et al, 2014).

**Figura 1.** Representación de los ángulos de una lima en una sección transversal (corte, incidencia y ataque) la cual la suma de los tres ángulos es de  $180^\circ$



El ángulo que se forma con la estría y el eje axial del instrumento se llama ángulo helicoidal y afecta la eficiencia de corte, y la conicidad es el aumento o disminución del diámetro de la parte activa de la lima desde la punta hasta el vástago (figura 2) (Adams y Tomson, 2014).

**Figura 2.** Representación de características a observar en parte activa de una lima (distancia entre las estrías, ángulo helicoidal y conicidad)



La empresa Coltene/Whaledent® AG introdujo en el mercado en el 2017 el sistema HyFlex EDM® (quinta generación) la cual se caracteriza por su proceso de mecanizado por descarga eléctrica de un alambre CM, con sección transversal variable (cuadrangular en la punta, trapezoidal en el centro y triangular en el vástago), el sistema One Curve (Micro-Mega®) en el 2019, está fabricado con NiTi C-Wire, una aleación con memoria de forma, sección transversal variable (Saricam y Kayaoglu, 2020, p. 256). Están disponibles en 20/0.04, 25/0.04, 35/0.04 o 45/0.04 (Živković et al., 2021, p.1). OneReci®, las cuales se fabrican con un alambre de 1 mm de diámetro y tienen tratamiento térmico (alambre C), su diseño de sección transversal es variable: triple hélice (Çiftçioglu, et al., 2023).

Zaccaro-Scelza (2022) proporciona información sobre rugosidad la cual es la textura y los defectos en las superficies de un instrumento, es importante identificar los defectos de superficie en los instrumentos endodónticos de NiTi, tanto nuevos como después de su uso, para orientar en la evaluación de la calidad y confiabilidad de estas herramientas.

Teniendo en cuenta lo anterior es necesario el uso de la microscopía electrónica de barrido (SEM) y la microscopía de fuerza atómica (AFM) la cual se ha utilizado en otros estudios de limas principalmente para determinar las características de la superficie de instrumentos de NiTi. Para analizar las propiedades de la superficie de las limas endodónticas, se ha sugerido el uso de la perfilometría óptica sin contacto porque este método permite analizar

superficies más amplias con mediciones reproducibles e información cualitativa y cuantitativa superior en comparación con AFM y SEM (Das Paramarshi, 2019).

En este estudio las características de las limas de endodoncia se midieron con 3D Infinite Focus G6 (Alicona®), el cual se utiliza para mediciones dimensionales exactas y análisis de superficies. Es un instrumento avanzado que utiliza una técnica de perfilado óptico sin contacto que permite mediciones 3D de alta resolución de varias superficies, incluidas geometrías complejas y estructuras finas (Bruker Alicona). Igualmente, el microscopio electrónico de barrido (SEM) es un equipo que caracteriza e identifica microestructuras, superficies y composición de los objetos sólidos (50x - 10000x). Permite la obtención de imágenes tridimensionales de las superficies, las cuales facilitan el análisis de los materiales odontológicos (Paradell, 2012).

Con base en lo anterior, el objetivo del estudio es describir las características de diseño de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí, mediante 3D Infinite Focus G6 y SEM Bruker Nano GmbH.

## **1.1 Planteamiento del problema**

En los últimos años se cuenta con gran variedad de sistemas rotatorios que proporcionan diferentes propiedades según su diseño. Cada casa comercial fabrica limas con características propias como su sección transversal y ángulo helicoidal; que permite discriminar su uso dependiendo de las situaciones clínicas específicas (Pirani et al., 2016).

El conocimiento de las características de las limas, previene la separación del instrumento, el taponamiento del conducto por acumulación de barrillo dentinal, desgaste inadecuado de la lima, los escalones, las grietas y extrusión de debris (Nino-Barrera et al., 2020, p. 224). Así mismo, el especialista en endodoncia puede evaluar plenamente la efectividad de corte, la capacidad de retención de dentina, el efecto de atornillamiento, la resistencia al

desgaste y verificar el tipo de movimiento, fuerza y velocidad adecuados para evitar posibles efectos adversos endodónticos (Schäfer y Oitzinger, 2008).

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que la casa comercial Coltene recientemente introdujo las limas Hyflex EDM, One Curve y One Recí, no hay estudios que describan sus ángulos de corte, ángulo de ataque, ángulo de incidencia, ángulo helicoidal, distancia entre las estrías, conicidad y rugosidad superficial, se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las características del ángulo de incidencia, ángulo de corte, ángulo de ataque, ángulo helicoidal, conicidad, rugosidad y la distancia entre las estrías de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí?

## **1.2 Justificación**

Las condiciones previas básicas y la conformación adecuada de los conductos dentales son esenciales para el éxito del tratamiento endodóntico (Živković et al., 2022, p.87). Por lo que es evidente la necesidad de tener presente las características de las limas rotatorias, especialmente sus diseños (Nino-Barrera, et al., 2020, p.224). Las características de diseño de una lima rotatoria, como el ángulo de corte, el ángulo helicoidal, la sección transversal, la distancia entre estrías, la rugosidad y conicidad, son muy importantes cuando se realiza un tratamiento de conducto. Primero, el ángulo de corte determina la eficacia y eficiencia de la acción de corte de la lima dentro del conducto radicular. Un ángulo de corte ideal evita que se atasque el instrumento en las paredes del canal y garantiza una eliminación efectiva de la dentina (Nino-Barrera, et al., 2020).

En segundo lugar, el ángulo helicoidal de la lima determina la extensión de su forma helicoidal o espiral, lo que tiene un impacto en la capacidad de la lima para encajar y avanzar

sin problemas a través del conducto. Un ángulo helicoidal tiene un impacto en la capacidad de corte de la lima para tratar la anatomía complicada del conducto radicular mientras mantiene la capacidad de centrado, lo que reduce el riesgo de perforación o transportación del conducto (Giansiracusa Rubini, et al., 2014).

Una lima bien balanceada con la conicidad y rugosidad adecuadas, puede soportar las cargas cíclicas y torsionales que se producen durante la conformación del canal, disminuyendo el riesgo de fractura, las limas con diseños variados como triangulares, cuadrados o rectangulares, ofrecen ventajas diferentes según el escenario clínico y la morfología del conducto. La distancia entre las estrias permite la eliminación efectiva de las virutas de dentina, lo que reduce el riesgo de bloqueo del instrumento o extrusión apical de desechos (Giansiracusa Rubini, et al., 2014).

Es por eso que establecer los mecanismos de funcionamiento de las limas y las situaciones clínicas en las que es óptimo su uso, reduce el riesgo de preparaciones ineficientes que influyan en la calidad y pronóstico del tratamiento (Nino-Barrera, et al., 2020).

Tomando como referencia lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta que no se han realizado investigaciones que describan los ángulos de las limas Hyflex EDM, One Curve y One Recí, se realiza la presente investigación con el fin de ofrecer al clínico información completa de las características de diseño de estas limas, permitiendo mejorar la eficacia de corte, su rendimiento en el tratamiento endodóntico y así disminuir efectos adversos posibles durante su uso.

## **2. Marco teórico**

## 2.1 Marco conceptual

Las limas mecanizadas, brindan grandes ventajas en la conformación de los conductos, las cuales tienen diferentes características en su diseño que pueden facilitar la conformación del conducto radicular.

En la actualidad, los endodoncistas tienen acceso a una amplia gama de sistemas NiTi distintos que emplean varias técnicas, como rotación completa, movimientos recíprocos y excéntricos o transaxiales durante la endodoncia. Estas limas de NiTi presentan variaciones en su diseño como; la conicidad, la sección transversal y la longitud de la parte activa, la configuración específica de la punta, la angulación de la estría, así como el tratamiento térmico de la aleación, entre otros factores (Živković et al., 2022).

Las limas Niti rotatorias contienen un 56 % de Níquel y un 44 % de Titanio. En algunas aleaciones de NiTi, el cobalto puede sustituir un pequeño porcentaje de níquel (menos del 2 % en peso). La combinación resultante es una relación atómica uno a uno (equiatómica) de los componentes principales que tienen la capacidad innata de cambiar su tipo de enlace atómico, lo que provoca cambios únicos y significativos en las propiedades mecánicas y la disposición cristalográfica de la aleación. Estos cambios, que se producen en función de la temperatura y el esfuerzo y le dan las cualidades de superelasticidad y el efecto de memoria de forma (Thompson 2000).

Posteriormente se introdujo el Niti con tratamiento térmico el cual cambia las temperaturas de transformación, modifica la resistencia a la carga y favorece la formación de fase R antes de su transformación a martensita. Este proceso les da a las limas mayor resistencia a la fractura y mayor flexibilidad (Tabassum, et al., 2019).

Los fabricantes han creado aleaciones de NiTi con un calentamiento mayor que exhiben una fase martensita estable y una variedad de condiciones clínicas. El alambre CM, que se introdujo en el 2010, tiene un porcentaje de níquel menor (52% en peso) en comparación con

otros alambres de NiTi superelásticos e incorpora una flexibilidad mayor y un efecto de memoria controlada que restaura su fortaleza física (Tabassum, Set al., 2019).

Después del descubrimiento de la aleación NiTi, se han realizado varios cambios a lo largo de los años para mejorar la flexibilidad y la resistencia a la fractura de los instrumentos endodónticos rotatorios. Dentro de estos se incluyen cambios en la composición química de la aleación de níquel titanio, varios diseños de sección transversal, cambios en los procesos de fabricación y, en su mayor parte, varios tratamientos termo mecánicos (Hou, Yang y Qian, 2020).

Las aleaciones de NiTi cambian por el tratamiento térmico. Dependiendo de su historial termomecánico, las aleaciones de NiTi casi equiatómicas se transforman en martensita en un procedimiento de una sola etapa (austenita [A]- martensita [M]) o en un procedimiento de dos etapas (A-R-M). Las aleaciones de NiTi ricas en Ni suelen experimentar una transformación de una sola etapa. El tratamiento térmico especial puede causar precipitados de  $Ti_3Ni_4$  finamente dispersos en la matriz austenítica y un cambio a la transformación en dos etapas. Los precipitados de  $Ti_3Ni_4$  como estos limitan la formación de martensita y la deformación de una gran red durante el paso de enfriamiento. Sin embargo, los precipitados de  $Ti_3Ni_4$  favorecen la formación de la fase R que coincide con la deformación de una red mucho más pequeña. La fase R, que se considera una fase pre-martensítica, sugiere que la presencia de partículas finas. Por lo tanto, la transformación de martensita en dos etapas requiere un mayor enfriamiento (Hou, Yang y Qian, 2020).

A partir de la evolución u optimación en la fabricación de limas mecanizadas con tratamiento térmico, la casa comercial COLTENE® implementó al mercado nuevas limas rotatorias como las Hyflex EDM®, y la casa comercial Micromega con One Curve® y One Recí® adquirida recientemente por COLTENE®.

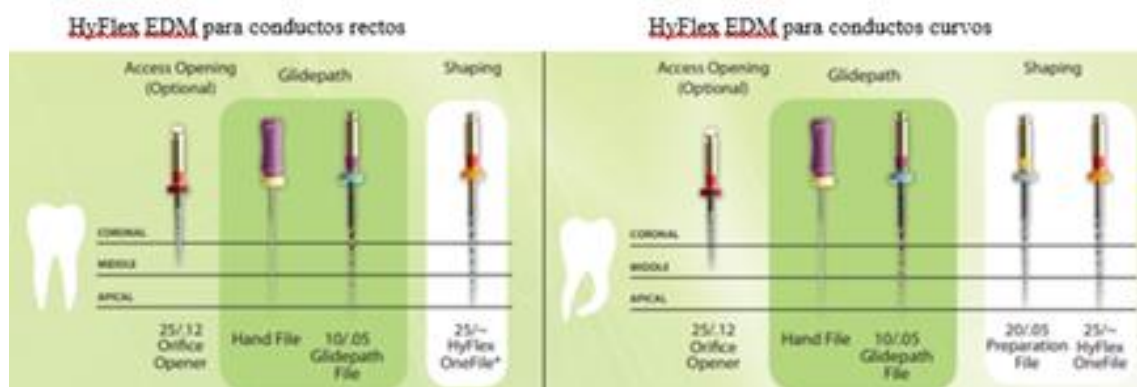
### 2.1.1 Limas Hyflex EDM

La empresa Coltene/Whaledent® AG, con sede en Altstätten, Suiza, introdujo el sistema HyFlex EDM® (5ª generación) cuyo proceso de fabricación es mediante mecanizado por descarga eléctrica con alambre CM; son instrumentos de memoria controlada y están disponibles en *blíster* pre-esterilizados y listos para su uso. Además, este sistema viene con tres instrumentos: Orifice Opener®, Glide Path® y OneFile®, con anillos de identificación de color, es de rotación continua, vienen en longitudes de 21 y 25 mm con conicidad variable, trae también lima 15/03-20/05 para conductos curvos y/o estrechos y limas accesorias 40/04-50/03 y 60/02 usadas para conductos más amplios. El mecanizado mediante descarga eléctrica (EDM) utiliza descargas eléctricas controladas en presencia de un fluido dieléctrico, para fundir la superficie del metal (aleación NiTi), evapora pequeñas porciones del metal y deja una superficie erosionada (Gavini et al., 2018, p. 49). Por lo tanto, el material se elimina dejando una superficie isotrópica, caracterizada como cráteres distribuidos en la parte activa, logrando que no se requiera electropulido porque no hay defectos de fabricación (Pirani, et al., 2016). HyFlex EDM® muestra una resistencia superior a la fatiga cíclica y una capacidad de centrado mejorada, parece que el método de fabricación EDM mejora la resistencia a la fractura del instrumento al aumentar la resistencia a fatiga cíclica al 700% a temperatura corporal o ambiente, antes o después de la limpieza ultrasónica y un baño ácido, el instrumento se trata térmicamente a temperaturas entre 300 y 600°C durante 10 minutos a 5 horas. HyFlex EDM® tiene dos instrumentos de pre- ensanchamiento: el número 10/05 y el número 15/03, este último es utilizado normalmente en canales muy curvos (Oh, et al., 2022).

Respecto a los anillos de identificación pueden representar colores específicos asignados a las limas utilizadas durante cada etapa como se observa en la figura 3, los colores distinguibles entre Access Opening® (Opcional, paso inicial en un procedimiento de conducto radicular) Glidepath Finishing® (Opcional, para crear una vía suave y con la forma adecuada

en el conducto radicular antes de usar limas más grandes para limpiar y dar forma) y Shaping. La lima OneFile® tiene un tope color naranja y un anillo de color rojo en el mango que indica que en su punta el diámetro es 25 y conicidad variable, continuando en su secuencia con limas de diámetros en sus puntas y conicidades de 20/.05, 40/.04, 50/.03 y 60/.02 (Dentaltix Coltene®) (*Madrid-Spain Patente n° 60023005 05.21, 2017*).

**Figura 3.** HyFlex® EDM, anillos de identificación



Tomado del brochure (Coltene®, 2023).

Todas las limas HyFlex EDM® se pueden utilizar a 500 rpm y con un torque de hasta 2,5 Ncm (25 mNm), excepto la lima Glidepath®, que se utiliza a 300 rpm y torque de 1,8 Ncm (18 mNm) (Coltene Global®, 2023).

La tecnología EDM ayuda a preservar mejor sus características superficiales y los valores de rugosidad de la superficie. Se le atribuye a la capa blanca única formada en su superficie durante la fabricación, su mayor dureza y las mejores propiedades en comparación con el material a granel. (Coltene. HyFlex® EDM. 2015).

### 2.1. 2 *Limas One Curve*

El sistema de limas One Curve (Micro-Mega®, Besancon, Francia) está fabricado con NiTi tratado térmicamente llamado C-wire, una aleación con control de memoria de forma que facilita la preparación del conducto radicular (Saricam y Kayaoglu, 2020, p. 256). Proporciona un mejor centrado y corte debido al diseño de lima de sección transversal variable (figura 4).

**Figura 4.** *Lima One Curve*



Tomado del brochure (MicroMega®, 2023).

Estos instrumentos siguen el diseño de sus predecesores OneShape y han sido tratados con un proceso de calor patentado (C Wire) para brindar mayor flexibilidad y memoria de forma controlada, lo que los hace precurvables (Azizi, et al., 2021, pp. 90-92).

Es un sistema de una sola lima con tratamiento térmico que se lanzó en 2018, por Micro-Mega SA, con patente de Francia y está disponible en el mercado en empaque tipo *blíster* pre-esterilizadas y listas para su uso, está formada por cuatro instrumentos, con anillos de identificación de color en el mango según la norma ISO. La lima principal tiene un tope de color amarillo y un anillo de color rojo en el mango que indica que en su punta, el diámetro es 25 y su conicidad es 0.04, continuando en su secuencia con limas de diámetros en sus puntas y conicidades de 25/.06, 35/.04, y 40/.04. (France Patente n° 60301900-B 07.21, 2019)

Además, ha sido sometida a electropulido también conocido como tratamiento superficial electroquímico, después del mecanizado que es un proceso de acabado de la superficie que permite una eliminación electroquímica controlada del material que deja una superficie más lisa con mayor brillo (Micro Mega One, 2018) y aumenta su resistencia a la fatiga cíclica; su sección transversal es variable: triple hélice en la punta y se va transformando en S a medida que se acerca al vástago, adicionalmente su eje de rotación está fuera del centro (Seracchiani, et al., 2022, pp.73 -75).

El electropulido, implica colocar iones metálicos en la superficie de un objeto a través de galvanoplastia para reducir las imperfecciones superficiales de los instrumentos metálicos. En 1999, FKG utilizó este método para fabricar instrumentos de NiTi por primera vez. Los instrumentos maquinados se sumergen en un baño de electrolitos para producir una reacción de óxido-reducción que forma una capa de óxido uniforme en la superficie de los instrumentos, para reducir los defectos de fabricación y producir una superficie más lisa, que aumenta la resistencia a la fatiga cíclica, la eficiencia de corte y la resistencia a la corrosión de los instrumentos sin afectar su superelasticidad (SE) (Liang y Yue, 2022).

Según López et al (2016), el electropulido es un método de acabado de superficies utilizado para eliminar los defectos superficiales que quedan después de la fabricación de instrumentos de NiTi mediante mecanizado. Ellos evaluaron la influencia de los surcos

superficiales (picos y valles) resultantes del mecanizado durante el proceso de fabricación de limas endodónticas de níquel-titanio pulidas y sin pulir, en la resistencia a la fatiga de los instrumentos. El fabricante proporcionó diez limas de endodoncia electropulidas y 10 sin pulir. Las muestras eran del mismo lote, pero los instrumentos sin pulir se retiraron de la línea de producción antes del tratamiento de superficie. El análisis (perfilométrico) mostró que los surcos superficiales eran más profundos en los instrumentos sin pulir en comparación con sus equivalentes electropulidos. En el ensayo de fatiga por flexión rotatoria, la media y la desviación estándar del número de ciclos hasta la fractura fueron mayores para los instrumentos con ranuras menos pronunciadas.

Las limas One Curve® están disponibles en 20, 25, 35 o 45/04 y vienen en longitudes de 21, 25 y 31mm que se ajustan a la anatomía de los conductos radiculares, una característica que reduce el riesgo de errores de procedimiento (Živković et al., 2021, p. 1).

### **Características**

- Lima de uso único.
- Alambre C.
- Torque Máximo: 2,5 Ncm.
- Velocidad de rotación: 300 - 400 tr/min (Coltene).

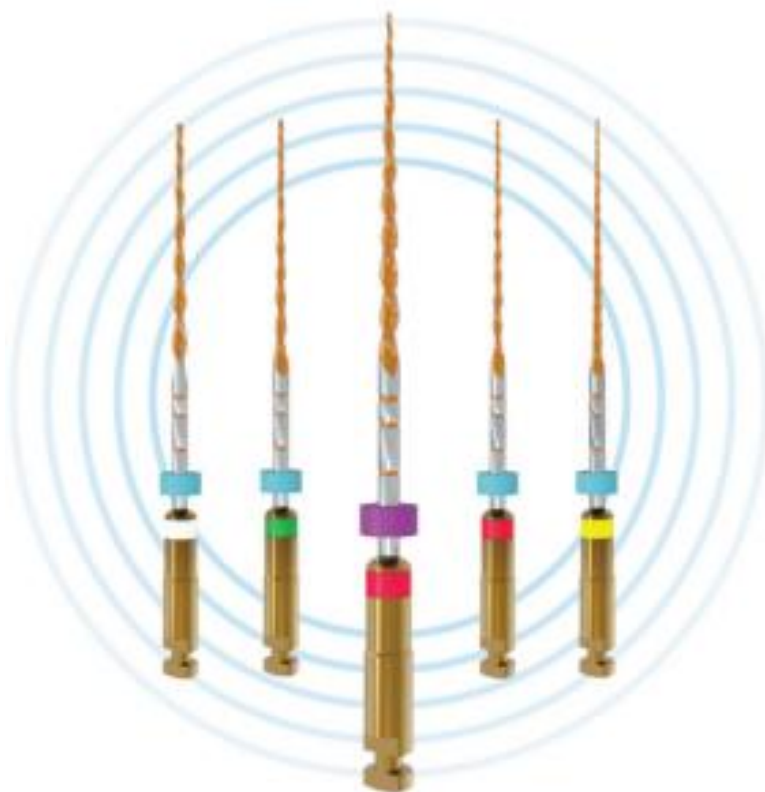
### **2.1.3 Limas One Recí®**

Micro-Mega a finales de 2021 introdujo en el mercado un nuevo sistema de movimiento recíprocante de lima única, OneRecí® (MicroMega, Besançon, Francia), las cuales se fabrican con un alambre de 1 mm de diámetro y tienen tratamiento térmico (alambre C), su diseño de sección transversal es variable: triple hélice en la punta y se van transformando en S hacia el vástago (fig. 6) (Çiftçioğlu, et al., 2023).

Este sistema de limas viene en *blíster* pre-esterilizado, está conformada por cinco instrumentos con anillos de identificación de color en el mango que coinciden con el diámetro de la punta según la norma ISO, longitudes disponibles en 21, 25 y 31 mm, de un solo uso (MicroMega S.A.) (France Patente n° 80000213-A 04.21, 2021). Con ángulos: corte en sentido contrario a las agujas del reloj de 170° y 60° en el sentido de las agujas del reloj (endodoncia-limas-rotatorias/limas-one-reci-04-n-25-l25-5u-micromega).

La lima principal tiene un tope de color azul y un anillo de color rojo en el mango que indica que en su punta el diámetro es 25 y su conicidad es .04, continuando en su secuencia con limas de diámetros en sus puntas y conicidades de 20/.04, 25/.06, 35/.04 y 45/.04. (Seracchiani, et al., 2022, pp.1073- 75).

**Figura 5.** *Limas One Recí®*



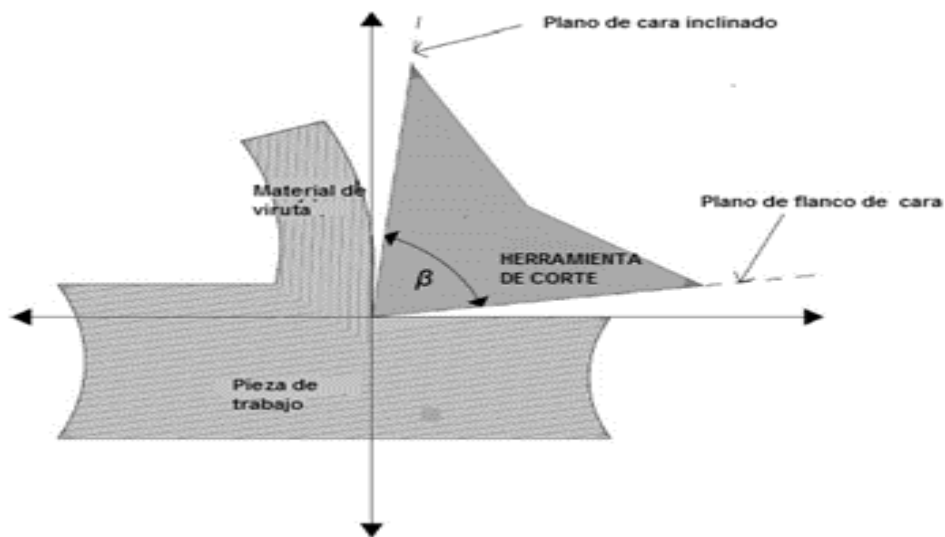
Tomado de: (Mohammed Mustafa, 2023).

Las limas One Recí® son fabricadas con aleación NiTi alambre C, con características que ofrecen una alta eficiencia de corte, la diferencia con One Curve® es la dirección del pitch (número de estrías por mm a lo largo de la lima). Tiene dos secciones transversales diferentes, triangular convexo para los 4 mm apicales y S para el resto del instrumento, con una sección transversal excéntrica patentada. Esta fabricación podría disminuir las cargas torsionales en la punta (Seracchiani, et al., 2022).

Teniendo en cuenta la fabricación y el tipo de alambre que poseen estos sistemas rotatorios, es importante que el endodoncista tenga un completo conocimiento sobre las características de diseño que le permita mejorar la eficiencia en la conformación del conducto radicular y así reducir los efectos adversos que se puedan presentar por el desconocimiento de las mismas. Entre las características de diseño de la lima están: el ángulo de corte, ángulo de incidencia, ángulo de ataque, ángulo helicoidal, conicidad, distancia entre las estrías y rugosidad.

El ángulo de corte está representado por la letra griega  $\beta$  (fig. 7) el cual se forma por la cara de ataque y la cara del flanco en la lima, cuando este ángulo es más cerrado la lima tendrá menos resistencia, y más corte. Por lo que la capacidad de corte, la resistencia y la capacidad de mantener la dirección durante el procedimiento están influenciadas por el ángulo de corte de una lima endodóntica (Nino-Barrera, et al., 2020).

**Figura 6.** *Ángulos de corte y superficies que los delimitan.*



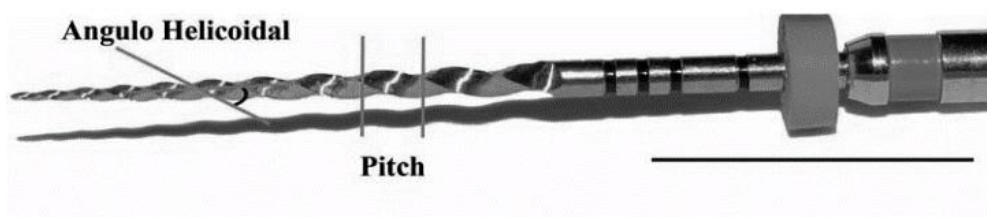
Tomado de: (Nino-Barrera, Sánchez - Alemán, López, y Cortes-Rodríguez, 2020)

El ángulo de incidencia, está representado por la letra griega  $\alpha$  está conformado por la superficie maquinada de la pieza de trabajo - la cara de flanco de la lima, y el ángulo de ataque, está representado por la letra griega  $\gamma$ , y está conformado por la cara de ataque y el plano de referencia de la lima, es decir el plano perpendicular a la dirección del movimiento de corte. Sobre la cara de ataque de la lima se van a ir desplazando las virutas de dentina producidas durante la conformación de los conductos radiculares (Nino-Barrera, et al., 2020, pp. 224 - 225).

El ángulo helicoidal es el ángulo formado entre las estrías y el eje axial del instrumento. Una disminución en el ángulo helicoidal aumenta la distancia entre las hojas de la lima. Cuando un pitch (número de estrías por mm a lo largo de la lima) cuanto más pequeño es, más espirales tiene la lima y mayor es el ángulo helicoidal, cuando este es mayor facilita la evacuación directa de residuos de dentina y permite compensar la flexibilidad ligada al aumento del diámetro del instrumento (fig.8) (Dablanca-Blanco, 2022), mientras que la disminución del espacio entre las estrías reduce la rigidez a la flexión, pero aumenta la rigidez a la torsión siendo este efecto común en secciones transversales triangulares y cuadradas en la fase austenita, pero menos

claro en la fase de transformación a martensita, donde la rigidez se ve menos afectada por la distancia entre las estrías. Por lo tanto, la fase austenítica se caracteriza por tener un comportamiento elástico o la capacidad del material para recuperar su estado inicial después de ceder la fuerza que provoca la deformación, mientras que la fase martensítica tiene un comportamiento plástico, es decir, tras el cese de la fuerza que provoca la deformación, la aleación mantiene la deformación, es decir, la aleación de NiTi en estado austénico es relativamente rígida y tiene memoria de forma, y en la fase martensítica es flexible y dúctil y se puede deformar fácilmente (Tudela, 2007).

**Figura 7.** *Aumento de la rigidez a la torsión*



Tomado de: (Tudela, 2007)

Pedullà (2021) comparó la eficiencia de corte de One Curve® (OC) y F6 Sky Taper® (F6ST) con diferentes cinemáticas e inclinaciones de corte. Se probó la eficiencia de corte de 80 instrumentos nuevos F6ST® y One Curve® (OC) con una inclinación de 90 y 70 grados en relación con la muestra, en rotación continua y alternativa, contra muestras de yeso estandarizadas durante 120 segundos. El ángulo de 70 grados mejoró significativamente la

eficiencia de corte de ambos instrumentos independientemente de la cinemática probada. En movimiento alternativo, F6 Sky Taper® mostró valores estadísticamente más altos que One Curve® y en rotación continua, One Curve® mostró valores significativamente más altos que el F6 Sky Taper®. En cuanto a los diferentes ángulos de incidencia, una inclinación de 70° produjo en las dos limas ensayadas un aumento en su eficacia de corte independiente del tipo de movimiento.

### ***2.1.3 Rugosidad de las limas endodónticas***

La rugosidad de la superficie es una de las características más importantes de los instrumentos de endodoncia y se correlaciona con la fractura del instrumento (Van Pham, 2021).

Las características de rugosidad son cruciales para el éxito general del procedimiento de tratamiento de conducto. La limpieza, la conformación y la desinfección del sistema de conductos radiculares pueden verse significativamente afectadas por las limas con la rugosidad superficial adecuada, además ofrece información útil sobre los defectos de la superficie, el rendimiento y las limitaciones asociadas (Zafar, 2021). Dentro de este marco, la baja rugosidad de la superficie de las limas NiTi como One Curve®, Hyflex EDM® y One Recipro® contribuye a un rendimiento superior durante el tratamiento del conducto radicular (Zafar, 2021).

La tecnología de mecanizado por descarga eléctrica utilizada por las limas Hyflex® EDM produce un acabado preciso y suave de la superficie. La rugosidad superficial de este proceso de fabricación reduce la fricción y mejora la capacidad de corte de las limas. Además, se disminuye la probabilidad de fractura porque no posee defectos desde su fabricación (Živković, 2022).

Las limas One Curve®, estas están hechas con un tratamiento específico para reducir la rugosidad de la superficie. Este acabado superficial liso reduce la fricción entre la lima y las

paredes del canal, lo que permite un movimiento a través del canal más suave y eficiente (Pedullà, 2021).

Con las limas One Recí®, el tratamiento térmico especializado que se aplica, mejora la calidad de la superficie y reduce la rugosidad, su superficie reduce el riesgo de daños en la pared del canal o el transporte al permitir un movimiento eficiente y suave a través del conducto (Mustafa, 2022).

#### ***2.1. 4 Conicidad***

Según Paraskevopoulou (2015), la conicidad es un factor que determina las dimensiones finales del conducto radicular y, en consecuencia, el espacio disponible para la acción de limpieza de los irrigantes.

Las características mencionadas anteriormente, pueden medirse con perfilometría óptica sin contacto 3D Infinite Focus G6® (fig.8). Este instrumento de medición 3D fabricado por Alicona, es una tecnología de punta utilizada para mediciones dimensionales exactas y análisis de superficies. Es un instrumento avanzado que utiliza una técnica de perfilado óptico sin contacto que permite mediciones 3D de alta resolución de varias superficies, incluidas geometrías complejas y estructuras finas. El Infinite Focus G6 emplea microscopía de variación de enfoque, combinando escaneo vertical y un haz de iluminación inclinado para capturar información detallada de las superficies (Bruker Alicona). Con su alta velocidad de medición y resolución submicrónica, el instrumento ofrece una precisión y repetibilidad excepcionales. Proporciona información valiosa sobre la rugosidad de la superficie, la textura, la forma y las dimensiones, lo que la convierte en una herramienta indispensable en el control de calidad, la investigación y el desarrollo. Además, es conocido por su interfaz fácil de usar y su software de análisis integral, que permite una adquisición, visualización e interpretación eficientes de datos (Bruker Alicona).

**Figura 8.** *Infinite Focus G6*

Tomado de: (Alicona, 2023)

Especificaciones técnicas:

- Volumen de posicionamiento (X Y x Z) 200 mm x 200 mm x 180 mm = 7 200 000 mm<sup>3</sup>
- Volumen de posicionamiento (R x T) Unidad Real 3D avanzada (opcional):
- Rotación motorizada: 360° / Inclinación motorizada: - 15° a + 90°

Este instrumento de medición permite observar los cortes de los especímenes en su sección transversal, siendo este un método que facilita detectar defectos superficiales como: fisuras, fracturas, fatiga torsional, fatiga cíclica y su centro de rotación (Abu-Tahun, et al., 2018).

El análisis se utiliza tanto para verificar la composición química de las limas como la presencia de restos u otros componentes en la superficie de los instrumentos usados (Pirani, et al., 2016).

El microscopio electrónico de barrido Bruker Nano GmbH (fig.8), es un dispositivo que utiliza un haz de electrones que poseen alta energía para examinar objetos a escala nanométrica. El SEM arroja información sobre la morfología, topografía, composición e información cristalográfica de los materiales. Permite mover el haz de electrones unos pocos

grados a la izquierda del eje perpendicular del mismo y generar una imagen para inmediatamente después generar un segundo barrido ahora inclinado a la derecha. Capturando ambas imágenes producidas y sobreponiéndolas, coloreando una azul y otra roja, producen una verdadera imagen en tercera dimensión (3D) (Sayid et al., 2020). Los datos 3D se pueden obtener utilizando un SEM con diferentes métodos, tales como:

Fotogrametría (2 o 3 imágenes de muestra inclinada)

Estereofotométrica, también llamada "la forma con sombreado" (con 4 imágenes)

Reconstrucción inversa utilizando modelos interactivos de electrones de material

Una condición para analizar muestras en un SEM es que el material o muestra se encuentre libre de humedad.

**Figura 9.** *microscopia de barrido de luz (SEM) Bruker Nano GmbH*



## 2.2 Marco referencial

Pedullà et al., (2020) evaluaron la eficiencia de corte de dos limas de endodoncia, en diferentes ángulos de incidencia contra un sustrato. La eficiencia de corte se determinó mediante el uso de un aparato de prueba, que transmite una rotación (relación 1: 1) desde el motor paso a paso a dos mandriles entre los que se sujeta el instrumento probado. La acción de corte eficiente de los instrumentos de endodoncia reduce su posible bloqueo y carga torsional. No se observó diferencia entre los dos instrumentos probados a 90° y 70°. Estos resultados

podrían explicarse por el limitado ángulo de inclinación del instrumento contra la muestra y el diseño idéntico entre ellos.

Thu et al., (2020) compararon la resistencia a la fatiga cíclica estática y dinámica de los instrumentos contemporáneos de níquel-titanio con diferentes características cinemáticas, metalúrgicas y de diseño para establecer si el efecto de reducción de fatiga del movimiento de picoteo difiere entre los diferentes instrumentos de níquel-titanio. Hyflex EDM (EDM), y Reciproc Blue (RPB) mostraron un número significativamente mayor de ciclos hasta la fractura (NCF) en las pruebas de resistencia a la fatiga cíclica estática y dinámica. La prueba de resistencia a la fatiga cíclica dinámica mostró un NCF significativamente más alto que la prueba de resistencia a la fatiga cíclica estática en el PTG y Hyflex EDM. Se llegó a la conclusión que la resistencia de carga cíclica dinámica fue significativamente mayor que la resistencia de carga cíclica estática en instrumentos rotatorios continuos, pero no en los instrumentos alternativos.

Uygun et al (2020) en un estudio in vitro comparan la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos HyFlex EDM (HEDM), Vortex Blue (VB), ProTaper Gold (PG) y OneCurve (OC) de níquel-titanio (NiTi). Se incluyeron 12 HEDM (25/~), 12 VB (25/.06), 12 PG (25/.08) y 12°C (25/.06). Todos los instrumentos fueron probados con un ángulo de curvatura de 60° y un radio de curvatura de 3 mm. Se utilizaron todos los instrumentos hasta que se produjo la fractura y luego se calculó el número de ciclos hasta el fracaso (NCF). Se encontró que la resistencia a la fatiga cíclica fue mayor para los instrumentos HEDM que para los VB, PG y OC.

Pedulla et al., (2022) compararon la eficiencia de corte de F6 Sky Taper (F6ST) y One Curve (OC) con diferentes cinemáticas e inclinaciones de corte. Se probó la eficiencia de corte de 80 nuevos F6ST y OC a 90° y 70° de inclinación con relación a la muestra, en rotación continua y recíproca, contra muestras de yeso estandarizadas durante 120 segundos. El

movimiento reciprocante mejoró la eficiencia de corte de F6ST, mientras que la rotación continua mejoró la capacidad de corte de OC.

Naji Kharouf et al., (2022) evaluaron la influencia de 5 sistemas de limas de conformación en la extrusión de debris apical (AED) usando 2 protocolos de irrigación diferentes. Ciento cincuenta primeros molares permanentes mandibulares se dividieron en 2 grupos y 10 subgrupos. Los conductos radiculares mesiales se conformaron con One Recí (MicroMega), WaveOne Gold Primary (Dentsply Sirona, York, PA) y ProTaper Next (Dentsply Sirona) con movimiento alternativo y One Curve (MicroMega) y ProTaper Next con rotación continua. El primer grupo y el segundo fueron irrigados respectivamente con 10 y 5 mL de agua destilada. One Recí y One Curve produjeron extrusión de debris apical estadísticamente más bajos que las otras limas. Llegaron a la conclusión de que el volumen de irrigación utilizado durante el procedimiento de conformación podría haber afectado la cantidad de extrusión de debris apical.

Roda-Casanova et al., (2022) estudiaron los efectos de la sección transversal y el pitch sobre la respuesta mecánica de limas endodónticas de NiTi por medio de análisis de elementos finitos. La muestra fue de un juego de ocho limas rotatorias de endodoncia, cuya geometría se obtuvo a partir de combinaciones de dos secciones transversales (cuadrada y triangular) y cuatro pitch. Las limas se sometieron a análisis de flexión y torsión para evaluar la rigidez y resistencia mecánica. Los resultados indican que las limas endodónticas de sección cuadrada tienen el doble de rigidez que las de sección triangular, tanto a la flexión como a la torsión. Para ambos modos de carga, las limas endodónticas de sección triangular pueden sufrir deformaciones mayores antes de fallar por sobrecarga que las de sección cuadrada: hasta un 20% más en flexión y un 40% en torsión. El efecto del pitch sobre la rigidez y la resistencia de la lima son menores que el de la forma de la sección transversal, pero los pitch más pequeños

podrían ser beneficiosos cuando se utiliza una sección transversal triangular, ya que aumentan la flexibilidad de flexión, la vida útil a la fatiga y la rigidez a la torsión.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Describir las características de diseño de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí, mediante 3D Infinite Focus G6 y microscopio electrónico de barrido SEM Bruker Nano GmbH.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Medir los ángulos de corte, de incidencia, de ataque, helicoidal y distancia entre estrías de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí.
- Establecer la rugosidad de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí.
- Obtener verificación de la conicidad de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM, One Curve y One Recí.

### **4. Método**

#### **4.1 Tipo de estudio**

Estudio descriptivo transversal, in vitro.

## 4. 2 Selección y descripción de la muestra

Para el presente estudio se utilizaron dos limas de endodoncia número 25 de cada sistema Hyflex EDM, One Curve, y One Recí nuevas y sin defectos visibles macroscópicamente. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Metrología Dimensional de Precisión y el departamento de física de la Universidad Nacional de Bogotá.

## 4. 3 Criterios de Selección

### 4. 3. 1 Criterios de inclusión

Limas nuevas Hyflex EDM, One Curve y One Recí de la casa comercial COLTENE.

### 4. 3. 2 Criterios de exclusión

Limas nuevas Hyflex EDM, One Curve y One Recí de la casa comercial COLTENE que presenten defectos de fábrica visibles.

## 4. 4 Operacionalización de las variables

**Tabla 1.** Variables

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Valores que asume</b>
Angulo de corte	Formado por la cara de ataque y la cara del flanco de la lima	Grados que se forman al unir la cara de ataque y la de flanco de la lima	Cuantitativa	Continua	Grados (15, 30, 45,,,,)
Angulo de ataque	Formado por la superficie maquinada de la pieza de trabajo y la cara del flanco de la lima	Grados que se forman al unir la superficie maquinada de la pieza de trabajo y la cara del flanco de la lima	Cuantitativa	Continua	Grados (15, 30, 45,,,,)

Angulo de incidencia	Formado por la cara de ataque y el plano de referencia de la lima, el plano perpendicular a la dirección del movimiento de corte	Grados que se forman al unir la cara de ataque y el plano de referencia de la lima	Cuantitativa	Continua	Grados (15, 30, 45,,,,)
Angulo helicoidal	Se forma entre las estrías y el eje axial del instrumento	Grados que se forman entre las estrías y el eje axial del instrumento	Cuantitativa	Continua	Grados (15, 30, 45,,,,)
Distancia entre las estrías	Espacio que hay entre cada hoja cortante del instrumento durante toda la longitud del instrumento y este aumenta o disminuye según el ángulo helicoidal	Milímetros que existen entre cada hoja cortante de la lima	Cuantitativa	Continua	Milímetros (1mm, 1,5mm, 2mm...)
Rugosidad	La presencia de irregularidades a pequeña escala o textura de la superficie que pueden afectar la eficiencia de la acción de corte y la eliminación de residuos durante la instrumentación del conducto radicular.	Medición de las variaciones de altura promedio o irregularidades presentes en la superficie del archivo. Representa la desviación promedio de la superficie plana ideal y se puede cuantificar utilizando instrumentos y técnicas especializadas.	Se ve influida principalmente por el proceso de fabricación, composición del material y el uso en el tratamiento del conducto. Durante la fabricación, las limas se someten a varios procesos, como esmerilado, fresado o mecanizado electroquímico	La escala más utilizada es el valor Ra, que representa la desviación media aritmética del perfil evaluado, Ra representa el promedio de distancias absolutas entre la superficie de la lima y	Los valores de rugosidad observados en las limas de endodoncia pueden variar según factores como el diseño de la lima, el método de fabricación y la marca específica. Los valores de Ra en las limas de

			o, que pueden afectar a la calidad de la superficie.	línea media dentro de la longitud de evaluación. Evaluación cuantitativa de la rugosidad, mide desviaciones en micrómetros ( $\mu\text{m}$ )	endodoncia van desde unos pocos micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) hasta decenas de micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).
Conicidad	Aumento o disminución progresiva del diámetro desde la punta hasta el eje de la lima	Operativamente, la conicidad en las limas de endodoncia se puede definir como la relación entre el cambio de diámetro ( $\Delta D$ ) y el cambio de longitud ( $\Delta L$ ) a lo largo de la parte de trabajo de la lima.	La conicidad afecta la cantidad de dentina eliminada y la forma final de la preparación del conducto radicular.	La escala de medición más común utilizada para cuantificar la conicidad es la relación entre el cambio de diámetro y el cambio de longitud. Esta relación se puede expresar como un decimal o un porcentaje.	Los valores de conicidad más utilizados para las limas de endodoncia oscilan entre 0,02 y 0,10 (o entre el 2 % y el 10 %).

#### 4.5 Instrumento

Los valores se recopilaron y se registraron en hojas de cálculo de Excel, proporcionando la base para el análisis descriptivo.

#### 4.6 Procedimiento

##### Preparación de las muestras

En la preparación de las muestras, para asegurar una imagen clara y precisa al utilizar 3D Infinite Focus G6, y el SEM (Bruker Nano GmbH) las muestras debían estar secas para ser conductivas.

En la microscopía electrónica de barrido (SEM) para eliminar el riesgo de distorsiones, se recubrió la muestra con una película conductora (cinta de carbono especial para trabajo en equipo doble faz) de 10 a 25 mm.

Al seleccionar los 6 instrumentos nuevos, dos de cada sistema (Hyflex EDM, One Curve y One Recí), no debían presentar defectos de fábrica visibles por lo que se hizo un examen riguroso macroscópicamente antes de realizar las pruebas de laboratorio.

Se obtuvieron imágenes de las secciones transversales de 3 instrumentos, lima #25 de cada sistema, en las longitudes D1 (1 mm), D6 (6mm) y D14 (14mm) a través de 3D Infinite Focus G6 y se determinó:

1. Conicidad
2. Angulo de corte
3. Angulo de ataque
4. Ángulo de incidencia
5. Rugosidad

Una vez tomadas las imágenes transversales se midieron los ángulos, cada uno según corresponde a su definición conceptual y se obtuvieron los resultados al trazar las líneas en las caras correspondientes de las limas.

A través de la microscopía electrónica de barrido (SEM) a una magnificación de 50x, se obtuvieron imágenes completas de los 3 instrumentos, 1a lima #25 de cada sistema:

1. Distancia entre las estrías (pitch)
2. Angulo helicoidal

#### **4. 7 Plan de análisis estadístico**

Los datos se recopilaron en una tabla de Excel de las 3 limas diferentes y se realizó descripción de las características físicas de las limas objeto de estudio.

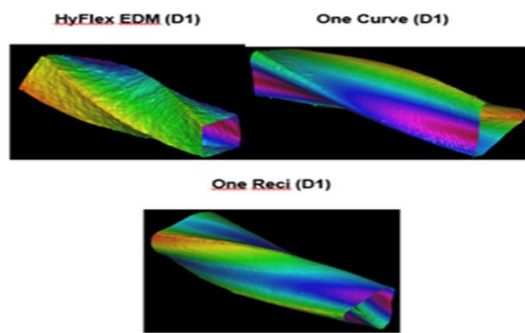
#### **4. 8 Implicaciones Bioéticas**

Según la Resolución 8430 de 1993, que rige actualmente la investigación en salud con seres humanos en el país, el presente estudio no presenta riesgo ético debido a que no se realizaron intervenciones en personas.

### **5. Resultados**

El presente estudio descriptivo in vitro analizó características de tres limas utilizadas en procedimientos de endodoncia: Hyflex EDM, One Curve, y One Recí. Estas limas fueron sometidas a un análisis exhaustivo utilizando perfilómetro mediante el uso de instrumento de medición óptica 3D Infinity Focus® y SEM en múltiples puntos y bordes para evaluar sus características de diseño. La figura 10 presenta el escaneo en las longitudes: [D1 (1 mm), D6 (6mm) y D14 (14mm)]. Para cada uno de los instrumentos, se utilizó un lente de 10X en la perfilometría óptica sin contacto, que mostró la conicidad de cada uno de los milímetros de las secciones transversales escaneadas de las limas en estudio.

**Figura 10.** *Escaneo de los instrumentos de endodoncia Hyflex EDM, One Curve y One Recí*



La conicidad representa cuánto se estrecha o ensancha una lima a medida que avanza desde D1 (1 mm desde la punta) hasta D6 (6 mm) y D14 (14 mm) la siguiente característica se obtuvo con el diámetro trasversal (Tabla 2), y conicidad de cada sesión (Tabla 3).

**Tabla 2.** *Parámetros de la conicidad del instrumento HyFlex EDM, One Curve y One Reци en los tres puntos de referencia (D1, D6, D14)*

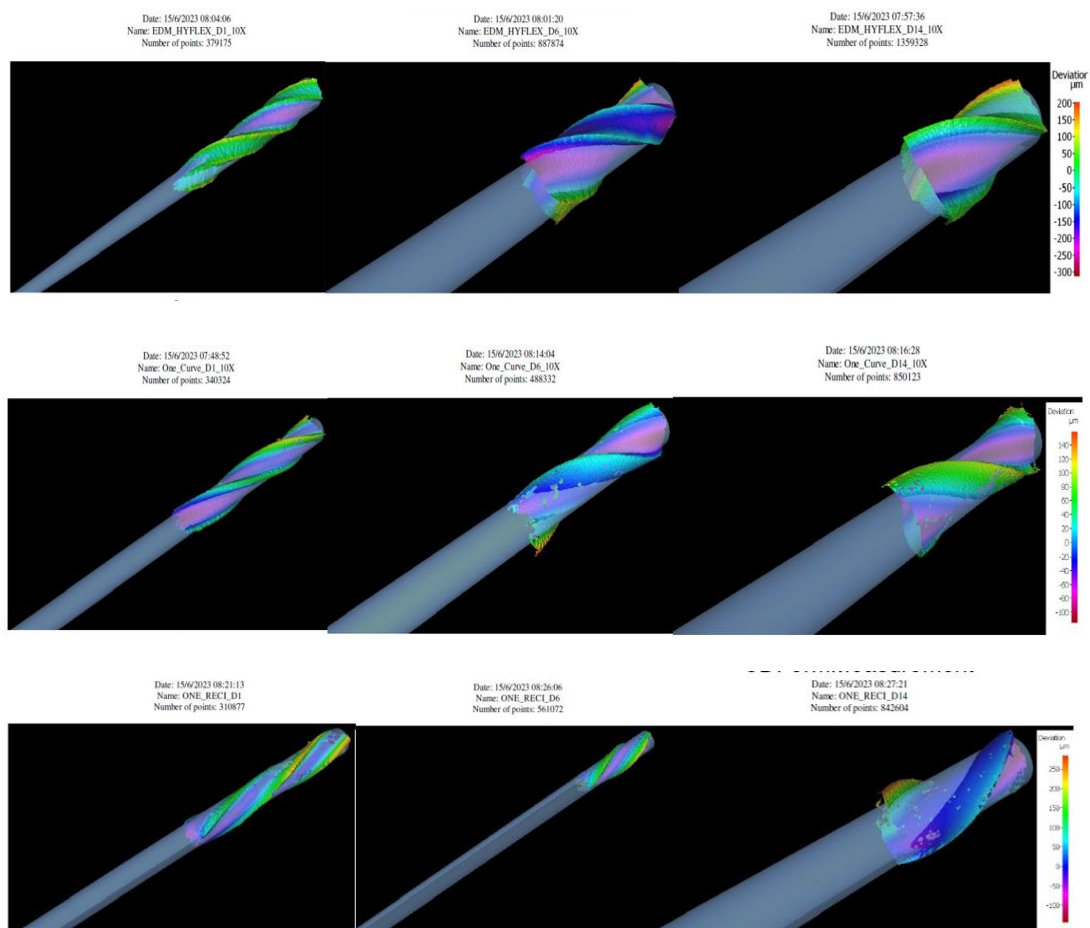
	D1	D6	D14
Hyflex EDM	0.31	0.68	1.02
One Curve	0.28	0.45	0.71
One Reци	0.26	0.45	0.71

**Tabla 3.** *Parámetros de la conicidad del instrumento HyFlex EDM, One Curve y One Reци en los tres puntos de referencia (D1, D6, D14)*

	D1	D6	D14
Hyflex EDM	8.0985%	3.8067%	4.0863%
ONE CURVE	3.5096%	3.0553%	1.1345%
ONE RECI	4.0164%	2.9679%	4.5934%

La lima One Curve tuvo una conicidad en D1 3.5%, D6 3% y 1.1% y la lima One Recí presentó una conicidad en D6 de 2.9% la cual es diferente reportada por la casa comercial (Fig. 13).

**Figura 11.** Conicidad de los instrumentos en estudio HYFLEX EDM, ONE CURVE y ONE RECI (D1, D6 y D14- 10X)



La Tabla 4 presenta los datos de ángulo de incidencia, corte y ataque para las limas Hyflex EDM, One Curve y One Recí en diferentes puntos (D1, D6 y D14) y bordes.

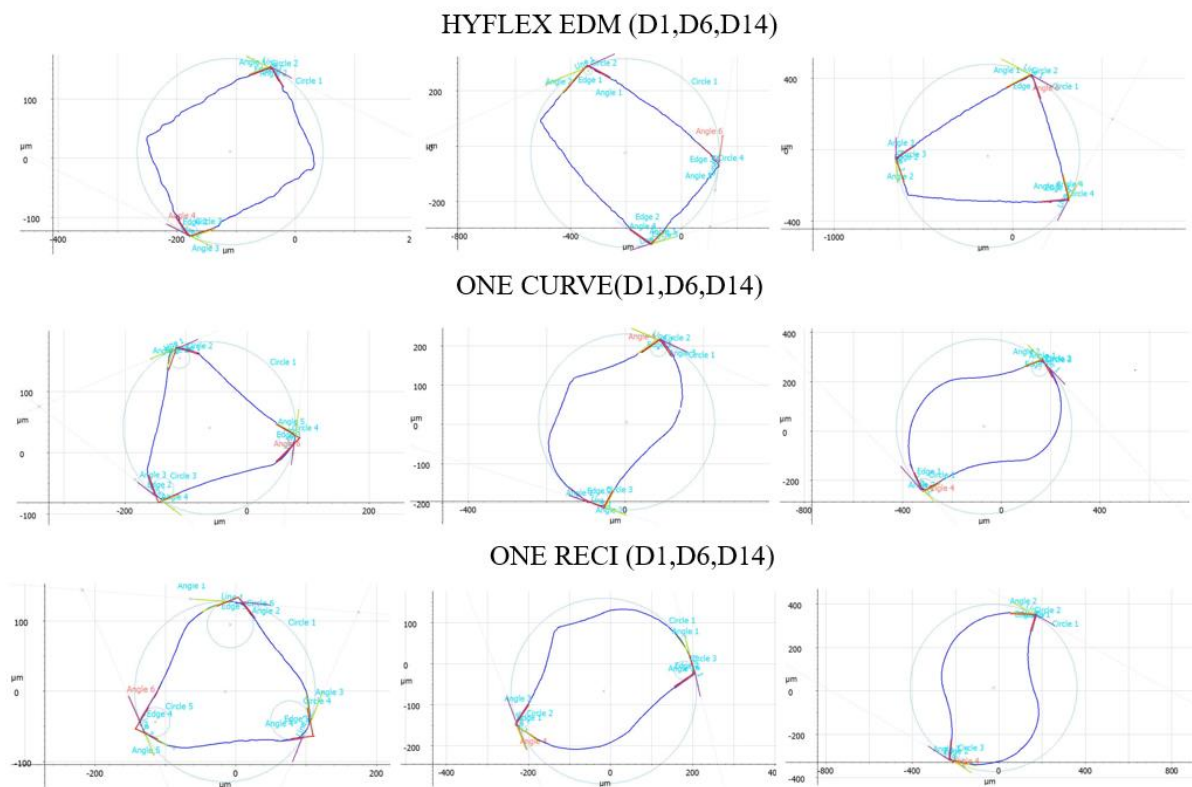
Los ángulos de incidencia en las tres limas variaron en los diferentes puntos y bordes, One Curve presenta ángulos de incidencia más agudos pero el ángulo de ataque aumenta. En los ángulos de corte: One Curve presentó ángulos de  $86^\circ$  (bordes 1 y 2) en D1 aumentando a  $103^\circ$  (borde 2) en D14 y Hyflex EDM  $94^\circ$  (borde 1) en D1 y  $102^\circ$  (borde 3) en D14. One Recí

en D1 85° (borde 2) y su aumentó máximo lo logro en D6 108° (borde 2), así mismo el ángulo de ataque en One Recí obtuvo los valores más agudos en algunos puntos.

**Tabla 4.** *Ángulos de incidencia, corte y ataque de Hyflex EDM, One Curve y One Recy*

	<b>D1</b>			<b>D6</b>			<b>D14</b>		
	BORD E 1	BOR DE 2	BOR DE 3	BOR DE 1	BOR DE 2	BOR DE 3	BOR DE 1	BOR DE 2	BOR DE 3
<b>HYFLEX EDM</b>									
INCIDENCIA	48.78°	45.05°		25.56°	56.27°	49.75°	55.97°	39.65°	16.79°
CORTE	94.97°	106.18°		101.04°	93.6°	95.42°	80.27°	82.86°	102.7°
ATAQUE	36.25°	28.77°		53.40°	30.13°	34.83°	43.76°	57.49°	60.51°
<b>ONE CURVE</b>									
INCIDENCIA	33.51°	61.06°	68.28°	60.86°	78.62°		75.81°	70.09°	
CORTE	86.4°	86.2°	82.9°	85.66°	90.71°		83.03°	103.43°	
ATAQUE	60.09°	32.74°	28.82°	33.48°	10.67°		21.16°	6.48°	
<b>ONE RECI</b>									
INCIDENCIA	58.28°	53.96°	49.53°	54.62°	68.94°		78.33°	67.00°	
CORTE	88.22°	85.67°	105.46°	88.47°	108.72°		76.83°	94.3°	
ATAQUE	33.50°	40.37°	25.01°	36.91°	2.34°		24.84°	18.70°	

**Figura 12.** *Secciones transversales obtenidas en el escaneo de la perfilometría sin contacto de cada punto (D1, D6 y D14) de cada lima con ángulos de corte(Rojo), ataque (Amarillo) e incidencia(Morado).*



Respecto a la rugosidad superficial, se muestran los resultados para cada lima en los parámetros rugosidad media ( $R_a$ ), medida entre el pico más alto y el valle más bajo ( $R_z$ ), altura promedio del área seleccionada ( $S_a$ ), altura máxima del pico del área seleccionada ( $S_p$ ), profundidad máxima del valle del área seleccionada ( $S_v$ ) y altura máxima del área seleccionada ( $S_z$ ) en los tres puntos de referencia (D1, D6 y D14) (Tabla 5).

La Tabla 6 se muestra los resultados del ángulo Helicoidal, tomados con el SEM, con parámetros de magnificación (10X), campo de visualización de 13.4mm, distancia de trabajo: 14.95 mm, los detectores utilizados para capturar la señal de electrones secundarios (SE) y electrones retrodispersados (BSE) (Fig. 14). One ReCI tiene un ángulo helicoidal ligeramente menor en D1  $15^\circ$  y D14  $29^\circ$  pero en D6 hubo un aumento de  $34^\circ$ . El ángulo helicoidal de Hyflex EDM y One Curve parece mantener una inclinación constante D1 y D14, mientras que One ReCI varían más aumentando en D6.

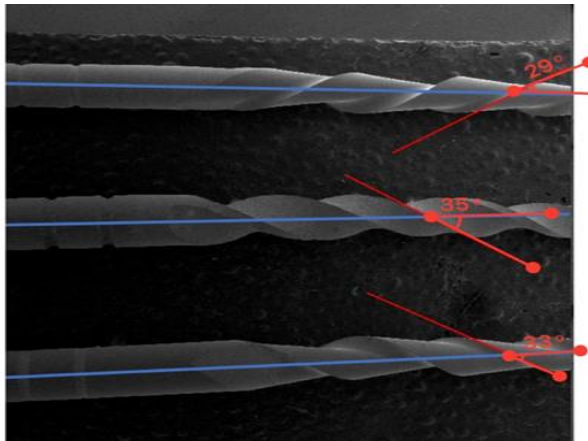
**Tabla 5.** *Parámetros de Ra, Rz, Sa, Sp, Sv y Sz de los instrumentos probados en los tres puntos de referencia*

	<b>D1</b>						<b>D6</b>						<b>D14</b>					
	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Sa</b>	<b>Sp</b>	<b>Sv</b>	<b>Sz</b>	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Sa</b>	<b>Sp</b>	<b>Sv</b>	<b>Sz</b>	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Sa</b>	<b>Sp</b>	<b>Sv</b>	<b>Sz</b>
<b>HYFLEX EDM</b>	1	1		1			1	8	1	7			1	1	8			
	.	1	1.6	1	16.	28.	.	.	.	.	9.7	7	.	.	1.5	9.1	17.	6.
	5	.	2	.	30	6	3	2	5	3	0	.	2	6	4	0	05	1
	6	4		7			4	0	0	5		0	3	6				5
<b>ONE CURVE</b>	0	3		7			0	2	0	4			1	0	2			
	.	.	0.8	.	23.	31.	.	.	.	.	7.2	1	.	.	0.5	3.4	2.6	6.
	4	0	6	2	81	06	3	9	5	7	3	.	4	0	4	3	0	0
	6	7		5			7	5	7	2		9	3	4				3
<b>ONE RECI</b>	0	6		1			0	3	0	4			1	0	6			
	.	.	1.3	1	7.8	19.	.	.	.	.	6.7	1	.	.	0.7	12.	8.4	1.
	0	3	4	.	4	29	5	3	7	3	4	.	6	0	5	57	6	0
	2	6		4			0	2	3	2		0	4	8				2

**Tabla 6.** *Ángulo helicoidal medido con SEM*

<b>Ángulo Helicoidal</b>	<b>D1</b>	<b>D6</b>	<b>D14</b>
<b>Hyflex EDM</b>	17°	28°	35°
<b>One Recí</b>	15°	34°	29°
<b>One Curve</b>	17°	24°	33°

**Figura 13.** *Visualización por medio de microscopio electrónico de barrido (ángulo helicoidal)*

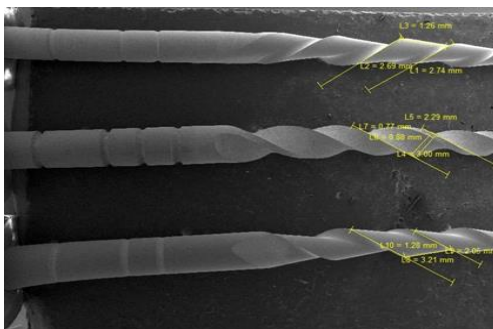


La tabla 7 muestra los resultados de la distancia entre las estrías (Fig. 15) se encontró que One Curve presenta una mayor distancia entre las estrías 0.32 mm en D1 y D14 de 1.28 mm, seguido de One Recí (D1 0,25 mm y en D14 1.26 mm) y Hyflex EDM presentó la menor distancia entre sus estrías (D1 con 0.22 mm y en D 14 con 0.88 mm).

**Tabla 7.** *Distancia entre las estrías (pitch)*

Pitch	D1	D6	D14
<b>Hyflex EDM</b>	0.22	0.59	0.88
<b>One Recí</b>	0.32	1.13	1.28
<b>One Curve</b>	0.25	1.19	1.26

**Figura 14.** *Visualización SEM (distancia entre las estrías) de Hyflex EDM, One Curve y One Recí*



## 6. Discusión

En este estudio descriptivo in vitro realizado a nivel de laboratorio, se investigaron las características de diseño de las limas #25 de los sistemas Hyflex EDM®, One Curve® y One Recí® que fueron comercializados entre 2017 y 2021. A nivel clínico es indispensable tener en cuenta los mecanismos de funcionamiento de las limas y las situaciones clínicas en las que es óptimo su uso, para reducir y si es posible evitar el riesgo de preparaciones ineficientes que influyan en la calidad y pronóstico del tratamiento (Nino-Barrera, et al., 2020).

En el presente estudio se corrobora que las limas Hyflex EDM presentan unas superficies con mayor rugosidad en comparación con One Curve y One Recí. Hay muy pocos estudios relacionados con las características de estos instrumentos de endodoncia, Pirani et al., en 2016 examinaron las propiedades metalúrgicas de las limas HyFlex EDM y las limas HyFlex CM, donde detectaron irregularidades en la superficie de las limas y las atribuyeron a su método de fabricación.

El estudio actual encontró que One Curve tenía una medida alta con 0.32 (D1), One Recí con 1.28 (D6) y en D14 fue 1.26 (One Recí). Lo que indica que al aumentar la distancia entre las estrías disminuye la torsión y el atornillamiento del instrumento de endodoncia. Diemer et al., (2004) evaluaron el efecto de la distancia entre las estrías por milímetro sobre el esfuerzo de torsión y la tendencia al atornillamiento utilizando dos instrumentos con la misma sección transversal (triple hélice y conicidad 6%). Sus resultados mostraron que al aumentar la longitud de la distancia entre las estrías reduce la distribución de la carga torsional y la tendencia a atornillarse.

Los resultados de este estudio mostraron que la conicidad de la lima One Curve varía de la siguiente manera: en D1, se encontró un diámetro de 0.28 mm con una conicidad del 3.5%, sin diferencias significativas. En D6, el diámetro fue de 0.45 mm con una conicidad del

3.05%, lo que representó una disminución de 0.04 mm de diámetro y un 1% de conicidad en comparación con lo esperado. En D14, se observó un diámetro de 0.71 mm con una conicidad del 1.13%, esta diferencia notoria se atribuye a que la perfilometría óptica sin contacto, posiblemente escaneó el punto de menor masa debido a que su sección transversal es excéntrica.

En cuanto a la lima One Recí #25 en D1, 0.45 mm con una conicidad del 3% en D6 y 0.77 mm con una conicidad del 4.5% en D14, presentando diferencia notoria en el punto D6.

En el caso de la lima Hyflex #25 este estudio confirmó resultados que concuerdan con la información proporcionada por la casa fabricante COLTENE (MicroMega), que brinda información acerca de la conicidad de estas limas, informándonos que la Hyflex EDM presenta una conicidad variable, lo que coincide con nuestro estudio, mientras que la One Curve y la One Recí presentan una conicidad de 4%.

Al medir los ángulos de corte y de ataque One Curve y Hyflex EDM presentan ángulos más bajos en algunos puntos, lo que indica eficiencia de corte. Igualmente, pueden utilizarse con seguridad sin ser un riesgo de daño al tejido adyacente. En la investigación de Chow (2005) en la que compararon los ángulos de inclinación de instrumentos (ProFile y K3) encontraron que los ángulos de inclinación formaron un ángulo agudo.

El presente estudio encontró que Hyflex EDM tiende a tener valores más altos en la mayoría de los puntos y bordes evaluados y One Curve presentó los valores más bajos en varios de los parámetros en la mayoría de los puntos de medición, lo que indica que si la rugosidad es baja, la superficie es casi lisa y hay un mayor número de picos de contacto lo que ocasiona aumento en la fricción contra las paredes del conducto radicular en su uso. Estos datos coinciden con Das Paramarshi et al., (2019) en donde encontraron que la rugosidad superficial de las limas Hyflex EDM fue mayor que las Hyflex CM debido a su proceso de fabricación

(mecanizado por descarga eléctrica). Sin embargo, no mostraron un aumento significativo en los parámetros evaluados después de la esterilización.

La sumatoria de los tres ángulos (corte, ataque e incidencia) deberían ser 90 grados, pero por la metodología que se utilizó en el laboratorio, los tres ángulos dieron un aproximado de 180 grados y no de 90, debido a que se hace simulado sobre un conducto que es un círculo sobre el que está girando la lima.

Hyflex EDM presentó menor distancia entre las estrías por mm a lo largo de la lima. Una distancia entre las estrías más baja podría indicar una mayor capacidad de corte, mientras que un ángulo helicoidal constante podría ser beneficioso para evitar daños a las paredes del conducto. En el estudio de Roda – Casanova (2022) analizaron los efectos de la sección transversal y la distancia entre las estrías y la geometría se obtuvo a partir de combinaciones de dos secciones transversales (cuadrada y triangular).

Ferreira et al., en 2017 evaluaron y compararon cualitativa y cuantitativamente el desgaste en las superficies de instrumentos con movimiento alternativo mediante un análisis de perfilometría óptica tridimensional sin contacto y concluyeron que la técnica resultó adecuada y eficaz para evaluar las superficies de los instrumentos en diferentes períodos de tiempo. Lo cual coincide con el estudio actual, donde el análisis de perfilometría óptica tridimensional sin contacto proporcionó lecturas precisas en la evaluación de los tres instrumentos de estudio a 1 mm, 6 mm y 14 mm desde la punta de cada instrumento.

El estudio demostró que no presentó daño en los instrumentos cuando se utilizó el perfilómetro óptico sin contacto Infinite Focus G6 al momento de escanear las limas, al igual que en el estudio de Zaccaro et al (2022) en su estudio in vitro utilizaron SEM y perfilómetro para evaluar superficies de corte de limas nuevas (Reciproc R25 y Pro-R 25) y concluyeron que no se presentó daño al material de estudio.

En la prueba piloto algunos instrumentos presentaron daño a momento de realizar los cortes transversales de las limas utilizando la microscopia óptica de barrido (SEM) como lo afirman Hanan et al., (2015) que el microscopio electrónico de barrido podría dañar las muestras durante su preparación y dificultar un análisis de la superficie de los instrumentos. Sin embargo, la imagen de las limas completas SEM permitió una imagen fija.

Una novedad en este estudio es que hasta ahora no se ha publicado ningún estudio sobre estas características de las limas HyFlex EDM, One Curve y One Recí. Sin embargo, se considera una limitación en el estudio es la falta de datos comparativos previos o disponibles, por la cual esta investigación está abordando características y aspectos de rendimiento que no se han explorado ampliamente en estudios previos, esto puede ser de gran interés para los profesionales de endodoncia y la comunidad científica, para poder lograr un impacto positivo en la práctica clínica y la selección de herramientas adecuadas.

## **Conclusiones**

El estudio resalta las características distintivas de las limas, como su conicidad y ángulos de corte, que ofrecen ventajas en términos de seguridad y eficacia en el tratamiento endodóntico.

Hyflex EDM presenta una distancia entre las estrías menor, su ángulo helicoidal no es constante y sus picos de rugosidad son altos, presenta ángulos de corte obtusos con ángulos de incidencia y ataque agudos y su conicidad es variable lo que coincide con la establecida por la casa fabricante.

One Curve presenta una distancia entre las estrías en aumento constante desde su D1 hasta D14, su ángulo helicoidal es positivo constante, su rugosidad es baja, su ángulo de corte inicia en D1 agudo y finaliza en D14 obtuso, sus ángulos de incidencia y ataque siempre son agudos y su conicidad en D14 presentó una diferencia notoria.

En cuanto a One Recí, sus características fueron similares a One Curve presentando una distancia entre las estrías en aumento constante desde D1 al D14, sus ángulos de ataque son más agudos que los de incidencia y en sus ángulos de corte se encontró que uno de sus ángulos es obtuso en las tres secciones, la conicidad solo tuvo diferencia en el D6 con 2,9% y su rugosidad fue media entre la One Curve y la Hyflex.

Los hallazgos subrayan la diversidad en las conicidades de las limas, lo que proporciona a los profesionales de la odontología una variedad de opciones para adaptarse a diferentes situaciones clínicas.

Este estudio puede marcar el inicio de investigaciones futuras en este ámbito y proporcionar a los odontólogos información esencial sobre las nuevas herramientas endodónticas. Dado que no existen estudios comparativos disponibles, este trabajo aborda una carencia significativa en la literatura científica en relación a estas limas endodónticas de reciente desarrollo.

## Referencias

- Abu-Tahun, I. H., Kwak, S. W., Ha, J. H., & Kim, H. C. (2018). Microscopic Features of Fractured Fragment of Nickel-Titanium Endodontic Instruments by Two Different Modes of Torsional Loading. *Scanning*, 2018, 9467059. <https://doi.org/10.1155/2018/9467059>
- Adams, N., y Tomson, P. L. (2014). Access cavity preparation. *British dental journal*, 216(6), 333–339. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.206>
- Al Jabbari, Y. S., Tsakiridis, P., Eliades, G., Al-Hadlaq, S. M., & Zinelis, S. (2012). Assessment of geometrical characteristics of dental endodontic micro-instruments utilizing X-ray micro computed tomography. *Journal of applied*

*oral science: revista FOB*, 20(6), 655–660. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000600011>

Azizi, A., Prati, C., Schiavon, R., Fitzgibbon, R. M., Pirani, C., Iacono, F., Pelliccioni, G. A., Spinelli, A., Zamparini, F., Puddu, P., Bolelli, G., & Generali, L. (2021). In-Depth Metallurgical and Microstructural Analysis of Oneshape and Heat Treated Onecurve Instruments. *European endodontic journal*, 6(1), 90–97. <https://doi.org/10.14744/eej.2021.63634>

Bruker Alicona. Infinite Focus G6, Highlights. <https://www.alicon.com/en/products/infinitefocus>

Çiftçioğlu, E., Keleş, A., Akbal Dinçer, G., Ateş, M. O., & Küçükay, E. S. (2023). Shaping ability of WaveOne Gold and OneReci by using two apical sizes: a micro-computed tomographic assessment. *Peer J*, e15208. <https://doi.org/10.7717/peerj.15208>

Coltene, products endodontic, brochure. [https://global.coltene.com/fileadmin/Data/EN/Products/Endodontics/Root\\_Canal\\_Shaping/HyFlex\\_EDM/31328A\\_HyFlexEDM\\_Brochure\\_US.pdf](https://global.coltene.com/fileadmin/Data/EN/Products/Endodontics/Root_Canal_Shaping/HyFlex_EDM/31328A_HyFlexEDM_Brochure_US.pdf)

Coltene. HyFlex® EDM. (2015). *Int Endod J*, 22. doi: [10.1111/iej.12470](https://doi.org/10.1111/iej.12470)

Dablanca-Blanco, A. B., Castelo-Baz, P., Miguéns-Vila, R., Álvarez-Novoa, P., & Martín-Biedma, B. (2022). Endodontic Rotary Files, What Should an Endodontist Know? *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 58(6), 719. <https://doi.org/10.3390/medicina58060719>

Dentaltix. Hyflex EDM –Coltene. Limas de NiTi <https://www.dentaltix.com/es/coltene/limas-conformacion-conductos-hyflex-edm-niti-25mm-3ud>

- Ferreira, F. G., Barbosa, I. B., Scelza, P., Montagnana, M. B., Russano, D., Neff, J., & Scelza, M. Z. (2017). Noncontact three-dimensional evaluation of surface alterations and wear in NiTi endodontic instruments. *Brazilian oral research*, 31, e74. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0074>
- Gavini G, Santos M, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF et al. (2018). Nickel–titanium instruments in endodontics. *Brazilian Oral Research*, 32(suppl):44 – 59. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067>
- Giansiracusa Rubini, A., Plotino, G., Al-Sudani, D., Grande, N. M., Sonnino, G., Putorti, E., Cotti, E., Testarelli, L., & Gambarini, G. (2014). A new device to test cutting efficiency of mechanical endodontic instruments. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 20, 374–378. <https://doi.org/10.12659/MSM.890119>
- Grande, N. M., Plotino, G., Pecci, R., Bedini, R., Malagnino, V. A., & Somma, F. (2006). Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. *International endodontic journal*, 39(10), 755–763. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01143.x>
- Hanan ARA, de Meireles DA, Sponchiado Júnior EC, Hanan S, Kuga MC, Filho IB. Surface characteristics of reciprocating instruments before and after use - A SEM analysis. *Braz Oral Res*. 2015;26(2):121–7
- Hassan, AOA, Munshi, IE, & Tootla, S. (2019). Comparison of the effect of fixed and variable taper on the volume of obturation material. *South African Dental Journal*, 74(1), 8-12. <https://dx.doi.org/10.17159/2519-0105/2019/v74no1a1>
- Hou XM, Yang YJ, Qian J. (2020). Phase transformation behaviors and mechanical properties of NiTi endodontic files after gold heat treatment and blue heat treatment. *Journal of Oral Science*, 63(1), 8-13. doi:10.2334/josnusd.19-0331

- HyFlexEDM. *Endodontic Root Canal Shaping*. [Internet] brochure. [cited 2023 Jul 14] [https://global.coltene.com/fileadmin/Data/EN/Products/Endodontics/Root\\_Canal\\_Shaping/HyFlex\\_EDM/31328A\\_HyFlexEDM\\_Brochure\\_US.pdf](https://global.coltene.com/fileadmin/Data/EN/Products/Endodontics/Root_Canal_Shaping/HyFlex_EDM/31328A_HyFlexEDM_Brochure_US.pdf)
- Kharouf, N., Pedullà, E., Nehme, W., Akarma, K., Mercey, A., Gros, C. I., Haikel, Y., & Mancino, D. (2022). Apically Extruded Debris in Curved Root Canals Using a New Reciprocating Single-File Shaping System. *Journal of endodontics*, 48(1), 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.10.002>
- La Rosa, G.R.M.; Shumakova, V.; Isola, G.; Indelicato, F.; Bugea, C.; Pedullà, E. (2021). Evaluation of the Cyclic Fatigue of Two Single Files at Body and Room Temperature with Different Radii of Curvature. *Materials*, 14, 2256. <https://doi.org/10.3390/ma14092256>
- Liang, Y., & Yue, L. (2022). Evolution and development: engine-driven endodontic rotary nickel-titanium instruments. *International journal of oral science*, 14(1), 12. <https://doi.org/10.1038/s41368-021-00154-0>
- Lopes H, Elias CN, Vieira V, Chaves de Souza, L & Lopes dos Santos A. (2016). Influence of Surface Roughness on the Fatigue Life of Nickel-Titanium Rotary Endodontic Instruments. *Journal of Endodontics*, 42(6), 965- 968. DOI: [10.1016/j.joen.2016.03.001](https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.03.001)
- Micro Mega. *One Curve, the Endo DNA* [Internet] Besancon: Micro Mega; c2018. [updated 2018 Jul 30], [cited 2023 Jul 14]. <https://micro-mega.com/shaping/one-curve?lang=en>
- Mittal, S., Kukreja, N., Chaudhary, D., Bansal, A., Bansal, J., y Agarwal, D. (2014). Sword of Endodontist: A Review. *Dental Journal of Advance Studies*, 02 (03), 118 - 124. doi: [10.1055/s-0038-1671997](https://doi.org/10.1055/s-0038-1671997)

- Nino-Barrera, J., Sanchez-Aleman, J., Lopez, L., y Cortes-Rodriguez, C. (2020). Application of Cutting-Tool Concepts to Endodontic Files to Achieve Better Design: A Review. *Critical reviews in biomedical engineering*, 48(4), 223–234. <https://doi.org/10.1615/CritRevBiomedEng.2020034949>
- Oh, S., Seo, J. Y., Lee, J. E., Kim, H. J., Jang, J. H., & Chang, S. W. (2022). Evaluation of design, mechanical properties, and torque/force generation of heat-treated NiTi glide path instruments. *BMC oral health*, 22(1), 528. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02575-7>
- Paraskevopoulou, M. T., & Khabbaz, M. G. (2016). Influence of Taper of Root Canal Shape on the Intracanal Bacterial Reduction. *The open dentistry journal*, 10, 568–574. <https://doi.org/10.2174/1874210601610010568>
- Pedullà, E., La Paglia P., La Rosa, GR., Gueli, AM., Pasquale, S., Jaramillo, D., Forner, L., Lo Savio, F., La Rosa G., y Rapisarda, E. (2020). Cutting efficiency of heat-treated nickel–titanium single-file systems at different incidence angles, *Australian Endodontic Journal*, 1 – 7. doi: [10.1111/aej.12462](https://doi.org/10.1111/aej.12462)
- Pedullà, E., La Rosa, G. R. M., Romano, G., Leanza, G., Rapisarda, S., Isola, G., Ferlito, S., Neelakantan, P., & Generali, L. (2021). Influence of kinematics and incidence angles on the cutting efficiency of two single-file nickel-titanium rotary instruments. *Australian endodontic journal: the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 48(1), 58–64. <https://doi.org/10.1111/aej.12543>
- Pirani, C., Iacono, F., Generali, L., Sassatelli, P., Nucci, C., Lusvarghi, L., Gandolfi, M. G., & Prati, C. (2016). HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. *International endodontic journal*, 49(5), 483–493. <https://doi.org/10.1111/iej.12470>

- Roda-Casanova, V., Pérez-González, A., Zubizarreta-Macho, A., & Faus-Matoses, V. (2022). Influence of Cross-Section and Pitch on the Mechanical Response of NiTi Endodontic Files under Bending and Torsional Conditions-A Finite Element Analysis. *Journal of clinical medicine*, 11(9), 2642. <https://doi.org/10.3390/jcm11092642>
- Saricam E, y Kayaoglu G. (2020). Comparison of One Shape, Shapeand One Curve endodontic instruments for debris and irrigant extrusion. *Dent Med Probl*; 57(3),255–259.doi:[10.17219/dmp/119771](https://doi.org/10.17219/dmp/119771)
- Sayid, S. , Dadan-Garba, A. , Enenche, D. and Ikyo, B. (2020) Scanning Electron Microscopy (SEM) of the Bug Eye and Sand Coral. *Microscopy Research*, 8, 1-7. doi: [10.4236/mr.2020.81001](https://doi.org/10.4236/mr.2020.81001)
- Schäfer, E., & Oitzinger, M. (2008). Cutting efficiency of five different types of rotary nickel-titanium instruments. *Journal of endodontics*, 34(2), 198–200. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.10.009>
- Seracchiani, M., Reda, R., Zanza, A., D'Angelo, M., Russo, P., & Luca, T. (2022). Mechanical Performance and Metallurgical Characteristics of 5 Different Single-file Reciprocating Instruments: A Comparative In Vitro and Laboratory Study. *Journal of endodontics*, 48(8), 1073–1080. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.05.009>
- Tabassum, S., Zafar, K., & Umer, F. (2019). Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's New? *European endodontic journal*, 4(3), 111–117. <https://doi.org/10.14744/ej.2019.80664>
- Thompson S. A. (2000). An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *International endodontic journal*, 33(4), 297–310. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2000.00339.x>

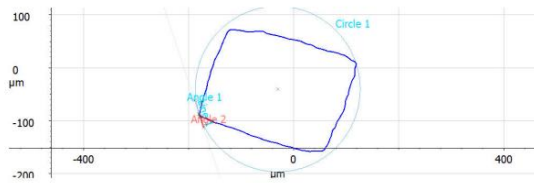
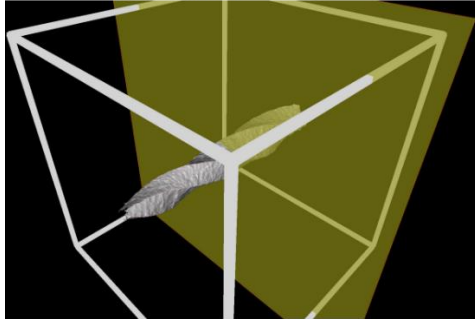
- Thu M, Ebihara A, Maki K, Miki N, Okiji T. Cyclic Fatigue Resistance of Rotary and Reciprocating Nickel-Titanium Instruments Subjected to Static and Dynamic Tests. *J Endod.* 2020;46(11):1752-1757. doi:10.1016/j.joen.2020.08.006
- Uygun AD, Ünal M, Falakaloğlu S, Güven Y. (2020). Comparison of the Cyclic Fatigue Resistance of HyFlex EDM, VortexBlue, ProTaper Gold, and OneCurve Nickel–Titanium Instruments. *Niger Journal Clinical Practice*, 23,41-5. doi: [10.4103/njcp.njcp\\_343\\_19](https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_343_19)
- Van Pham K. (2021). Alteration in surface roughness of reciprocating endodontic instruments. *Research*, 10: 1 -9. <https://doi.org/10.12688/f1000research.55443.1>
- Zafar M. S. (2021). Impact of Endodontic Instrumentation on Surface Roughness of Various Nickel-Titanium Rotary Files. *European journal of dentistry*, 15(2), 273–280. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1718469>
- Živković S, Popović M, Jovanović-Medojević M, y Nešković J. (2022). A single-file endodontic treatment – A promising endodontic concept. *Vojnosanit Pregl*, 79(1), 86–93. doi: <https://doi.org/10.2298/VSP210524078Z>

Apéndice A. Mediciones HyFlex

ContourMeasurement

Measurement

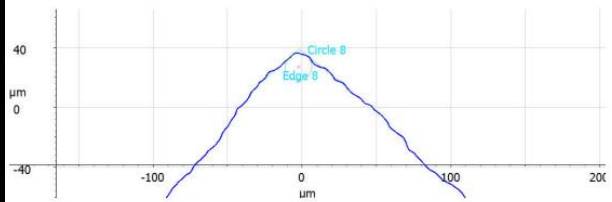
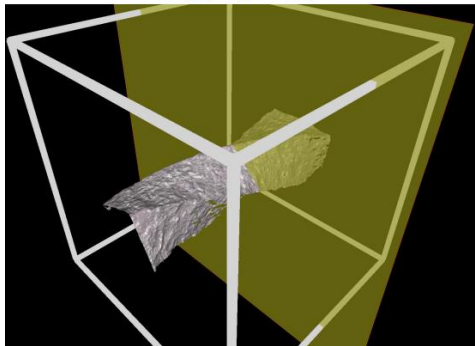
EDM\_HYFLEX\_D1\_10X



ContourMeasurement

Measurement

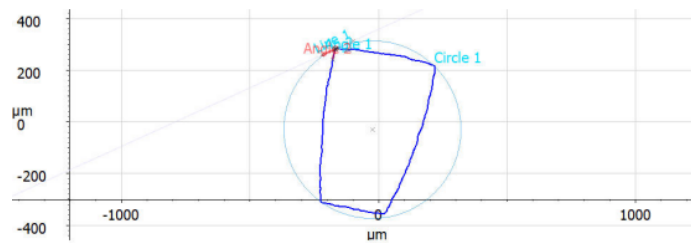
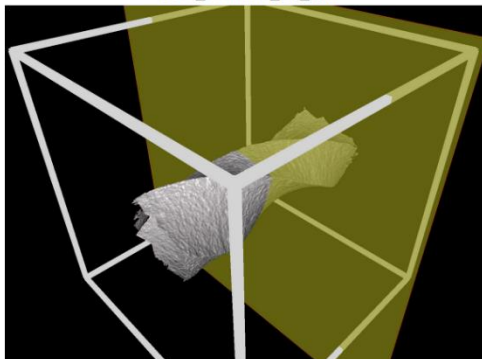
EDM\_Hyflex\_RADIO\_D1

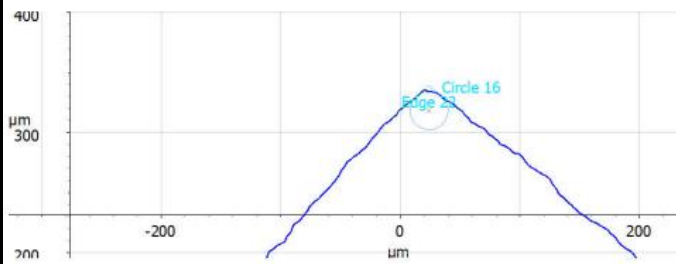
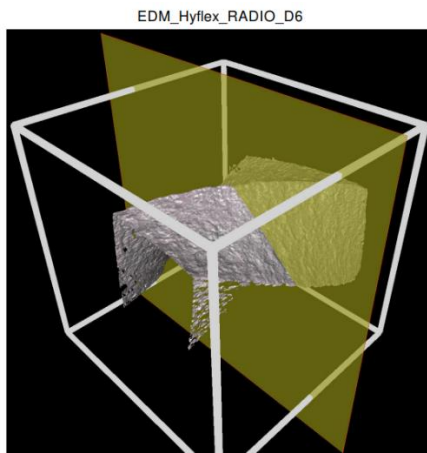


ContourMeasurement

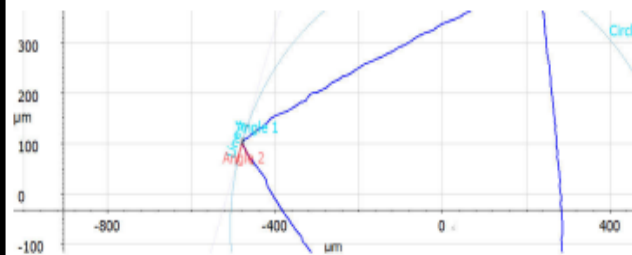
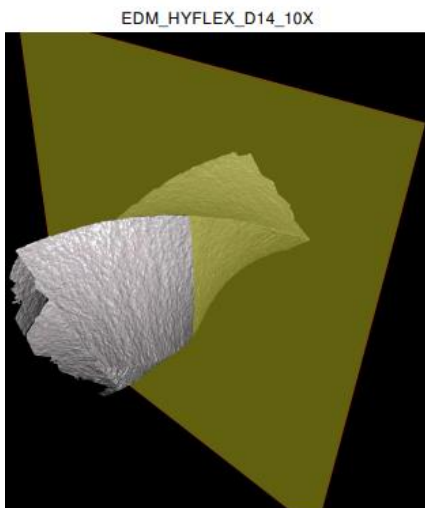
Measurement

EDM\_HYFLEX\_D6\_10X

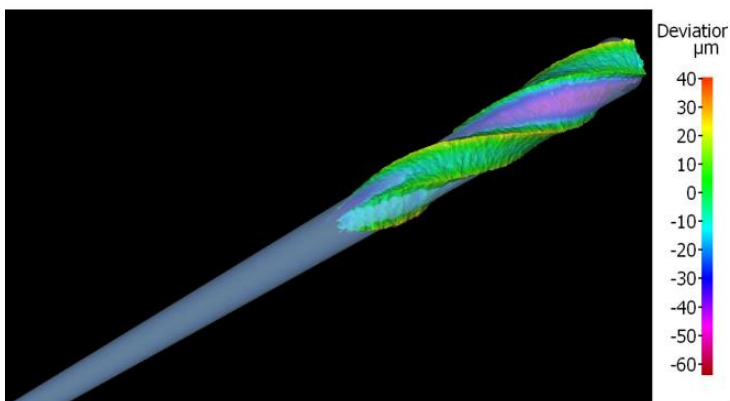




ContourMeasurement  
Measurement

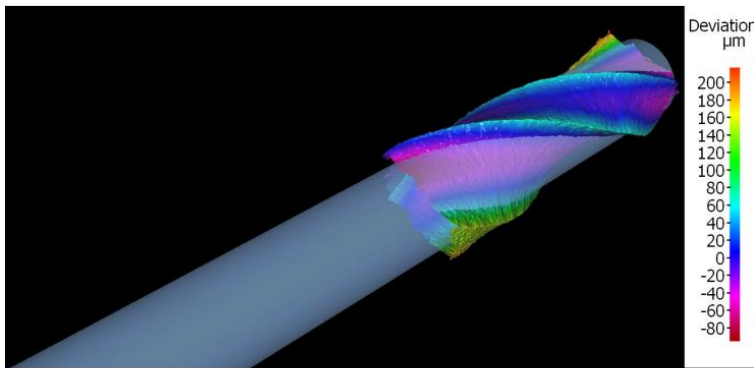


Name: EDM\_HYFLEX\_D1\_10X  
Number of points: 379175



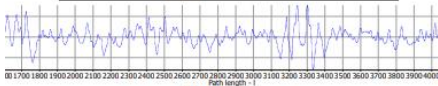
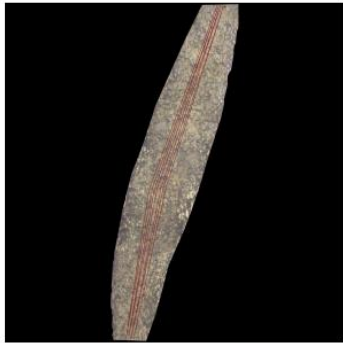
Cone

Name: EDM\_HYFLEX\_D0\_10X  
Number of points: 887874



Cone

AA\_EDM\_Hyflex\_D1\_surf\_ed\_fr

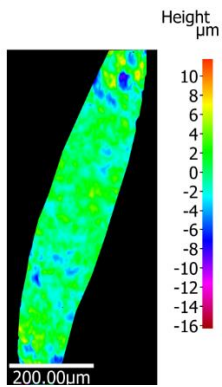


Ra: 1.56µm  
Rq: 2.06µm  
Rz: 11.42µm

high pass - roughness profile  
Lc:= 800.00µm

Filtered Roughness Data:

AA\_EDM\_Hyflex\_D1\_surf\_ed\_fr  
36µm x 806.30µm  
12 points  
50.23

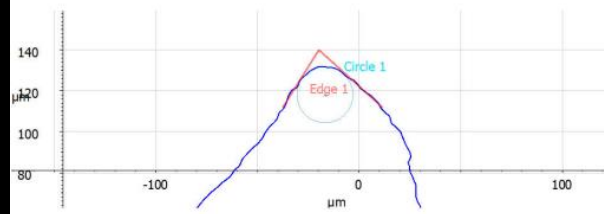
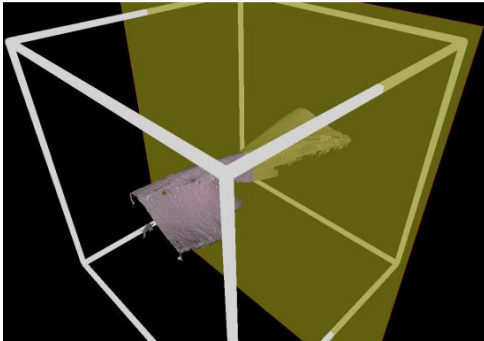


Apéndice B. Mediciones de la lima One Curve

ContourMeasurement

Measurement

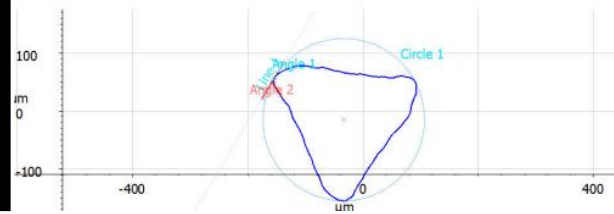
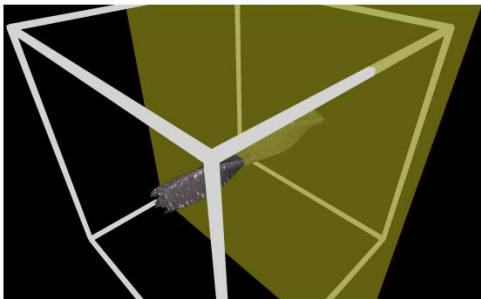
ONE\_CURVE\_RADIO\_D1



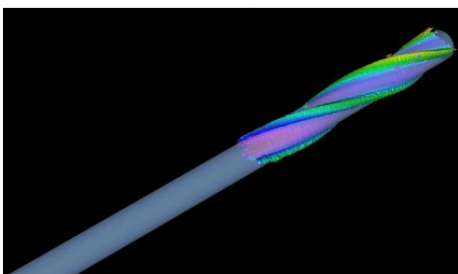
ContourMeasurement

Measurement

One\_Curve\_D1\_10X

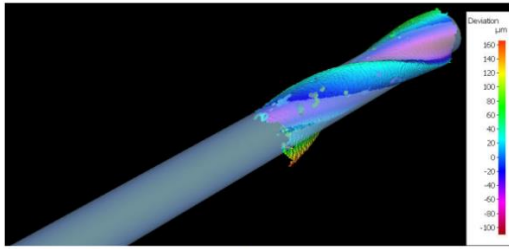


Name: One\_Curve\_D1\_10X  
Number of points: 340324



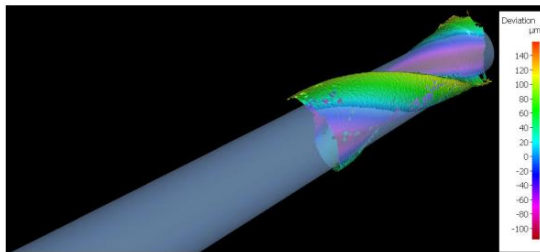
Cone

Name: One\_Curve\_D6\_10X  
Number of points: 488332



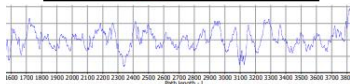
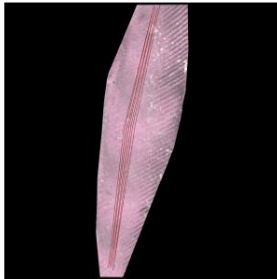
Cone

Name: One\_Curve\_D14\_10X  
Number of points: 850123



Cone

AA\_ONE\_CURVE\_D1\_surf\_ed\_fr



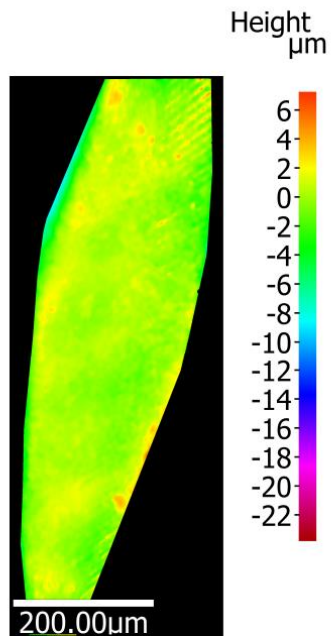
Ra: 0.46µm  
Rq: 0.59µm  
Rz: 3.07µm

high pass - roughness profile

### Filtered Roughness Data

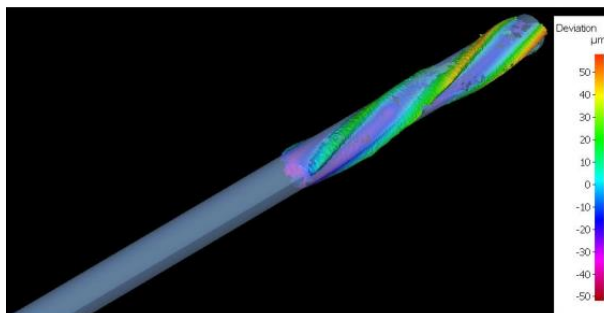
AA\_ONE\_CURVE\_D1\_surf\_ed\_fr

4µm x 807.14µm  
points  
:13

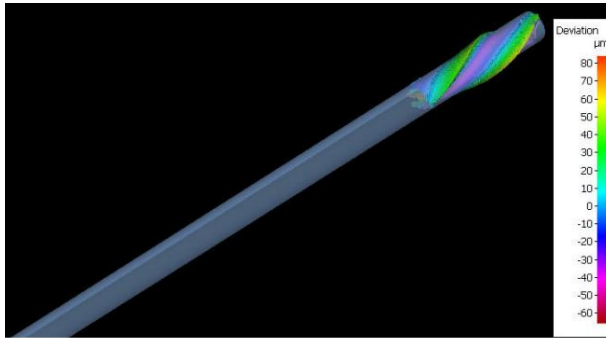


### Apéndice C. Mediciones de la lima One Recí

Name: ONE\_RECI\_D1  
Number of points: 310877

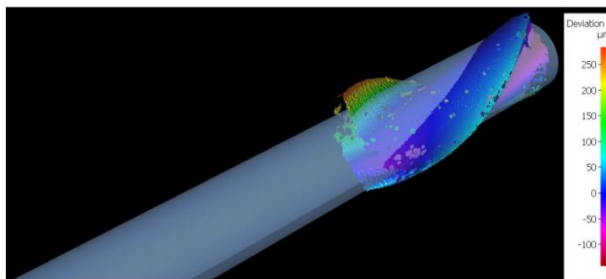


Name: ONE\_RECI\_D6  
Number of points: 561072



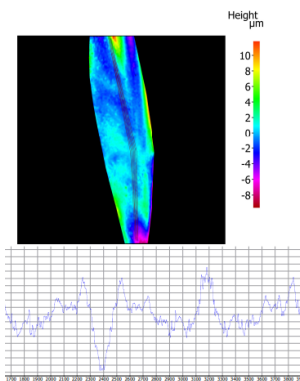
Cone

Name: ONE\_RECI\_D14  
Number of points: 842604



Cone

AA\_ONE\_RECI\_D1\_surf\_ed\_fr



Ra: 1.02 $\mu\text{m}$   
Rq: 1.34 $\mu\text{m}$   
Rz: 6.36 $\mu\text{m}$

high pass - roughness profile

### Filtered Roughness Datas

AA\_ONE\_RECI\_D1\_surf\_ed\_fr

2µm x 805.72µm  
! points  
6:16

