

Control de calidad y dimensional en limas endodónticas mediante tomografía computerizada

S. Ontiveros Zepeda⁽¹⁾, R. Jiménez Pacheco⁽¹⁾, J.A. Yagüe Fabra⁽¹⁾

*(1) Dpto. de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza
jyague@unizar.es*

La Tomografía Computerizada (TC) es muy utilizada como una herramienta de apoyo en algunos tratamientos en odontología, tales como: evaluación pre-quirúrgica de la anatomía, tomografía periapical postoperatoria, diagnóstico y morfología del canal, etc., pero su uso no es todavía habitual para el control de calidad y dimensional de los instrumentos utilizados, tales como las limas endodónticas. Según la norma UNE-EN ISO 3630-1:2008, la evaluación dimensional de las limas endodónticas se puede efectuar con cualquiera de los siguientes dispositivos: comparador óptico, siluetógrafo, microscopio de medición u otro dispositivo con una precisión de 0,002 mm. Para analizar la calidad del material se deben realizar pruebas de rotura por torsión o por deflexión angular y pruebas de rigidez, pero todas ellas tienen la desventaja de que son destructivas. La TC ofrece la posibilidad de obtener una imagen volumétrica 3D de la pieza de trabajo y en ella se puede realizar una evaluación dimensional completa. Además ofrece la posibilidad de analizar si existen defectos (ej. porosidad, fracturas), todo ello sin necesidad de destruir la pieza.

En este trabajo analiza la viabilidad de evaluar dimensionalmente este tipo de piezas mediante técnicas de tomografía computerizada. Para ello se ha utilizado una pieza tipo ProTaper F1. En el artículo se indica la metodología seguida y se presentan los resultados obtenidos y las principales conclusiones extraídas.

1. INTRODUCCIÓN

La Tomografía Computerizada (TC) es muy utilizada como una herramienta de apoyo en algunos tratamientos en odontología, tales como: evaluación pre-quirúrgica de la anatomía, tomografía periapical postoperatoria, diagnóstico y morfología del canal, etc. [1], pero su uso no es todavía habitual para la evaluación dimensional y el control de calidad de los instrumentos utilizados, tales como las limas endodónticas. Actualmente según la norma UNE-EN ISO 3630-1:2008, la evaluación dimensional en las limas endodónticas se puede efectuar con cualquiera de los siguientes dispositivos: comparador óptico, siluetógrafo, microscopio de medición u otro dispositivo con una precisión de $\pm 0,002$ mm. Para analizar el comportamiento del material se deben realizar pruebas de rotura por torsión o por deflexión angular y pruebas de rigidez, esto se hace por medio de un muestreo de piezas debido a que las pruebas son destructivas [2]. Existen otras técnicas para evaluar el comportamiento del material como el microscopio de fuerzas atómicas (AFM) o el microscopio electrónico de barrido (SEM), con los cuales se puede evaluar la topografía de la superficie antes y/o después de su utilización [3].

La TC ofrece la posibilidad de obtener mediante una sola tomografía un volumen 3D de la pieza de trabajo (figura 1), en el que se puede realizar una evaluación dimensional completa, y además, ofrece la posibilidad de analizar la pieza de trabajo internamente, es decir, verificar si existen defectos como porosidad o grietas que quedarían ocultas en un estudio superficial y con esto evitar una posible fractura al momento de su utilización [4]. Este volumen 3D de la pieza también puede utilizarse como punto de partida para realizar análisis de rotura y/o flexión mediante simulación por elementos finitos [5]. También es posible verificar el desgaste de la lima debido al uso, o cuantificar las desviaciones de la superficie durante la fabricación, ya que se pueden realizar comparativas geométricas de la

superficie contra la geometría nominal. Con todas estas posibilidades la TC reúne en una sola técnica la capacidad de realizar una evaluación dimensional, evaluar mediante simulación el comportamiento del material en limas endodónticas y cuantificar el desgaste a través del tiempo, es decir, realizar todas las pruebas que por norma son solicitadas. Para demostrar la aplicación, en este trabajo se analiza mediante TC una pieza tipo ProTaper F1, se explica de manera detallada la metodología utilizada en el análisis de las limas endodónticas y se presentan los resultados obtenidos en las mediciones y las principales conclusiones extraídas.

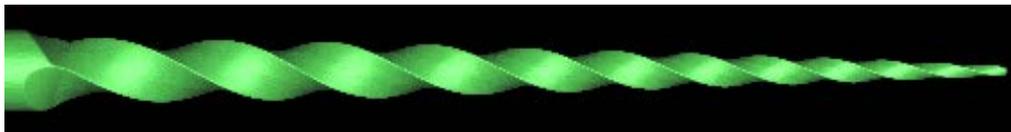


Figura 1. Volumen 3D obtenido de la TC

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Pieza de trabajo

El sistema ProTaper tiene características únicas tales como: conicidad variable, ángulo de hélice variable y paso de la hélice variable, además, se caracterizan por su extraordinaria flexibilidad, eficiencia, seguridad y simplicidad [6]. Para el presente estudio, se utilizó una lima endodóntica marca ProTaper modelo F1 está fabricada con aleación de Ni-TI (figura 2), la cual se caracteriza por tener una mayor conicidad en la punta que va disminuyendo en dirección de la base. Tiene una longitud operativa de 21 mm, un diámetro de punta de 0,2 mm, una conicidad fija entre la punta y los 3 mm del 7% y un diámetro final de aproximadamente 1,20 mm. Además tiene la sección-transversal triangular convexa o “redondeada” [7].



Figura 2. Lima endodóntica ProTaper F1. Fuente: [7]

2.2 Tomografía

Para realizar este estudio fue utilizada una máquina Micro-CT de haz cónico General Electric, con una fuente de rayos X que va desde 50 hasta 80 kV, una resolución máxima de 8 μm y un volumen de trabajo cilíndrico de 44 mm de diámetro por 56 mm de altura. El máximo error permisible de la máquina en medición de longitudes se ha determinado mediante verificación de la misma con patrones calibrados, obteniendo un valor de MPE = $11,4 + L/4 \mu\text{m}$ (L en mm).

Con la finalidad de realizar una precisa calibración de la escala, la pieza de trabajo fue escaneada junto con un patrón calibrado (figura 3). Este patrón consiste en una barra de fibra de carbono con una esfera en cada uno de sus extremos, con una longitud de la barra de 19,910 mm y un diámetro de las esferas es de 1,992 mm. Este patrón fue calibrado en la Universidad de Zaragoza con una MMC con una resolución de 0,1 μm y una incertidumbre $U_{1D,95} = 2,3 + (L/300) \mu\text{m}$ (L en mm).



Figura 3. Utilaje para tomografía de Lima endodóntica y el patrón de bolas.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros utilizados durante la exploración de la pieza de trabajo por tomografía:

Parámetro	Ajuste
Voltaje	90 kV
Corriente	80 μ A
Ángulo de incremento	0.4 grad.
Posición del objeto	67.84 mm
Tamaño de voxel	12 μ m

Tabla 1. Protocolo de exploración

2.3 Metodología

En la siguiente figura se ilustra la metodología a seguir para realizar los análisis propuestos.

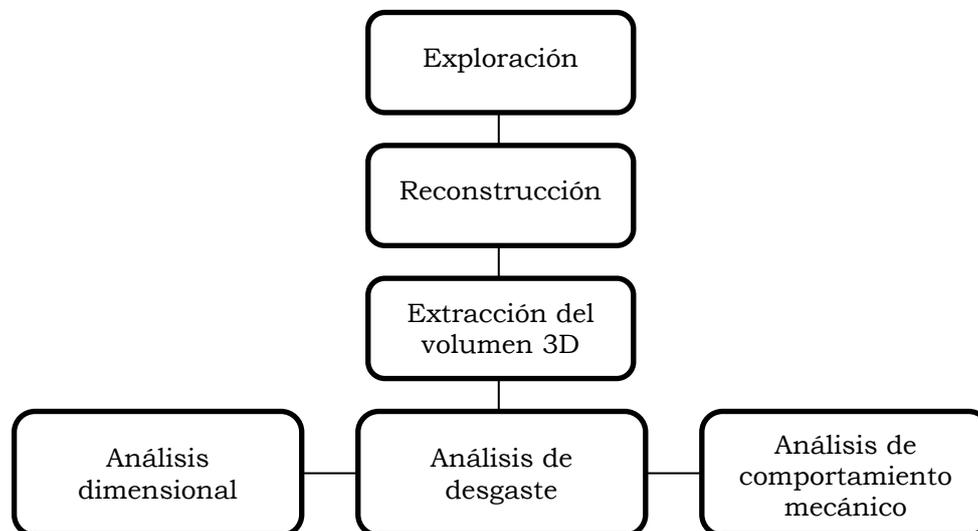


Figura 4. Metodología análisis de la pieza de trabajo.

2.4 Análisis dimensional

Para realizar este análisis se utilizó un software específico para aplicaciones metrológicas, el cual permite importar la geometría extraída de la tomografía para posteriormente crear las características o rasgos necesarios para realizar el análisis dimensional de manera precisa.

La medición de las dimensiones de los instrumentos para conductos radiculares según la norma UNE-EN ISO 3630-1:2008 incluye las longitudes, los diámetros y las conicidades que a continuación se detallan:

- Longitud parte operativa (L1): Parte del instrumento para conductos radiculares, que comprende desde la punta hasta el mango o vástago. (figura 5).
- Longitud parte activa (L2): Parte del instrumento para conductos radiculares que tiene una superficie cortante activa. (figura 5).

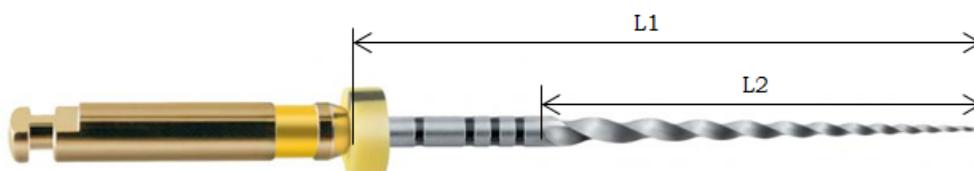


Figura 5. Longitudes L1 y L2. Fuente: [7]

- Diámetro: Se miden los diámetros cada milímetro desde el extremo de la punta de la lima, siendo D1 a 1mm, D2 a 2mm y así sucesivamente. Para realizar esta medición se crearon planos transversales a través del objeto como se muestra en la figura 6.

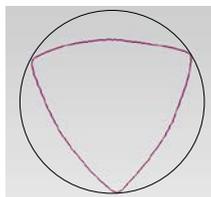


Figura 6. Sección transversal

- Conicidad: Es la relación que existe entre la diferencia entre los diámetros de un tronco de cono y su altura.

Existen dos características particulares en este sistema y que por tanto han sido incluidas en el análisis dimensional.

- Ángulo de la hélice: Es el ángulo formado entre la hélice y el eje axial de la lima, siendo el primer ángulo de hélice (H1) el primer ángulo formado desde la punta hacia la base de la lima. (figura 7).

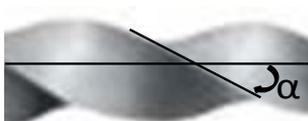


Figura 7. Ángulo de hélice

- Paso de hélice: Es la distancia entre un punto en el borde delantero y el punto correspondiente en el borde adyacente a lo largo del eje longitudinal, siendo el primer paso de hélice (P1) la distancia entre el primer punto y el segundo punto desde la punta de la lima hacia la base (figura 8).

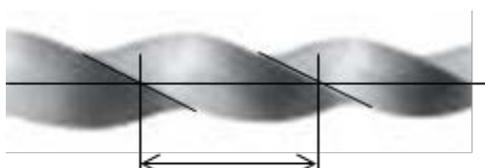


Figura 8. Paso de hélice

2.5 Análisis del desgaste

Otra de las posibilidades que ofrece la CT es la verificación del desgaste de la pieza ya que se pueden realizar comparativas a través del tiempo para evaluar las zonas de mayor desgaste y por consiguiente la evolución del estado de la lima con el uso. Esto puede ayudar a realizar análisis del tiempo de vida recomendado del producto. Los dos factores principales que afectan el desgaste de una lima endodóntica son: 1) El estrés por flexión que depende de la anatomía del conducto, por lo que no está en manos del médico el poder controlarlo y 2) El estrés torsional, que sí se ve influenciado por el médico y mediante un buen control se puede evitar la fractura de la lima [8], por lo que mediante el análisis del desgaste puede incluso tener impacto en la técnica del especialista.

2.6 Análisis de comportamiento mecánico

Los instrumentos rotatorios del tipo níquel-titanio (Ni-Ti) son mucho más flexibles que los instrumentos tradicionales de acero inoxidable [9]. Se han utilizado desde la década de 1990

para mejorar la eficacia y la velocidad de la preparación endodóntica en conductos radiculares curvos. La flexibilidad y la resistencia a la fractura constituyen propiedades esperadas de una lima endodóntica ideal [10,11]. La TC ofrece la posibilidad de evaluar este comportamiento del material de la lima endodóntica u otro instrumento endodóntico similar, mediante simulaciones de análisis de elementos finitos del modelo 3D de la pieza utilizada y no sobre un modelo CAD genérico. De esta forma, junto al aspecto anterior de análisis de desgaste, se pueden desarrollar modelos precisos de comportamiento de las limas que permitan mejorar el desarrollo de futuros productos.

3. RESULTADOS

Los resultados que se presentan en la tabla 2 corresponden únicamente a los resultados obtenidos en la evaluación dimensional de las mediciones con la máquina de TC de la Universidad de Zaragoza, futuras mediciones se van a llevar a cabo con la finalidad de efectuar una comparativa.

Dimensiones	Diámetro (mm)	Conicidad (%)	Angulo de Hélice (Grados)	Paso de la Hélice (mm)
1	0,259	-	-	-
2	0,331	7,200	24,808	0,798
3	0,408	7,450	25,856	0,926
4	0,455	6,533	25,587	1,013
5	0,509	6,250	24,348	1,123
6	0,569	6,200	24,156	1,215
7	0,627	6,133	23,436	1,334
8	0,679	6,000	23,877	1,513
9	0,727	5,850	21,954	1,658
10	0,816	6,189	20,528	1,824
11	0,854	5,950	18,799	1,838
12	0,884	5,682	16,413	2,061
13	0,923	5,533	16,141	-
14	0,957	5,369	-	-
Vástago	1,210	-	-	-

Tabla 2. Resultados de la evaluación dimensional

Respecto al análisis del desgaste y del comportamiento mecánico no se presentan resultados numéricos debido a que en este artículo solo se centra en los resultados dimensionales, dejando como trabajo futuro la realización de otro tipo de análisis.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Queda demostrado que mediante la aplicación de la TC es técnicamente posible evaluar los requisitos generales que por norma se aplican a los instrumentos endodónticos empleando el paquete informático adecuado, quedando pendiente para futuros trabajos un análisis exhaustivo para determinar la capacidad de medida del instrumento y verificar que puede llegar a ser suficiente para este tipo de aplicaciones. Entre las posibles aplicaciones de esta técnica en un futuro destaca la posibilidad de cuantificar el desgaste de las limas mediante comparativas de modelos CAD de la pieza de trabajo en el tiempo. También ofrece la posibilidad de analizar la pieza de trabajo internamente, es decir, verificar si existen defectos como porosidad o grietas que quedarían ocultas en un estudio superficial y con esto evitar una posible fractura al momento de su utilización.

Según la bibliografía, para realizar las evaluaciones anteriormente mencionadas, es necesario utilizar varias técnicas con la finalidad de analizar todos los requisitos de calidad que tienen que cumplir los instrumentos endodónticos, por lo que la TC ofrece la gran ventaja de reunir en una sola técnica la capacidad de llevarlas todas a cabo.

5. REFERENCIAS

- [1] T. Cotton, T. Geisler, D. Holden, S. Schwartz, W. Schindler. *Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography*. J Endod, 33 (2007), 1121-1132.
- [2] ISO 3630-1:2008. *Dentistry. Root-canal instruments. Part 1: General requirements and test methods*.
- [3] U. Inan, C. Aydin, O. Uzun, O. Topuz, T. Alacam. *Evaluation of the Surface Characteristics of Used and New ProTaper Instruments: An Atomic Force Microscopy Study*. J Endod, 33 (2007), 1334-1337.
- [4] JP. Kruth, M. Bartscher, S. Carmignato, R. Schmitt, L. De Chiffre, A. Weckenmann. *Computed Tomography for Dimensional Metrology*. CIRP ann, 60 (2011), 821-842.
- [5] R. Arbab-Chiran, V. Chevalier, S. Arbab-Chirani, S. Calloch. *Comparative analysis of torsional and bending behavior through finite-element models of 5 Ni-Ti endodontic instruments*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 11 (2011), 115-121.
- [6] C. Ruddle. *The ProTaper technique*. Endodontic Topics, 10 (2005), 187-190.
- [7] www.DentsplyMaillefer.com
- [8] E. Berutti, AR. Negro, M. Lendini, D. Pasqualini. *Influence of Manual Preflaring and Torque on the Failure Rate of ProTaper Rotary Instruments*. J Endod, 30 (2004), 228-233.
- [9] R. Kazemi, E. Stenman, L. Spangberg. *A comparison of stainless steel and nickel-titanium H- type instruments of identical design: torsional and bending tests*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 90 (2000), 500-506.
- [10] E. Schäfer, A. Dzepina, G. Danesh. *Bending properties of rotary nickel titanium instruments*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 96 (2003), 757-63.
- [11] G. Yared, GK. Kulkarni, F. Ghossayn. *An in vitro study of the torsional properties of new and used K3 instruments*. Int Endod J, 36 (2003), 764-769.