

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Posgrados**

**Evaluación de áreas no instrumentadas por dos sistemas de instrumentación  
mecanizada rotatoria en canales ovals con el uso de tomografía computarizada.  
Estudio in vitro.**

**Tesis**

**Diego Alejandro Segura García**

**Dr. Raúl Tomás Aponte Rendón  
Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito  
para la obtención del título de Especialista en Endodoncia

Quito, 17 de Diciembre de 2021

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**  
**COLEGIO DE POSGRADOS**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Evaluación de áreas no instrumentadas por dos sistemas de instrumentación mecanizada rotatoria en canales ovales con el uso de tomografía computarizada. Estudio in vitro**

**Diego Alejandro Segura García**

Dr. José Eduardo Maldonado Paredes  
Especialista en Endodoncia  
Director Posgrado de Endodoncia

---

Dra. Paulina Aliaga Sancho  
Especialista en Cirugía Oral  
Decana Facultad de Odontología

---

Hugo Burgos, PHD  
Decano del colegio de Postgrados

---

**Quito, 17 de Diciembre 2021**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: Diego Alejandro Segura García

Código de estudiante: 00214724

C.I.: 1725848731

Lugar y fecha: Quito, 17 de diciembre de 2021

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Gabriel Segura y Nelly García, mis grandes pilares, que gracias a su gran ejemplo, esfuerzo y valores que han sabido inculcarme durante toda mi vida, pude cumplir con este sueño profesional.

Además de su cariño incondicional y sabios consejos que han sido de gran importancia en mi vida.

A mi hermano, Gabriel, por todo su apoyo y consejos que me han guiado en este camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres y mi hermano, por su arduo esfuerzo y apoyo incondicional durante todo este camino, con el fin de que pueda culminar este gran paso en mi vida.

A mi novia Andrea, por su apoyo incondicional durante este tiempo y su importante colaboración para que este estudio pueda haberse llevado a cabo.

A mi director de trabajo de titulación, Dr. Raúl Aponte, por haberme guiado y brindado sus valiosos consejos, además de su ayuda incondicional en todo este proceso.

Por último, agradezco al Dr. Camilo Pulido y al Dr. Andrés Dávila, por su ayuda en la realización del análisis estadístico de los resultados de este estudio, ya que gracias a ellos se ha podido concluir con la presente investigación.

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el porcentaje de áreas no instrumentadas por el sistema de instrumentación TruNatomy Prime en comparación con el sistema XP-endo Shaper. Se eligieron 20 segundos premolares superiores sanos, a los cuales se los dividió en 2 grupos experimentales de 10 dientes cada uno para cada sistema. Posteriormente las muestras fueron llevadas a ser analizadas bajo tomografía computarizada y una reconstrucción 3d con ayuda del software ITK-Snap para establecer el número de áreas no tocadas por cada instrumento en su paso por los canales radiculares. El grupo Xp endo Shaper obtuvo un menor porcentaje de áreas no instrumentadas que el sistema Trunatomy Prime después de realizar el análisis de los resultados.

**Palabras clave:** Untouched walls; XP-endo Shaper; Trunatomy; Cone Beam; unprepared root canal walls; oval shaped canals.

## ABSTRACT

The aim of the present study was to determine the amount of non-instrumented areas by the TruNatomy Prime instrumentation system compared to the XP-endo Shaper system. Twenty healthy upper second premolars were chosen, which were divided into 2 experimental groups of 10 teeth each. Later the samples were taken to be analyzed under computed tomography and a 3d reconstruction with help of ITK-Snap software to establish the amount of non-instrumented areas by each instrument in its passage through the root canals. The Xp endo Shaper group obtained a lower percentage of non-instrumented areas than the Trunatomy Prime system after performing the results analysis.

**Keywords:** Untouched walls; XP-endo Shaper; Trunatomy; cone beam; unprepared root canal walls; oval shaped canals.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
Planteamiento del problema .....	14
Justificación .....	16
Pregunta de estudio .....	17
Hipótesis Nula .....	17
Objetivos .....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos Específicos.....	17
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
Endodoncia.....	19
Anatomía Interna .....	20
Instrumentos Endodónticos.....	21
Metalurgia .....	25
Niti Y Fases. ....	25
Propiedades.....	26
Clasificación de los sistemas mecanizados según su aleación .....	27
Níquel titanio (NiTi).....	27
Níquel Titanio Fase R.....	28
Niti – M-Wire.....	29
Niti CM Wire.....	30
Niti Gold. ....	30
Niti Blue.....	31
Max Wire.....	31
Xp Endo Shaper .....	32
Trunatomy.....	34
Cone Beam .....	37
Radiología en Endodoncia .....	38
Limitaciones de una imagen radiográfica 2D.....	39
CBCT (Cone Beam Computer Tomography).....	39
Ventajas del CBCT en Endodoncia.....	42
<b>METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>43</b>
Diseño.....	43

Muestra .....	43
Protocolo para obtención de imágenes 3d y datos de las muestras .....	52
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
Obtención de Resultados .....	56
Análisis Estadístico .....	57
Discusión .....	59
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>
ANEXO 1. Aprobación comité de Bioética USFQ.....	72
ANEXO 2. Tabla de recolección de datos .....	78
ANEXO 3. Tabla de resultados.....	79

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla #1. Distribución t student .....</b>	<b>58</b>
---	-----------

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura #1. Sistema XPendo Shaper.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura # 2. Sistema TruNatomy .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura # 3. Dientes Seleccionados .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura # 4. Estandarización de las Muestras .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura #5. Decoronación y Aislamiento de las muestras. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura # 6. Troqueles .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura #7. Limas TruNatomy Prime.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura #8. Limas XP endo Shaper .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura #9. Análisis CBCT .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura #10. Grupo TruNatomy.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura #11. Grupo XP endo Shaper .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura #12. Software ITK Snap .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura #13. Comandos ITK Snap .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura #14. Barra de Herramientas ITK Snap.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura #15. Demostración ITK Snap .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura #16. Ejemplo reconstrucción 3D.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura #17. Estadísticas ITK Snap .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura #18. Reconstrucción 3D Pre-instrumentación (rojo) y post- instrumentación (verde) grupo Trunatomy .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura #19. Reconstrucción 3D Pre-instrumentación (rojo) y post- instrumentación (verde) grupo XP endo Shaper .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura #20. Porcentaje de áreas no instrumentadas.....</b>	<b>58</b>

## INTRODUCCIÓN

La preparación químico-mecánica del sistema de conductos radiculares está destinada a limpiar y desinfectar los mismos, con el fin de eliminar el tejido pulpar y bacterias que se encuentren allí alojadas, además ayudará a dar una forma adecuada al canal radicular, permitiendo así una obturación tridimensional, la misma que evitará la reinfección. Los resultados obtenidos en el tratamiento van a depender de un control efectivo de la infección intracanal, es por ello, que los procedimientos químico-mecánicos son de gran importancia ya que, van a ser los responsables de la erradicación o en algunos casos la reducción notable de las bacterias, siendo estos niveles compatibles para promover la cicatrización de los tejidos perirradiculares (Siqueira, et al., 2017).

Aunque como se conoce, cumplir con dicho objetivo se torna un tanto difícil, aun así, con la gran cantidad de instrumentos que se tiene a disposición, debido a las diferentes anatomías que pueden llegar a tener los conductos radiculares, especialmente los canales aplanados u ovalados (Versiani, et al., 2018).

La tecnología CBCT ha tenido gran acogida en endodoncia debido a que permite observar el sistema de conductos radiculares en 3D, ayudando al profesional con su diagnóstico más certero. Actualmente, el Micro CT ha sido utilizado para varios estudios y se le ha venido utilizando con el fin de evaluar la cantidad de superficies no preparadas en el sistema de conductos radiculares, con ello, varios estudios han demostrado que existe una gran cantidad de superficie en los canales radiculares sin preparar siendo especialmente en canales ovales. Varios autores sugieren que las áreas no tocadas albergan restos de biopelículas bacterianas y así también de tejido pulpar (Lacerda et al., 2020).

Por ello, para que la limpieza y la conformación de los canales radiculares sea más eficiente, durante los últimos años se han desarrollado varios instrumentos de níquel titanio (NiTi) con geometría y superficies óptimas (Versiani, et al. 2018).

Recientemente, se desarrolló el sistema TruNatomy, el mismo que tiene una aleación NiTi con tratamiento de calor, y con características especiales, una de ellas es la forma de deslizamiento del instrumento lo que proporciona más espacio para el debridamiento, además de poseer alta resistencia a la fatiga y a la torsión según el fabricante (Elnaghy, Elsaka & Elshazli, 2020).

## Planteamiento del problema

Uno de los objetivos principales de la instrumentación de los conductos radiculares es mantener la forma original de la configuración del conducto. Actualmente, los sistemas de limas rotatorias de níquel-titanio (NiTi) solo pueden actuar mecánicamente en el cuerpo central del espacio del canal, por ello, los canales de forma ovalada representan un desafío único durante los procedimientos de limpieza y conformación (Siqueira, et al., 2017).

Una de las alternativas para visualizar la configuración del sistema de conductos radiculares y puede ser usado para investigar la capacidad de conformación de instrumentos y técnicas es la tecnología de imagen tomográfica computarizada (Cone Beam- CBCT). CBCT es un método no destructivo que puede ser utilizado para comparar la morfología del conducto radicular antes y después de la preparación en dientes extraídos. Un parámetro importante evaluado en varios estudios es la cantidad de superficie del canal no preparado. Se ha revelado que aproximadamente del 10% al 50% de la superficie principal del conducto radicular permanece sin ser instrumentada (Siqueira, et al., 2017).

Estas cifras incrementan cuando se trata de conductos ovales, debido a que estudios de Micro CT, han revelado que un 59.6 a un 79.9% de las paredes de dentina permanecen intactas en dichos canales. (Thomas, et al., 2020)

Los avances metalúrgicos en las limas rotatorias NiTi en las últimas 2 décadas han llevado a preparaciones endodónticas que se pueden lograr de manera más predecible y con un riesgo iatrogénico reducido (Siqueira, et al., 2017). Sin embargo, la instrumentación de canales de forma ovalada a menudo da como resultado superficies no instrumentadas debido a que existen limitaciones en el uso de limas de corte transversal que funcionan muy bien en conductos más circulares y que no son compatibles con la anatomía oval de la mayoría de conductos, impidiendo la total instrumentación de toda el área del sistema de conductos radiculares, ya que en estos casos existen 2 objetivos principales que son: eliminar la dentina circunferencial y evitar la preparación excesiva de la dentina. El intento para superar dichas limitaciones puede resultar en errores de instrumentación como son: sobreinstrumentaciones, perforaciones y transportaciones del canal radicular (Thomas et al., 2020).

La tendencia endodóntica actual se centra en la preservación de estructura dental y con mayor énfasis en la desinfección química debido a que es una parte fundamental en la eliminación de biopelículas. Las áreas no tocadas en los conductos radiculares pueden albergar biopelículas bacterianas, las mismas que serán una fuente persistente de infección, por ello se han desarrollado varios instrumentos los cuales tienen propiedades especiales, que prometen proporcionar un mayor contacto con las paredes del conducto y con esto mejorar la limpieza y al mismo tiempo de conservar la forma original del conducto (Thomas et al., 2020)

## Justificación

El objetivo dentro de la instrumentación de los conductos radiculares es mantener la forma original de la configuración del canal, además de proporcionar una remoción mecánica de biofilm lo cual se torna un tanto difícil especialmente cuando tiene una forma oval, ya que en la actualidad los sistemas de limas rotatorias de níquel-titanio (NiTi) actúan mecánicamente en el cuerpo central del espacio del canal y con ello dejan paredes del conducto sin instrumentar, lo que podría acarrear un fracaso del tratamiento (Siqueira, et al., 2017). Es por lo que, la importancia de este estudio es determinar la capacidad de conformación de un sistema nuevo (TruNatomy) y un sistema conocido (XPendo Shaper), con el fin de establecer el porcentaje de áreas nos instrumentadas que deja cada sistema en el interior de los canales ovales de segundos premolares superiores, la misma que se va a realizar por medio de tomografía computarizada (Cone Beam), teniendo imágenes pre y post operatorias para la debida comparación final entre ambos instrumentos.

XP-endo Shaper consiste en un instrumento rotatorio en forma de serpiente fabricado de una aleación patentada (MaxWire, Martensite Austenite Electropolish Flex). Debido a esta nueva aleación, la lima cambia su forma de acuerdo con la temperatura. Cuando se enfría, en su fase martensítica, la lima se mantiene recta con un tamaño # 30 y una conicidad inicial de 0.01. Sin embargo, cuando se somete a la temperatura corporal, cambia a su fase austenítica asumiendo una forma de serpiente que puede lograr una preparación final mínima del canal de 30 / 0.04 cuando se usa este instrumento solo. Según el fabricante, el instrumento XP-endo Shaper aplica un estrés mínimo a las paredes de la dentina, adaptándose fácilmente a las irregularidades del canal (Silva et al., 2018).

Por otro lado, Trunatomy es un nuevo sistema de limas que según el fabricante ayuda a tener una instrumentación más simple, segura y con una eficiencia de corte mayor a los demás sistemas. Fabricado con un alambre NiTi de 0,8 mm en lugar de un alambre NiTi de 1,2 mm que se utiliza para fabricar la mayoría de las limas, seguido de un tratamiento térmico especial con calor que le confiere super elasticidad, además, TruNatomy afirma tener un riesgo reducido de separación debido a la mayor resistencia a la fatiga cíclica y la flexibilidad según el fabricante. Dicho sistema consta de cinco instrumentos: Orifice modifier (20/.08), Glider (17/.02), Small (20/.04), Prime (26/.04) y Medium (35/.06) (Riyahi et al., 2020).

**Pregunta de estudio**

¿El sistema TruNatomy tendrá un porcentaje de áreas no instrumentadas en los conductos radiculares ovoides similar al sistema XP -endo Shaper?

**Hipótesis Nula**

No habrá diferencia significativa en la cantidad de áreas no instrumentadas de los conductos radiculares entre ambos sistemas de instrumentación.

**Objetivos****Objetivo general.**

Determinar el número de áreas no instrumentadas por los sistemas TruNatomy y XP endo Shaper

**Objetivos Específicos.**

Identificar el sistema mecanizado que deja mayor número de áreas no instrumentadas

Determinar el sistema mecanizado que deja menor número de áreas no instrumentadas

## **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

La revisión de literatura para el presente estudio se realizará a partir de una búsqueda de información en bases de datos digitales como PubMed, EPSCO y Google Académico; además, en revistas y artículos científicos indexados de alto impacto como Journal of Endodontics, International Endodontic Journal, Iranian Endodontic Journal, Australian Endodontic Journal y JADA. Los temas que se incluirán en esta revisión se darán a partir de palabras claves como: Untouched walls; XP-endo Shaper; Trunatomy; Cone Beam; unprepared root canal walls; oval shaped canals; el diseño que se tomará para la revisión será por temas. Cabe destacar que la información acerca del sistema TruNatomy es escasa debido a su reciente lanzamiento al mercado mundial.

## MARCO TEÓRICO

### Endodoncia

La endodoncia es una rama de la odontología que se encarga del estudio de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y los tejidos periapicales, el término endodoncia proviene de las palabras griegas “en” que significa dentro y “odus” que significa diente (Gutmann, 2008).

Endodoncia como especialidad fue reconocida entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, siendo catalogada como la ciencia encargada de la terapia del conducto radicular o patodoncia (Gutmann, 2008).

En la actualidad la endodoncia es la primera opción de tratamiento cuando un diente se encuentra en un estado inflamatorio irreversible o en estado de necrosis de la pulpa, teniendo exitosos resultados que se han podido observar a lo largo del tiempo (Gutmann, 2008).

La preparación de los conductos radiculares tiene como principales objetivos la limpieza, desinfección y brindar forma al conducto radicular, los cuales se lograrán por medio de los efectos mecánicos con la instrumentación y químicos con la irrigación, y es por lo que, a este proceso se lo denomina preparación químico mecánica (Siquiera, Rocas & Ricucci, 2018).

La evolución de las técnicas para llevar a cabo un tratamiento endodóntico ha sido satisfactoria, desde el uso nuevos sistemas de instrumentación con mejores aleaciones que ayudan a tener un resultado mucho más predecible, como también sistemas de

irrigación sónica y ultrasónica para eliminar microorganismos que se puedan encontrar en los canales radiculares, los cuales podrían afectar al tratamiento y hacerlo fracasar (Gutmann, 2008).

### **Anatomía Interna**

Las limas endodónticas tienen como objetivo preparar el canal principal, ya que es la parte más voluminosa del sistema de conductos radiculares y también es la que va a albergar la mayor parte de tejido pulpar, y en casos de necrosis a bacterias y sus productos (Siquiera, Rocas & Ricucci, 2018).

Sin embargo, existen varias condiciones anatómicas que pueden poseer los canales radiculares, los mismos que según su grado de dificultad pueden causar un reto para el profesional al momento de realizar el tratamiento de conducto (Ricucci, Pascon & Siquiera, 2018).

Dentro del sistema de conductos radiculares se ha podido aseverar que el tercio con mayor cantidad de variaciones fisiológicas y patológicas es el tercio apical con un 73.5% , ya que no solo puede presentar ramificaciones y canales laterales sino también diferentes morfologías como son canales ovalados, ovalados largos y aplanados. (Siquiera, Rocas & Ricucci, 2018).

Jou et al (2004), definieron a los conductos ovales, como los que poseen un diámetro hasta 2 veces mayor que el diámetro mínimo y a los ovales largos como un diámetro máximo 2 a 4 veces mayor que el diámetro mínimo.

Las piezas con una alta prevalencia de presentar este tipo de morfologías son los incisivos inferiores, canales distales de molares inferiores y segundos premolares maxilares, siendo los últimos los que se pueden presentar en mayor porcentaje >50% de los casos (Siquiera, Rocas & Ricucci, 2018).

Todas las variaciones anteriormente mencionadas, se tornan un problema para el clínico debido a que la preparación de estos tipos de canales será mucho más difícil, ya que es bien conocido que después de la preparación de estos conductos se puede dejar espacios no instrumentados y con esto restos de tejido y bacterias. Se recomienda una instrumentación con limas rotatorias de características especiales para poder abarcar la mayor cantidad de tejido dentinario (Ricucci, Pascon & Siquiera, 2018).

### **Instrumentos Endodónticos**

Los primeros instrumentos endodónticos se fabricaron en acero de carbono, este material resultó tener una dureza muy alta, teniendo valores más elevados que la dentina. Los problemas que se pudieron observar al momento de usarlos fue que por su alta dureza se hacía bastante difícil su uso en canales curvos, adicionado a esto provocaban iatrogenias como: deformaciones del foramen apical, desviaciones y perforaciones (AG & A, 2019).

Dichos instrumentos fueron fabricados sin ningún criterio clínico, sus fabricantes mencionaban que entre las ventajas que poseían este tipo de instrumentos tenían una alta resistencia a la fractura y alta capacidad de corte. Dichas ventajas fueron opacadas debido a que su uso en combinación con el Hipoclorito de sodio resultaba en altos niveles de corrosión lo cual afectaba directamente a la resistencia de la lima (Haapasalo & Shen, 2013).

Por lo tanto, dentro de la evolución de los instrumentos endodónticos se llegó a los instrumentos fabricados a partir de acero inoxidable los mismos que resolvieron el problema de la corrosión. En 1955, John Ingle introdujo la estandarización de los instrumentos endodónticos, y en 1961 junto con Levine, publican el primer trabajo sobre estandarización de instrumentos, así como de conos de gutapercha y plata (AG & A, 2019).

Años más tarde, la AAE acepta la propuesta de Ingle y Levine, dando lugar a la Organización Internacional de Normalización (ISO) después, en 1976, se aprueban los estándares para la fabricación de las limas y escariadores (AG & A, 2019).

La primera empresa en fabricar este tipo de limas fue Kerr Manufacturing Co., y es por lo que, a estos instrumentos se los denominó Limas K, siendo los más populares a nivel mundial. La parte activa de un instrumento comienza en la punta, la misma que se llama D1 y termina en la parte D2. El aumento cónico por mm es de 0,02 mm de la parte activa alcanzando su extensión de al menos 16 mm. Las longitudes totales de los instrumentos son de 21, 25, 28 y 31 mm, además las limas tienen un código de colores para que su identificación sea más sencilla (Haapasalo & Shen, 2013).

Dentro de las características de las limas manuales tenemos: fabricadas de acero inoxidable, mango plástico de color y numeración, parte activa de 16 mm. El acero inoxidable de las que son hasta ahora hechas este tipo de limas, brinda poca flexibilidad al instrumento provocando que sea complejo su uso en canales con curvaturas, presentando riesgos de iatrogenia, por ello, después de varios años se introdujo la aleación NiTi (Níquel titanio) que hoy en día utilizamos (AG & A, 2019).

El descubrimiento de la aleación NiTi se dio en 1963, por el ingeniero metalúrgico William Buehlerin, el mismo que denominó a su descubrimiento como Nitinol debido a los elementos presentes en su aleación (Níquel y Titatiano) y el nombre del laboratorio donde se produjo (NOL) Navy Ordenance Laboratory of Meryland en Estados Unidos. La aleación Niti pertenece al grupo de aleaciones con propiedades especiales caracterizadas por poseer memoria de forma y super elasticidad (AG & A, 2019).

Con memoria de forma se refiere a que el instrumento una vez deforme puede regresar a su forma original, además esta aleación provee a estas limas de resistencia a la corrosión y buena biocompatibilidad; en cuanto a su composición tiene 56% de níquel y 44% de titanio, la cantidad de cada componente puede variar según el fabricante (Montalvão, Alçada, Braz Fernandes & de Vilaverde-Correia, 2014).

En 1993, Mc Spadden aprovechó las propiedades de la aleación níquel titanio fabricando limas que podían girar dentro del conducto radicular a 360 grados, siendo el primer sistema mecánico, cabe destacar que con la introducción de la instrumentación mecanizada trajo varias ventajas para los profesionales, pero también surgieron problemas como la separación de instrumentos dentro de los conductos radiculares (AG & A, 2019).

Las limas en endodoncia son fabricadas de dos maneras: la primera es la torsión, la misma se da cuando se toma un alambre de sección circular, por lo general de acero inoxidable el mismo que va a sufrir un desgaste en sus lados obteniendo así superficies planas que después producirán la sección de la futura lima. Generalmente las secciones en este tipo de fabricación pueden resultar siendo cuadrangulares, triangulares o

romboidales. Una vez obtenida la sección deseada el alambre se mantiene en sus extremos y se tuerce para obtener la parte activa de la lima (Zhou, Peng & Zheng, 2013).

La otra forma es por desgaste, en la que se utiliza un alambre de sección circular, que va a ser introducido en 2 tornos que generan desgaste del alambre, resultando en el perfil de sección deseado. Se debe tener en cuenta que las limas que son fabricadas a partir de esta técnica van a tener menor resistencia que las que son fabricadas por torsión, debido a que el desgaste provocará que la lima pierda masa y con ello su resistencia se ve afectada (AG & A, 2019).

Es importante saber que el acero inoxidable se lo puede utilizar en ambas técnicas, mientras que la aleación níquel titanio solamente puede ser utilizada en la técnica de desgaste, debido a su memoria de forma y su super elasticidad (Montalvão, Alçada, Braz Fernandes & de Vilaverde-Correia, 2014).

En los últimos años han existido nuevas generaciones de instrumentos endodónticos con varias evoluciones en términos de características del cristal o transformaciones de fase del instrumento (metalurgia), además de que varias limas poseen un tratamiento superficial con el fin de mejorar la eficacia de este en su paso por los canales. (Harshavardhan et al, 2021).

Es por lo que, es necesario conocer el tipo de tratamiento que recibe cada lima para poder emplearlas en los diferentes casos que se presenten, como conductos calcificados, conductos con curvaturas, además del diagnóstico específico de cada pieza, con el fin de tener un resultado mucho más predecible y evitar errores en cada tratamiento (Harshavardhan et al, 2021).

## **Metalurgia**

### **NiTi Y Fases.**

El níquel y el Titanio son metales de transición ya que tienen propiedades tanto de metales como de no metales, además las aleaciones de NiTi generalmente tienen una naturaleza equiatómica con relación 1:1. Las características principales de los instrumentos NiTi son su memoria de forma y la super-elasticidad, las mismas que se pueden dar a partir de una transformación de fase microestructural (Harshavardhan et al, 2021).

La aleación NiTi tienen 3 formas diferentes: Austenita, Martensita y Fase R, siendo la última una fase intermedia (Haapasalo & Shen, 2013).

La fase austenita tiene una estructura cúbica centrada en el cuerpo que solo se produce a altas temperaturas y baja tensión exhibiendo una característica rígida, mientras que la fase martensítica tiene una estructura cúbica centrada en la cara que se produce a bajas temperaturas y alta tensión exhibiéndose con una característica suave y dúctil (Zhou, Peng & Zheng, 2013).

Entonces, se puede decir que la propiedad de super-elasticidad en la aleación NiTi se da a partir de la transformación del estado austenítico estable a la martensita inestable inducida por la tensión que provoca el regreso a su forma original en la descarga (Zhou, Peng & Zheng, 2013).

Por otro lado, la propiedad de memoria de forma de la aleación NiTi se da por la transformación de un estado austenítico estable (reorientación martensítica), que es la propiedad controlada por calor y no se recuperará la forma original en la descarga, todo

esto permite que la aleación retome su forma original y se mantenga cuando aumenta su temperatura por encima de la temperatura de transición (Zhou, Peng & Zheng, 2013).

### **Propiedades.**

Durante el uso de un instrumento de aleación Niti se ha observado que el mismo presenta un comportamiento de tensión-deformación que representa de mejor forma a las variaciones en las configuraciones cristalinas de la aleación (Zhou, Peng & Zheng, 2013).

El comportamiento normal de un instrumento dentro de un conducto radicular se da con una transformación de la fase austenita a martensita, para que luego de esto la lima entre en un estado de elasticidad y deformación plástica. Cuando se termina de instrumentar toda esta secuencia se invierte, dándose una disminución en la tensión elástica y además existe un cambio de fase del instrumento de martensita a austenita. Por último, mientras se disminuye la flexión, la tensión elástica se reduce a cero (Walsh, 2004).

Se conoce que una vez finalizado este proceso una cantidad permanente de deformación angular va a permanecer en el instrumento lo cual solo sucede en los instrumentos de aleación NiTi. Otras aleaciones pueden sufrir una deformación permanente, pero se diferencian de la aleación NiTi en que ésta si puede regresar a su forma original por su propiedad de super-elasticidad (Walsh, 2004).

Mientras que la propiedad de memoria de forma se la observa cuando se tiene un instrumento de NiTi con tratamiento térmico, la lima va a permanecer en un estado austenítico estable tanto a temperatura ambiente como la corporal, pero cuando son introducidos en los conductos radiculares se produce un cambio a un estado martensítico

inducido por el estrés, aunque cuando se alivia la tensión y el instrumento regresa a temperatura ambiente regresa a un estado austenítico (Walsh, 2004).

Esta transformación reversible entre una fase austenítica y martensítica es de gran importancia clínica, cabe mencionar que cuando el instrumento se estresa o se enfría el NiTi la fase austenítica puede tener una transformación en dos fases: la fase martensítica y la fase intermedia o fase R la misma que tiene una estructura cristalina romboédrica (Walsh, 2004).

Se conoce como temperatura de transformación a la temperatura que induce a la conversión entre un estado martensítico a un austenítico, la cual va a ser específica para dar inicio y fin a cada fase. Generalmente el rango de temperatura de transformación es inferior a la temperatura corporal (Walsh, 2004).

Si la temperatura de transformación austenítica es menor que la corporal, se va a dar un efecto super-elástico, por otro lado, si la temperatura corporal es menor que la temperatura de transformación martensítica se da la propiedad de memoria de forma (Harshavardhan et al, 2021).

### **Clasificación de los sistemas mecanizados según su aleación**

#### **Níquel titanio (NiTi).**

Son instrumentos fabricados a partir de la aleación de níquel titanio, la misma que provee de propiedades especiales como son la super elasticidad y memoria de forma. Esta categoría de limas ofrece una calidad superior con respecto a la resistencia y a la flexibilidad. Dentro de las ventajas que se tiene con estas limas se tiene que ayuda a

reducir el tiempo de trabajo del operador, mayor confort para el paciente y menor dolor post operatorio (Anderson, Price & Parashos, 2007).

Dentro de las desventajas, se ha podido observar que este tipo de limas se recomienda usarlas una sola vez y con ello incrementa el costo para el profesional, aumenta el riesgo de fractura del instrumento y además no brindan una limpieza eficiente de los canales planos (Anderson, Price & Parashos, 2007).

### **Níquel Titanio Fase R.**

Estos instrumentos son fabricados a partir de una aleación NiTi fase R (Romboidal) teniendo una composición netamente de austenita, fueron introducidos en el mercado por la casa Sybron Endo en el 2008. En esta categoría aparecen direccionados a mejorar las propiedades de la aleación anterior incrementando la flexibilidad y reduciendo el riesgo de fractura siendo creados a partir de diferentes procesos de tratamiento térmico y también por torsión (Alapati et al., 2009).

La fase R es una fase intermedia que se da a partir de la transformación directa de martensita a austenita en calor y de austenita a martensita en frío (Alapati et al., 2009).

En cuanto a las ventajas de este tipo de instrumentos se tiene una alta resistencia a la fatiga cíclica y torsional, menos índice de fractura, mayor eficiencia de corte disminuye el tiempo de trabajo y con ellos el estrés del profesional, provee menor cantidad de molestias post operatorias y con ello un mayor confort para el paciente, cabe destacar que no solo se pueden fabricar instrumentos rotatorios sino también reciprocantes con este tipo de aleación (Alapati et al., 2009).

Por otro lado, las desventajas de esta aleación es que incrementa el costo al profesional ya que se recomienda su uso único. Entre los sistemas que se encuentran en Fase R son Twisted File, Twisted File Adaptive y K3XF (Alapati et al., 2009).

### **Niti – M-Wire.**

M-wire (Martensitic Wire) es una aleación introducida en el 2007 por Dentsply, fue producida a partir de la aplicación de una serie de tratamientos térmicos a los espacios en blanco del alambre NiTi (Haapasalo & Shen, 2013).

Una característica representativa en esta aleación es la temperatura de acabado de la austenita que oscila entre 40 a 50° siendo más alta que la temperatura normal y le brinda a la lima una composición combinada de fase austenita, fase R en pequeñas cantidades y martensita, por ende, le confiere super-elasticidad (Haapasalo & Shen, 2013).

Esta aleación se caracteriza por brindarle al instrumento un bajo módulo de elasticidad en comparación con los instrumentos de aleación níquel titanio convencional, y es por esa razón que son altamente flexibles (Haapasalo & Shen, 2013).

Dentro de las ventajas que provee esta aleación a los instrumentos es una alta resistencia a la fatiga cíclica y torsional, menor índice de fractura, mejor eficiencia de corte siendo un 15% más flexible que la aleación níquel titanio convencional, menor tiempo de trabajo (Haapasalo & Shen, 2013).

Dentro de los instrumentos con tecnología M-Wire tenemos: ProFile, Vortex, Profile GT Series X, Protaper Next (AG & A, 2019).

**Niti CM Wire.**

Esta aleación fue introducida en 2010, fabricada completamente en martensita y se caracteriza por su control de memoria y su alta flexibilidad. Se encuentra indicada para canales radiculares con anatomía compleja, tiene una alta resistencia a la fatiga cíclica, menor índice de fractura siendo un 300% más resistente según el fabricante, mayor eficiencia de corte, más flexibilidad, menor tiempo de trabajo, pero se encuentran contraindicadas en conductos amplios y rectos (Hou et al., 2011).

Entre los instrumentos con esta aleación se tiene: HyFlex CM, Hyflex EDM y V-taper 2H (Hou et al., 2011).

**Niti Gold.**

Esta aleación es fabricada a partir del Níquel Titanio convencional con tratamiento de oro. Es un 80% más flexible que las limas convencionales, tiene más resistencia a la fatiga cíclica siendo un 150% más. Esta aleación también es usada en la elaboración de sistemas reciprocantes, el tratamiento de calos corresponde a predeterminedar los ciclos de frío y calor las que han sido patentadas por el fabricante es por ello que al fabricar limas con este procedimiento se crea una capa de óxido de titanio sobre la superficie de la lima lo cuál le hace tener la apariencia de ser dorada (AG & A, 2019).

El proceso de fabricación de la aleación gold tiene como objetivo modificar la matriz cristalográfica de la aleación NiTi, por medio de la transformación de temperaturas entre las fases austenita y martensita, teniendo como resultado limas más flexibles a la fatiga cíclica y siendo muy deformables. Cabe mencionar que este tratamiento térmico se lo lleva a cabo una vez que el instrumento ha sido fabricado (AG & A, 2019).

**Niti Blue.**

Son fabricadas a partir de una aleación NiTi con tratamiento blue, son creados con un innovador tratamiento termo-mecánico, el mismo que va a ser el encargado de modificar la estructura molecular de la lima proveyendo de un incremento en la resistencia a fatiga cíclica, mayor flexibilidad y mejor control de memoria y su característico color azul (AG & A, 2019).

Los instrumentos con este tipo de aleación se encuentran indicados para canales que presentan una anatomía muy compleja ya que los mismos son muy flexibles, tienen una gran resistencia a la fatiga cíclica que según estudios se ha podido observar que tienen un 65% más resistencia a la fatiga que los instrumentos fabricados en aleación M Wire y un 99% más resistentes que los instrumentos NiTi convencionales (AG & A, 2019).

Además, tienen una gran resistencia a la torsión, ofrece menor tiempo de trabajo para el profesional, reducido efecto de memoria y es por ello que el instrumento puede pre-curvarse generando menor resistencia del instrumento al ser introducido dentro del canal (AG & A, 2019).

**Max Wire.**

Esta aleación fue presentada por FKG Dentire en 2015, siendo el avance más reciente en limas tratadas termomecánicamente. Dentro de sus características, la más importante es que estas limas poseen memoria de forma y super-elasticidad durante la aplicación clínica (AG & A, 2019).

Estos instrumentos a temperatura ambiente se mantienen rectos, pero al ingresar al conducto radicular exhiben su memoria de forma pasando de una fase Martensítica a

una Austenítica y brindando super-elasticidad durante la instrumentación (AG & A, 2019).

Dentro de los instrumentos que poseen esta aleación tenemos: XP-Endo Shaper y XP-Endo Finisher (AG & A, 2019).

### **Xp Endo Shaper**

El XP-endo Shaper es la última incorporación a la gama XP-endo. Es un innovador instrumento de conformación que se puede utilizar para simplificar radicalmente las secuencias endodónticas. La razón que llevo para desarrollar esta nueva lima fue la necesidad de limpieza del conducto 3D y el énfasis puesto que los tratamientos menos invasivos han aumentado en los últimos años (FKG, 2020).

La aleación MaxWire de esta lima le otorga super-elasticidad, flexibilidad extrema y agilidad del instrumento, por ello tiene principios de memoria de forma que le permiten al instrumento para tomar una forma predefinida a 35 ° C y la capacidad de expandirse dentro del conducto radicular (FKG, 2020).

Las tecnologías MaxWire y Booster Tip se combinaron para hacer que el XP-endo Shaper sea un conformador de una lima. Gracias al Booster Tip (BT), el XP-endo Shaper se beneficia de una geometría única, con seis bordes cortantes en la punta. La punta BT respeta la trayectoria del canal, mientras elimina más tejido con cada pasada. Eso permite que el instrumento comience a dar forma a un diámetro ISO más pequeño que el del instrumento (FKG, 2020).

Tiene la capacidad para iniciar la conformación con un diámetro ISO de 15 y alcanzar un diámetro ISO 30 y también para aumentar la conicidad de .01 hasta al menos .04. Permite alcanzar una conformación de conducto mínima de 30/.04 con tan solo un instrumento. El XP-endo Shaper es el instrumento ideal para el tratamiento de la inmensa mayoría de conductos, además, por su forma de serpiente y a una rotación continua de 800 a 1000 rpm con un torque mínimo de 1 Ncm, se puede alcanzar una limpieza y conformación adecuada de los conductos radiculares. Cabe resaltar que el fabricante menciona que este sistema de ser utilizado en movimiento de cepillado, y además, se lo puede usar adicionalmente para retratamientos debido al diseño único de esta lima y la rotación de alta velocidad (1000 a 2500 rpm) mejoran la eficiencia de la plastificación de gutapercha. Además, tiene una capacidad mejorada de penetración y efectividad de retratamiento, en comparación con otros sistemas de limas únicas (FKG, 2020).

Se lo puede encontrar en longitudes de 21, 25 y 31 mm, el blíster viene pre-estéril y en varias presentaciones (FKG, 2020).



**Figura #1. Sistema XPendo Shaper**

### **Trunatomy**

El sistema Trunatomy es el último sistema lanzado por Dentsply Sirona. La fabricación de estos instrumentos es hecha a partir de un alambre Niti 0.8 a comparación de la mayoría de los sistemas los cuales son fabricados a partir de un alambre 1.2 mm de diámetro, además los instrumentos de conformación tienen una sección transversal de paralelogramo descentrado (Van der Vyver et al. 2019).

Estos instrumentos fueron diseñados para la preparación del sistema de conductos radiculares con una conicidad constante y preservando la dentina pericervical. Este nuevo sistema ofrece varias ventajas al clínico entre ellas simplicidad, seguridad, aumento de la eficiencia de corte y mejores propiedades mecánicas al ser comparados con otros sistemas rotatorios (Van der Vyver et al. 2019).

El tratamiento térmico post fabricación que reciben estas limas ha sido refinada con el objetivo de brindarle al instrumento propiedades NiTi superelásticas. Debido a la super-elasticidad de estas limas el instrumento podría verse ligeramente curvado al ser retirado de un conducto radicular curvo ya que el metal tiene menos memoria de forma al ser comparados con el NiTi o MWire, aunque cabe mencionar que la lima volverá a su forma natural al ser colocado en el conducto radicular en el que seguirá la anatomía propia del canal (Van der Vyver et al. 2019).

El fabricante menciona que una gran ventaja de la memoria reducida que poseen este tipo de instrumentos es que en piezas con un difícil acceso a los canales esta lima puede pre-curvarse ligeramente para permitir su fácil colocación dentro del conducto (Van der Vyver et al. 2019).

Todos los instrumentos que pertenecen a este sistema tienen un mango reducido de 9.5 mm para ayudar con el acceso recto de los instrumentos a los conductos radiculares, sin embargo, tienen una reducción regresiva a medida que el instrumento avanza coronalmente lo que permite que la lima mantenga su diámetro máximo de flauta de 0.8mm (Dentsply, 2019).

Este sistema consta de 5 instrumentos que son:

Orifice Modifier: de diámetro 20 con conicidad 0.6 que cuenta con una sección transversal triangular con una parte activa de 7.5mm, longitud total de 16 mm (Dentsply, 2019).

Glider: con un diámetro 17 con conicidad 0.2 y una sección transversal de paralelogramo centrado, parte activa de 14 mm y se presenta en longitudes de 21, 25 y 31 mm (Dentsply, 2019).

Small: Con diámetro de 20 y conicidad 0.4, con sección transversal de paralelogramo descentrado, parte activa de 16mm, su presentación viene en longitudes de 21, 25 y 31 mm, y tiene un tope de color amarillo (Dentsply, 2019).

Prime: Es el instrumento más utilizado de este sistema, cuenta con un diámetro de 26 y conicidad 0.4, con una sección transversal de paralelogramo descentrado, parte activa de 16mm, su presentación viene en longitudes de 21, 25 y 31 mm, y tiene un tope color rojo (Dentsply, 2019).

Medium: Con diámetro 36 y conicidad 0.3, con una sección transversal de paralelogramo descentrado, parte activa de 16mm, su presentación viene en longitudes de 21, 25 y 31 mm, tiene un tope de color verde (Dentsply, 2019).

Todos los instrumentos que tiene este sistema han sido diseñados para funcionar bajo rotación continua con una velocidad de 500rpm con un torque de 1.5 Ncm (Dentsply, 2019).



**Figura # 2. Sistema TruNatomy**

### **Cone Beam**

Desde que Kells en el año de 1899 reportó que en un radiograma no podía ver una lima que durante su procedimiento se había separado en un canal, entonces es ahí que la radiografía tomó la posta como una herramienta indispensable para realizar el tratamiento de endodoncia (Patel et al., 2019).

Un siglo más tarde, varios expertos direccionaron el uso de CBCT en odontología, dándose que en 1996 se realizó la primera tomografía maxilofacial para ser aplicada en el uso endodóntico por medio de una imagen en 3D (Patel et al., 2019).

## **Radiología en Endodoncia**

Una herramienta indispensable para realizar un tratamiento endodóntico es la radiografía, ya que esta permite al profesional complementar su diagnóstico clínico por medio de una imagen en la que se pueden observar la cámara pulpar, los canales, obturación, la cicatrización de patologías periapicales (Patel et al., 2019).

### ***Evaluación Preoperatoria.***

Las radiografías permiten la visualización de la morfología de los tejidos duros como el diente o el hueso alveolar y sus alteraciones patológicas para tener un buen diagnóstico. Provee de información como: número de canales, tamaño de la cámara pulpar y grado de calcificación, además de estructura radicular, curvaturas, fracturas, defectos iatrogénicos y extensión de la caries dental (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

Las radiografías convencionales también han sido utilizadas como medio diagnóstico de grado de reabsorción, características de patologías periapicales y osteólisis (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

### ***Intraoperatorio.***

Durante la terapia endodóntica las radiografías ayudan para determinar la longitud de trabajo que vamos a tomar para poder realizar el tratamiento, obviamente sumado a la utilización de un localizador apical, además permite observar que la obturación de ese canal sea compacta y a la longitud correcta (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

### ***Postoperatorio.***

Una radiografía postoperatoria es necesaria para evaluar la obturación final del canal y si la pieza se encuentra asociada a una patología periapical poder visualizar el grado de curación de esta (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

### **Limitaciones de una imagen radiográfica 2D.**

Una radiografía intraoral periapical se da por medio de una transmisión, atenuación y registro de rayos X en una película analógica o digital, para ello se necesita que el generados de rayos X, el diente y la película se encuentren bien alineados para que se proporcione una imagen lo más precisa posible de la pieza a estudiar, ya que si uno de los componentes se ve comprometido la imagen resultante del mismo será deficiente y no aportará para llevar a cabo el tratamiento de mejor manera (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

La imagen que es el resultado de este proceso es una representación bidimensional de un objeto tridimensional. Las características 3D como la anatomía compleja y las estructuras circundantes al diente pueden causar dificultades al interpretar en una imagen 2D, lo que resultará en que el tratamiento no sea realizado adecuadamente (Patel et al., 2019).

### **CBCT (Cone Beam Computer Tomography).**

El Cone Beam o tomografía computarizada de haz cónico CBCT es una evolución del concepto de TC (Tomografía computarizada), en la que se tiene una rotación única de la fuente de Rx alrededor de un punto fijo dentro de la región de interés (ROI), los datos adquiridos son analizados y reconstruidos a partir de un algoritmo de TC, con esto se

genera un volumen de datos que serán observados en 3 planos (coronal, sagital y axial) (Sacrfe & Bds, 2007).

Mediante la rotación única el Cone Beam proporciona imágenes radiográficas 3D precisas e inmediatas, por todo lo mencionado esta herramienta ha tenido un gran impacto en Odontología (Sacrfe & Bds, 2007).

### ***Dosis.***

Se debe tener en cuenta que los beneficios que brinda un CBCT debe equilibrarse con niveles más altos de radiación en comparación con las radiografías convencionales. La dosis efectiva de un CBCT según el campo de visión (FOV) grande, mediano y pequeño se encuentra en 212, 177 y 84  $\mu\text{Sv}$  (Microsievert) respectivamente (Ludlow et al., 2015).

El rango utilizado para un campo de visión pequeño oscila entre los 5 a 146  $\mu\text{Sv}$ , aunque varios tomógrafos por defecto poseen una exposición de 30  $\mu\text{Sv}$  obteniendo buenas imágenes (Ludlow et al., 2015).

### ***Tipos de CBCT.***

Se los puede clasificar de la siguiente manera:

- Posicionamiento del paciente
  
- Volumen de escaneo
  
- Funcionalidad clínica

(Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

### ***Posicionamiento del Paciente.***

Este va a depender mucho del sistema que va a ser empleado, ya que el CBCT maxilofacial se lo puede realizar con el paciente en 3 posiciones diferentes: sentado, de pie y supino. El equipo que necesita que el paciente se encuentra en la posición supino limita a personas que sufren de alguna discapacidad, mientras que el equipo que necesita el paciente de pie no se pueda acomodar a pacientes que se encuentren en sillas de ruedas (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

Se menciona que los equipos en donde el paciente puede sentarse resultan ser más confortables, sin embargo, se menciona que como los tiempos de exposición pueden ser similares o mayores a los utilizados en imágenes panorámicas es el reposacabezas más importante que la posición del paciente (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

### ***Volumen de Escaneo.***

El volumen de escaneo o FOV va a depender principalmente del tamaño y la forma del detector. El FOV puede ser cilíndrico o esférico y la colimación del haz primario de Rx va a limitar la exposición a la región de interés (ROI). Según la altura del volumen de escaneo, el uso de unidades se puede diseñar de la siguiente forma (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

- Región localizada: 5cm o menos
- Inter-arco: 7 - 10cm
- Maxilofacial: 10 – 15 cm
- Craneofacial: mayor a 15 cm

Mientras el volumen de escaneo sea bajo la resolución de las imágenes va a ser alta. Se recomienda que en una tomografía para endodoncia no se exceda los 200  $\mu\text{m}$  (Scarfe, Levin, Gane & Farman, 2009).

### ***Funcionalidad Clínica.***

Los sistemas multimodales híbridos tienen la capacidad de combinar una radiografía panorámica con un CBCT de campo de visión pequeño a mediano, entre las ventajas que ofrecen dentro del campo endodóntico se tiene que un campo de visión pequeño con una resolución de 0,076mm del tamaño del vóxel logran una exposición muy baja a radiación ionizante con tiempos de reconstrucción más cortos (Patel, 2019).

### **Ventajas del CBCT en Endodoncia.**

La ventaja más importante del CBCT es que brinda las diferentes características anatómicas en 3D a comparación con radiografías intraorales convencionales que no lo hacen. Los equipos CBCT tienen con función reconstruir los datos de proyección para que el clínico pueda observar las imágenes en los tres planos ortogonales (axial, sagital y coronal) (Patel et al., 2019).

## **METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Diseño**

El presente estudio es de tipo experimental, observacional, analítico, descriptivo y comparativo. Se determinará la cantidad de áreas no instrumentadas en conductos radiculares ovales de segundos premolares superiores después de ser preparados con 2 sistemas de instrumentación (TruNatomy Prime y XP-endo Shaper). Se utilizarán 20 dientes, y se los dividirá en dos grupos experimentales de 10 dientes cada uno a los cuales van a ser preparados utilizando los dos sistemas propuestos bajo las instrucciones del fabricante. Todas las muestras serán analizadas bajo tomografía computarizada (Cone Beam) antes y después de que las muestras sean preparadas, con el fin de comparar por medio de imágenes el sistema que dejó mayor número de paredes no tocadas en su paso por los conductos radiculares. Cabe mencionar que el procedimiento será llevado a cabo por un mismo operador.

### **Muestra**

Después de la aprobación del comité de ética de la Universidad San Francisco de Quito, se seleccionaron 20 segundos premolares superiores sanos extraídos para ser parte de este estudio.



**Figura # 3. Dientes Seleccionados**

Todos los dientes, previo al estudio se mantuvieron sumergidos en solución salina a 25°C. Todas las muestras fueron sujetas a una evaluación radiográfica previa para comprobar que cumplan con el requisito de tener un conducto único, y el mismo presente una forma oval.

Se tomaron radiografías bucolinguales y mesiodistales de cada pieza seleccionada, solo se consideraron conductos ovals los que en los resultados radiográficos mostraron una dimensión bucolingual 2 a 4 veces mayor comparada con la dimensión mesiodistal a los 5 mm del ápex.

Una vez seleccionadas las piezas para el presente estudio, fueron sometidas a una limpieza externa con hipoclorito de sodio al 5.25% y curetaje con el fin de retirar restos de tejido y posibles cálculos presentes, seguido de esto todas las piezas fueron estandarizadas a 16mm con ayuda de un calibrador electrónico sumado a la decoronación de las respectivas muestras.



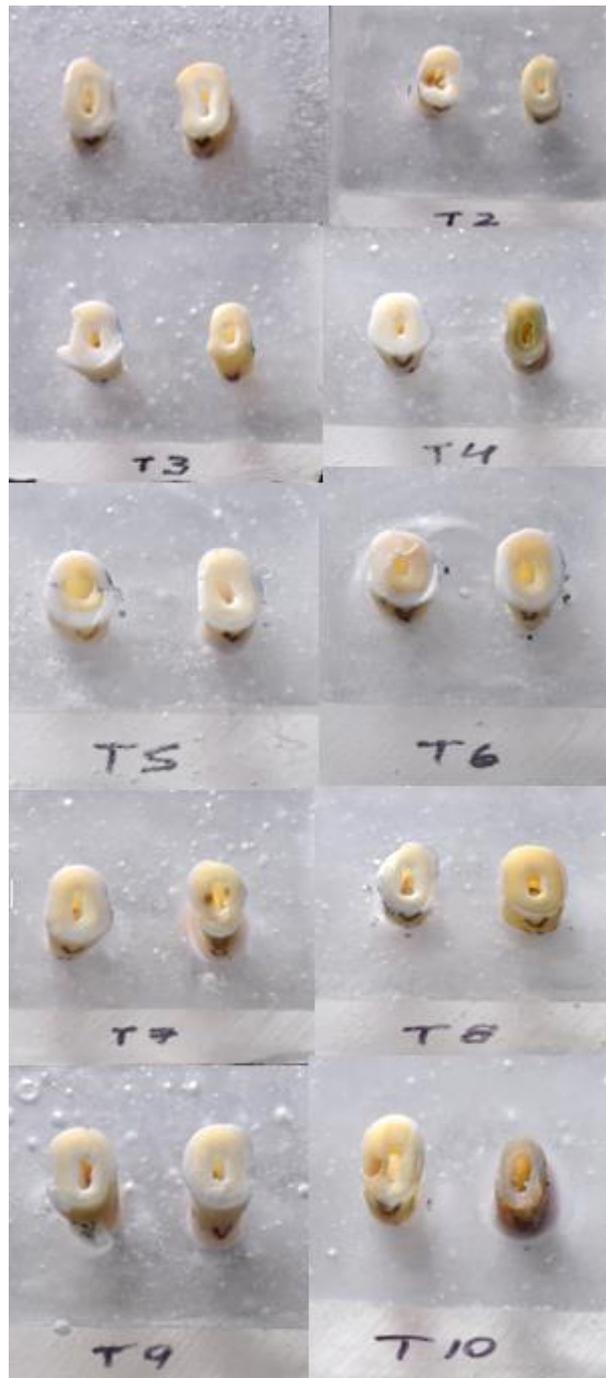
**Figura # 4. Estandarización de las Muestras**

Una vez realizada la decoronación se procedió a hacer los accesos camerales de cada diente con una fresa redonda de diamante y se comprobó la permeabilidad de los canales.

Posteriormente, se fabricaron 10 troqueles de acrílico transparente de 2 piezas cada uno para facilitar la adquisición de las imágenes del CBCT. Las piezas antes de ser sumergidas en el acrílico fueron recubiertas con cera base en el área radicular con el fin de que no ingrese ni exista un tapón apical de acrílico en los dientes y mantengan la permeabilidad.



**Figura #5. Decoronación y Aislamiento de las muestras.**



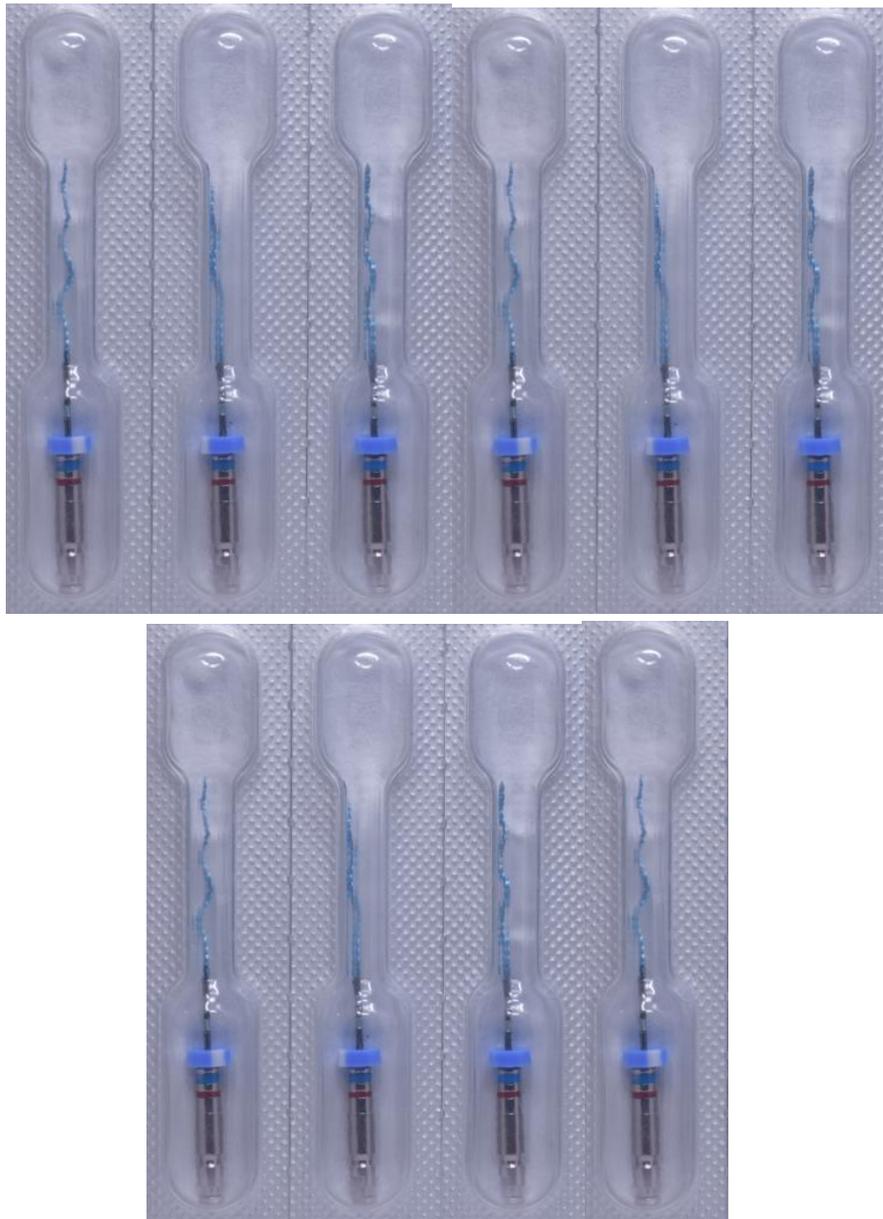
**Figura # 6. Troqueles**

Después, las muestras elegidas para el estudio fueron llevadas al Cone Beam, obteniendo así imágenes preoperatorias de los conductos radiculares. Las muestras fueron divididas en 2 grupos experimentales de 10 dientes cada uno, los cuales fueron asignados

de manera aleatoria para ser preparados por los sistemas TruNatomy Prime y XP endo Shaper



**Figura #7. Limas TruNatomy Prime**



**Figura #8. Limas XP endo Shaper**

Con los dos grupos experimentales establecidos y ya obtenidas las imágenes preoperatorias de cada grupo se procedió a permeabilizar los conductos con una lima k 10, y tomar una longitud de trabajo con una lima k15, siendo el conducto irrigado con 2ml de NaOCl al 2.5% entre lima y lima.

Una vez realizada la permeabilización de los conductos, para el grupo TruNatomy, se utilizó el instrumento Prime 26/.04, siendo utilizado bajo las instrucciones del fabricante con velocidad de 500rpm y torque 1.5 Ncm, introduciéndolo en el conducto de 3 a 5 movimientos de entrada y de salida hasta alcanzar la longitud de trabajo, si el instrumento no alcanzó la longitud de trabajo; se irrigó el conducto con 2 ml de NaOCl al 2.5%, se realizó patencia con una lima k10, y se repitió el procedimiento propuesto, además cabe mencionar que existió una irrigación con 2ml NaOCl al 2.5% entre lima y lima. El mismo proceso se realizó en el grupo de XP-endo Shaper a diferencia de que el fabricante indica que se la use a una velocidad de 800 a 1000 rpm y a 1Ncm de torque, todos los instrumentos fueron descartados después de su uso. Al final de la preparación de los canales se hizo una irrigación final de 2ml de NaOcl al 2.5%, los conductos fueron secados con puntas de papel para su posterior análisis bajo el CBCT, con el fin de obtener las imágenes post operatorias y con eso llevar las imágenes obtenidas al software de reconstrucción ITK-Snap para determinar el número de áreas no instrumentadas en los conductos radiculares por cada sistema probado.



**Figura #9. Análisis CBCT**

Se debe conocer que todas las preparaciones fueron realizadas por un solo profesional utilizando un motor endodóntico XSmart Plus.



**Figura #10. Grupo TruNatomy**



**Figura #11. Grupo XP endo Shaper**

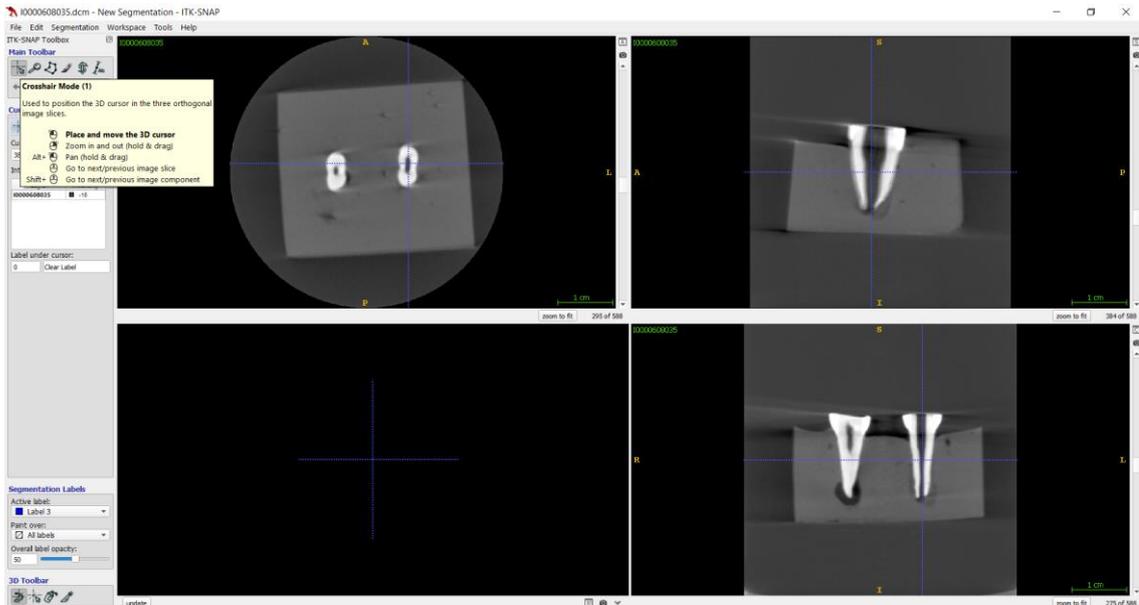
### **Protocolo para obtención de imágenes 3d y datos de las muestras**

Mediante el uso del software ITK Snap versión 3.8.0 (actualización 12 de junio del 2019) se procedió al análisis de imágenes en formato DICOM obtenidas de un equipo tomográfico computadorizado OP 3D Pro KAVO de última generación de los troqueles con la presencia de 2 elementos dentales los cuales presentaron una pre y post instrumentación de los canales radiculares con las limas TruNatomy y XP endo Shaper.

Se procedió a realizar un análisis volumétrico específicamente del canal radicular para determinar la presencia de un cambio o diferencia de las estructuras trabajadas. El análisis volumétrico fue obtenido del mismo software después de haber realizado la segmentación deseada.

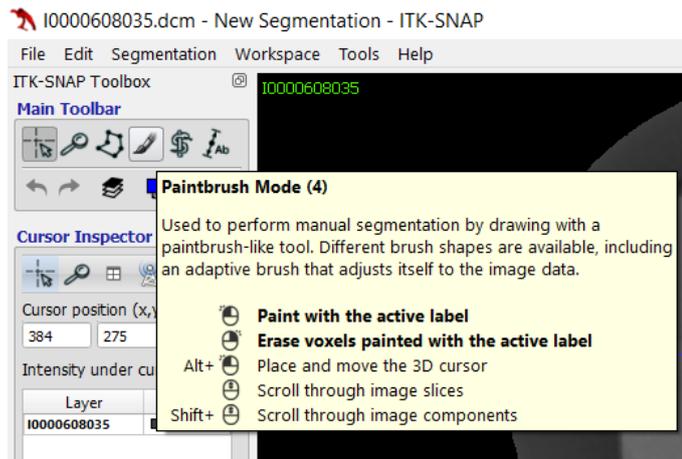
Para esto, se siguió un protocolo que permita la reproducción del método de reconstrucción en 3D que fue utilizado para este estudio, siendo:

1. Importar las imágenes de formato DICOM en el software ITK snap
2. Determinar un punto central tanto en los cortes coronales, axiales y sagitales, donde también fue modificado la cercanía o lejanía de las imágenes para su mejor visualización (realizado con los comandos indicados por el programa).



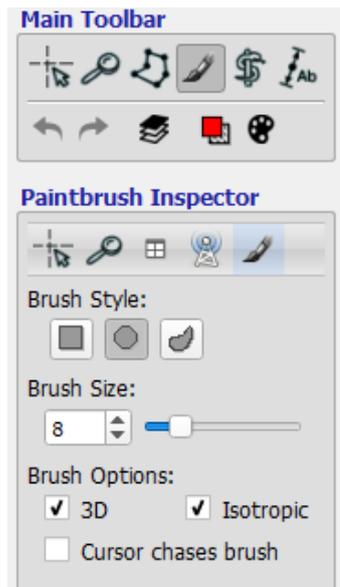
**Figura #12. Software ITK Snap**

3. Seleccionar la opción de "modo pincel" (paintbrush mode)



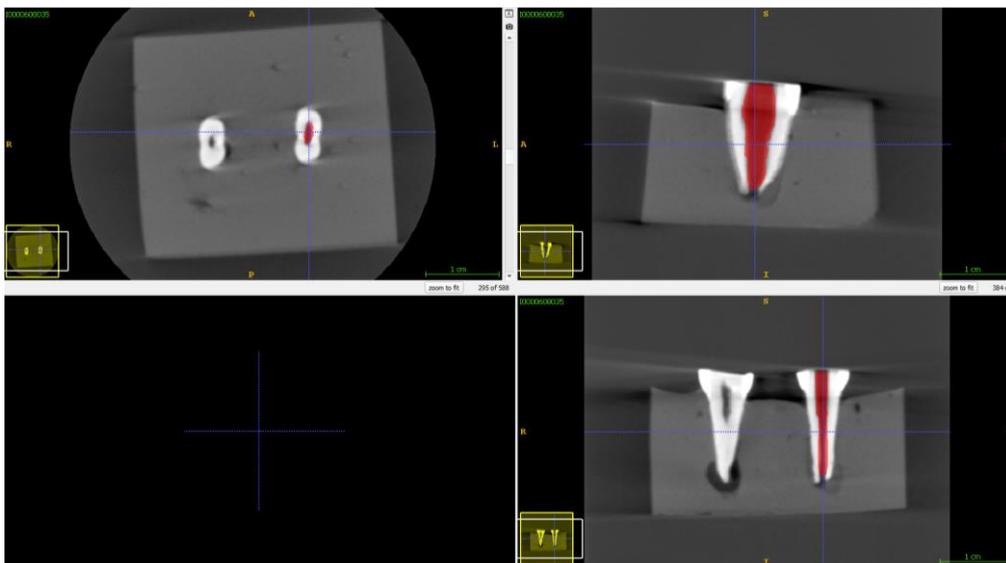
**Figura #13. Comandos ITK Snap**

4. Escoger la forma circular y un tamaño adecuado del pincel, activando las opciones 3D, isotropic, para así poder seleccionar las diferentes partes en cada uno de los cortes tomográficos.



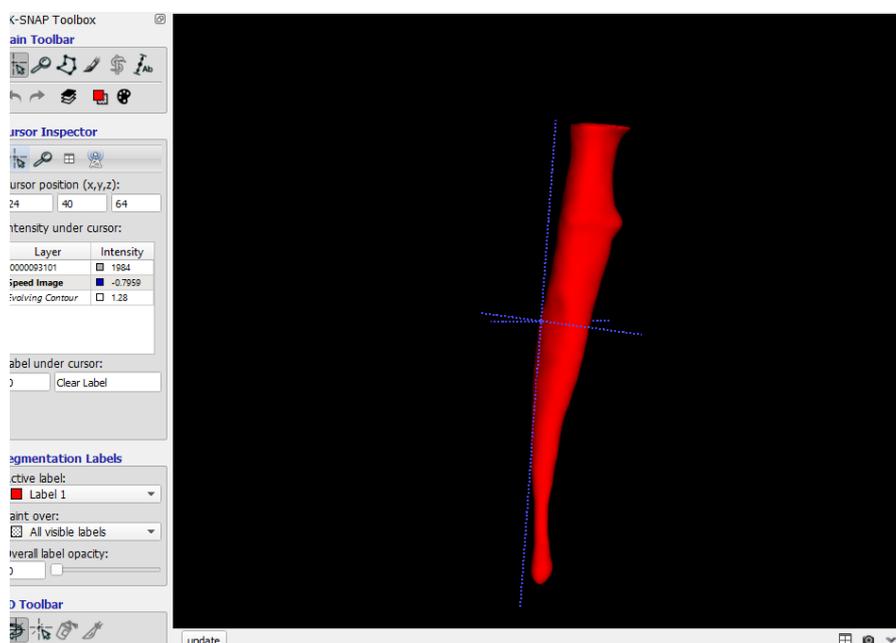
**Figura #14. Barra de Herramientas ITK Snap**

5. Después procedemos a señalar toda la estructura del canal radicular, confirmando en todos los cortes tomográficos para tener un rango de error mínimo



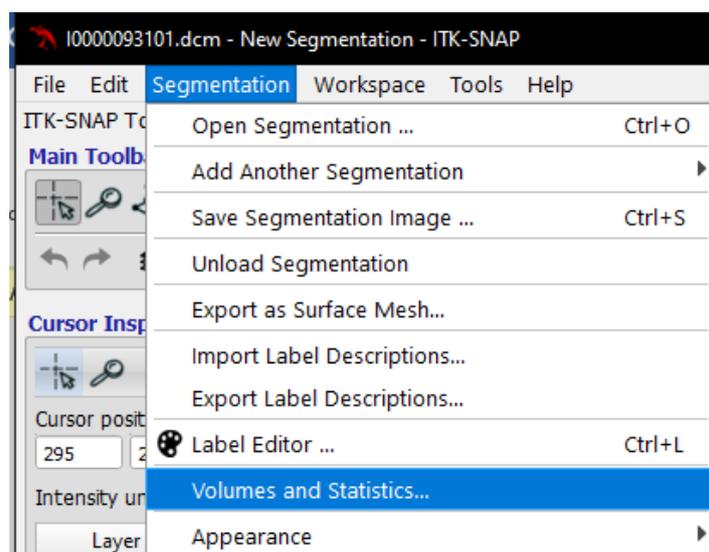
**Figura #15. Demostración ITK Snap**

6. Al haber contorneado toda la estructura radicular, solo basta en colocar en la opción update, ubicada en el recuadro inferior izquierdo, y la reconstrucción estará lista.



**Figura #16. Ejemplo reconstrucción 3D**

7. Finalmente, en la opción "segmentation", elegiremos la opción "volumes and statistics" para obtener los resultados deseados del análisis



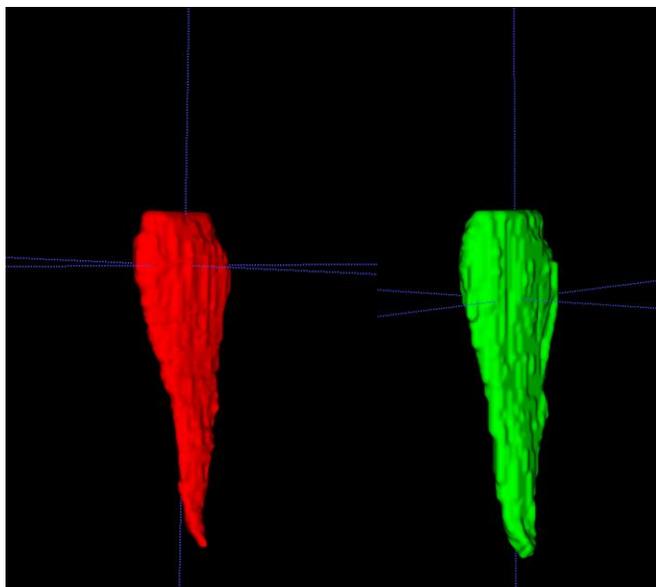
**Figura #17. Estadísticas ITK Snap**

## RESULTADOS

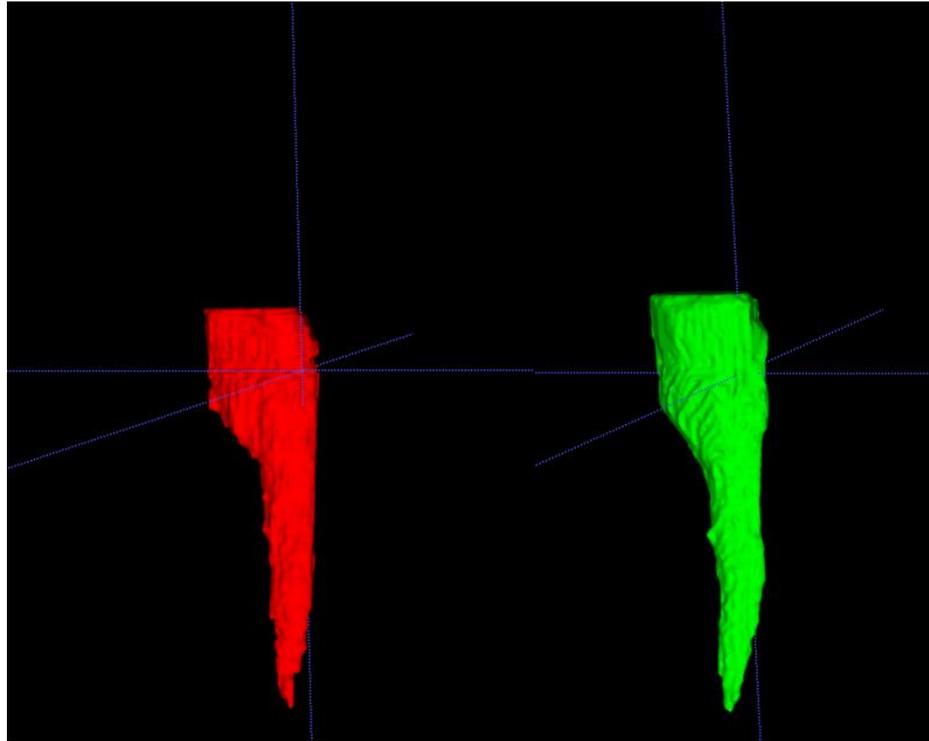
### Obtención de Resultados

Para determinar el porcentaje de áreas no instrumentadas de los canales radiculares se tomó como referencia la fórmula planteada por De Deus, et al. (2015), para la cual se necesita realizar una resta del número de vóxels del canal post-instrumentación del número de vóxels del canal pre instrumentado dando como resultado el número de vóxels estáticos, entonces para obtener el porcentaje de áreas no instrumentadas se multiplica el número de vóxels estáticos por 100 y este resultado es dividido para el número de vóxels de superficie el que pertenece a la superficie del canal pre instrumentado, como se muestra en la fórmula:

$$\frac{\text{Número de Vóxels estáticos} * 100}{\text{Número Total de Vóxels de Superficie}}$$



**Figura #18. Reconstrucción 3D Pre-instrumentación (rojo) y post-instrumentación (verde) grupo Trunatomy**



**Figura #19. Reconstrucción 3D Pre-instrumentación (rojo) y post-instrumentación (verde) grupo XP endo Shaper**

### **Análisis Estadístico**

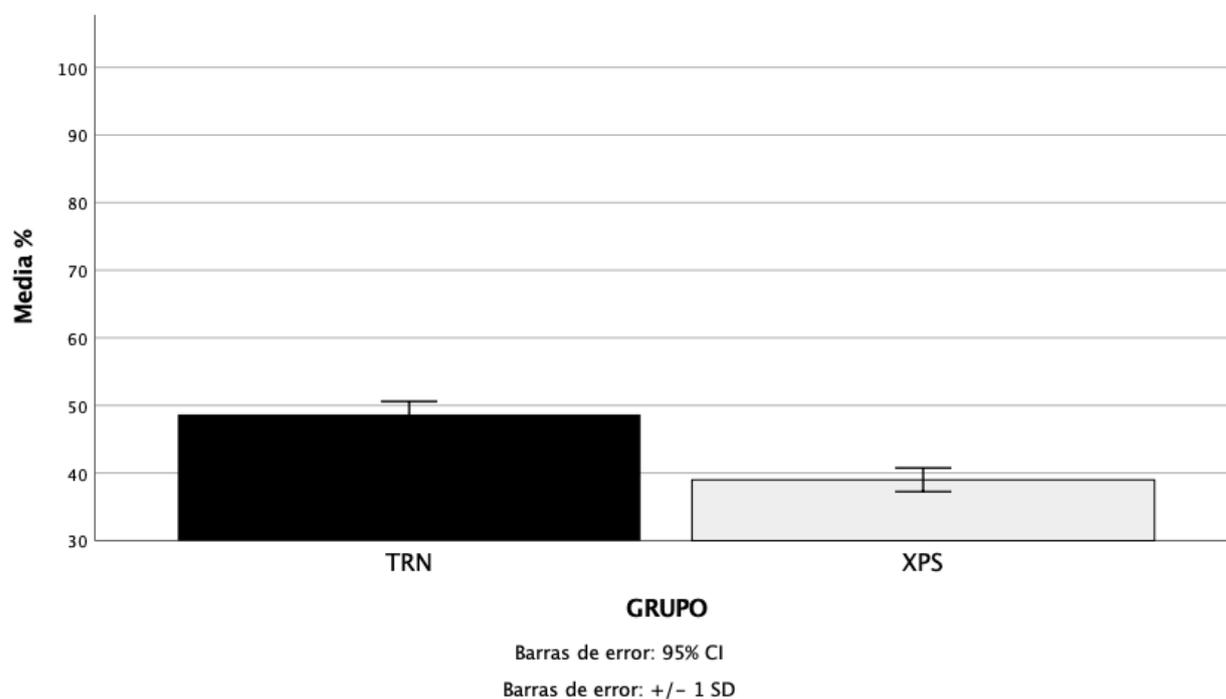
Para poder llevar a cabo el análisis estadístico se parte de la hipótesis nula planteada en este estudio la misma que menciona que no existirá diferencia entre los grupos experimentales.

En primer lugar, se realizó el test de normalidad Shapiro Wilks de los resultados obtenidos, dando un valor de  $p > 0.05$ , a partir de ello se determinó que se tenía que realizar una prueba paramétrica.

Con el fin de conocer si existe una diferencia entre los grupos experimentales se aplicó la distribución t student por medio del software SPSS Statistics versión 2.5 en el que el valor de  $p = 0.725$  mostrando que si existe una diferencia entre ambos grupos.

Instrumentos probados	Porcentaje paredes no tocadas $\pm$ Desviación estándar	T-student
<b>TRN</b>	48,6680 $\pm$ 1,91	0,0001
<b>XPS</b>	38,9940 $\pm$ 1,75	

**Tabla #1. Distribución t student**



**Figura #20. Porcentaje de áreas no instrumentadas**

Los resultados mostraron que el grupo XPS obtuvo un 38.9% de áreas no instrumentadas dentro de los canales radiculares mientras que para el grupo TRN existió un 48.6% de áreas no instrumentadas, siendo una diferencia significativa entre ambos grupos y con ello rechazando la hipótesis nula propuesta.

## **Discusión**

La preparación químico-mecánica es la fase más importante dentro del tratamiento de canal debido a que con ella podemos controlar los procesos infecciosos y erradicarlos, promoviendo de esta manera una curación de los tejidos perirradiculares seguido de una preservación de la pieza dentaria. Todo esto se encuentra estrechamente relacionado con proveer una forma cónica al canal radicular para que exista una adecuada obturación y evite errores dentro del tratamiento (Siquiera et al. 2018); esto concuerda con el estudio de Pérez Morales et al. (2021), en el que manifestaron que la preparación químico-mecánica es importante ya que la forma del conducto radicular otorgada por los instrumentos ayudará a tener una obturación adecuada y con ello un éxito en el tratamiento.

Los canales de forma ovalada representan un gran desafío para el clínico ya que, su compleja anatomía en muchas ocasiones no permite que se realice una preparación adecuada del canal radicular resultando en un fracaso del tratamiento. (Lacerda et al, 2017).

En los estudios de (Milanezi et al, 2013) y (Lacerda et al, 2017), afirman que los sistemas rotatorios tienen una tendencia a dejar mayor cantidad de áreas dentro del canal sin tocar y que las piezas con mayor incidencia de poseer conductos ovales son los incisivos inferiores, segundos premolares superiores y conductos distales de molares inferiores.

En este estudio se evaluó el porcentaje de áreas no instrumentadas de conductos radiculares de segundos premolares superiores con forma oval utilizando los instrumentos TruNatomy Prime 26/ .04 y Xp Endo Shaper 30/.04 por medio de Tomografía de haz cónico (Cone Beam).

En cuanto al sistema TruNatomy es fabricado a partir de una aleación gold que posee un tratamiento térmico post fabricación y su perfil de sección es un paralelogramo descentrado, con taper regresivo.

Mientras que el sistema XPendo Shaper es fabricado con una aleación Max Wire, perfil de sección triangular y su diseño de serpiente ayuda a la contracción y expansión del instrumento cuando se encuentra al interior de los canales radiculares, son instrumentos que difieren en varios aspectos, pero concuerdan en que ambos proveen de un taper .04 al finalizar su paso por el canal y además funcionan en rotación continua (Perez Morales et al, 2021).

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que el grupo Xp Endo Shaper (XPS) mostró un menor porcentaje de áreas no instrumentadas en comparación con el grupo TruNatomy (TRN), siendo 38.9% y 48.6% respectivamente.

Dichos resultados concuerdan con los estudios de (Azim et al, 2017); (Versiani et al, 2018) y (Perez Morales et al, 2021), los mismos manifiestan que el sistema Xp Endo Shaper presenta una mayor cantidad de superficies tocadas dentro del canal debido a su forma característica que puede adaptarse con mayor facilidad a la anatomía del canal.

Además. en el estudio de Perez Morales et al. (2021) compararon los sistemas TruNatomy y XP Endo Shaper con el objetivo de conocer cuál de los sistemas tiene un mayor porcentaje de áreas no instrumentadas por medio de Micro CT.

Dicho estudio concluye en que el grupo de XP Endo Shaper obtuvo un 42% de áreas no instrumentadas mientras que el grupo TruNatomy un 50%.

Los resultados se asemejan mucho a los que se obtuvieron en el presente estudio, aunque cabe mencionar que para este trabajo se tuvo un limitante ya que se utilizó Tomografía de haz cónico en lugar de micro CT, y es por lo que se debe aclarar que los resultados propuestos son una aproximación.

El presente estudio nos muestra que las limas utilizadas respetan la anatomía original del canal teniendo un ensanchamiento mínimo del mismo, siendo el grupo XP Endo Shaper el que provocó un mayor aumento de la superficie de los canales dejando una forma más cónica de éstos, lo que concuerda con las afirmaciones de (Azim et al, 2017); (Versiani et al, 2018) y (Perez Morales et al, 2021).

## CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados de este estudio, como de los objetivos planteados se presentan las siguientes conclusiones de la investigación:

Se concluyó que los sistemas mecanizados utilizados en la presente investigación son fabricados a partir de aleaciones NiTi con tratamiento térmico que les otorga características especiales con el fin de mejorar su desempeño en los conductos radiculares adaptándose de mejor manera a las diferentes anatomías, siendo el sistema XP endo Shaper fabricado a partir de una aleación Max Wire, con un perfil de sección triangular y teniendo un diseño en forma de serpiente que le permite adaptarse al interior de los conductos radiculares, mientras que el sistema TruNatomy es fabricado a partir de una aleación gold que posee tratamiento térmico post fabricación, teniendo su perfil de sección como paralelogramo descentrado y con un taper regresivo; Cabe destacar, que la característica booster tip de Xp endo Shaper trabaja el conducto hasta un ISO 30 mientras que la trunatomy prime tiene un ISO 26 en D0 lo cual no representa una diferencia significativa pero podría llegar a influenciar en los resultados de este estudio, la similitud estos sistemas es que ambos proveen de un taper .04 al finalizar su paso por los canales y además trabajan en rotación continua.

Dentro de las limitaciones del presente estudio se concluyó que el sistema XP endo Shaper tuvo un menor número de áreas no instrumentadas dentro de conductos radiculares ovals de segundos premolares superiores extraídos, por medio de Tomografías de haz cónico siendo el limitante de este estudio y por ello los resultados obtenidos deben ser tomados como una aproximación; además, al tener un mayor

contacto con las paredes dentinarias de los conductos radiculares fue el que produjo una mayor conicidad de estos a comparación del grupo TruNatomy.

Por otro lado, se identificó que el sistema que dejó un mayor número de áreas no instrumentadas en conductos ovoides de segundos premolares superiores extraídos fue el sistema TruNatomy.

## **RECOMENDACIONES**

Una vez concretadas las conclusiones de esta investigación, se proponen las siguientes recomendaciones:

Se recomienda que para futuras investigaciones sobre este tema se tomen los sistemas de instrumentación más actuales en ese momento y se los realice bajo el análisis de Micro CT con el fin de que se obtengan resultados mucho más certeros y confiables.

Por otro lado, se recomienda que para los futuros estudios realizados sobre este tema se tomen más variables a ser probadas y además los resultados sean publicados para que el conocimiento dentro de la comunidad de Endodoncia se enriquezca.

## REFERENCIAS

AG, F., & A, P. (2019). Evolution of Instruments in Endodontics-Literature Review. *International Journal Of Dentistry And Oral Health*, 5(6). doi: 10.16966/2378-7090.306

Alapati, S., Brantley, W., Iijima, M., Clark, W., Kovarik, L., & Buie, C. et al. (2009). Metallurgical Characterization of a New Nickel-Titanium Wire for Rotary Endodontic Instruments. *Journal Of Endodontics*, 35(11), 1589-1593. doi: 10.1016/j.joen.2009.08.004

Anderson, M., Price, J., & Parashos, P. (2007). Fracture Resistance of Electropolished Rotary Nickel–Titanium Endodontic Instruments. *Journal Of Endodontics*, 33(10), 1212-1216. doi: 10.1016/j.joen.2007.07.007

Azim, A. A., Piasecki, L., da Silva Neto, U. X., Cruz, A. T. G., & Azim, K. A. (2017). XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro–computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1532–1538. doi:10.1016/j.joen.2017.04.022

De-Deus, G., Belladonna, F. G., Silva, E. J. N. L., Marins, J. R., Souza, E. M., Perez, R., ... Neves, A. de A. (2015). *Micro-CT Evaluation of Non-instrumented Canal Areas with Different Enlargements Performed by NiTi Systems. Brazilian Dental Journal*, 26(6), 624–629. doi:10.1590/0103-6440201300116

Dentsply Sirona. (2019). Trunatomy- Brochure. Recuperado el 19 de septiembre de 2021 de:

<https://assets.dentsplysirona.com/flagship/en/explore/endodontics/brochure/trunatomy/EN-ND-TruNatomy-Brochure.pdf>

Elnaghy, A., Elsaka, S., & Elshazli, A. (2020). Dynamic cyclic and torsional fatigue resistance of TruNatomy compared with different nickel–titanium rotary instruments. *Australian Endodontic Journal*. doi: 10.1111/aej.12396

Elnaghy, A., Elsaka, S., & Mandorah, A. (2020). In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of TruNatomy in single and double curvature canals compared with different nickel-titanium rotary instruments. *BMC Oral Health*, 20(1). doi: 10.1186/s12903-020-1027-7

FKG. (2020). XP endo Shaper. Recuperado el 19 de Septiembre de 2021 de: [https://www.ivoclarvivadent.com.au/mam/celum/celum\\_assets/9516246695966\\_FKG\\_XP-endo\\_Shaper\\_Brochure\\_en\\_aunz\\_pdf.pdf?2](https://www.ivoclarvivadent.com.au/mam/celum/celum_assets/9516246695966_FKG_XP-endo_Shaper_Brochure_en_aunz_pdf.pdf?2)

Haapasalo, M., & Shen, Y. (2013). Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endodontic Topics*, 29(1), 3-17. doi: 10.1111/etp.12049

Harshavardhan J M., Dhanavel C., Vijayaraja S., Manoj, K., Bakkiyalakshmi, A., & Kavimalar S. (2021). Metallurgy of Rotary Files – A Review. *Journal of Medical Research and Opinion*, DOI: <https://doi.org/10.15520/jcmro.v4i06.434>

Hou, X., Yahata, Y., Hayashi, Y., Ebihara, A., Hanawa, T., & Suda, H. (2011). Phase transformation behaviour and bending property of twisted nickel-titanium endodontic instruments. *International Endodontic Journal*, 44(3), 253-258. doi: 10.1111/j.1365-2591.2010.01818.x

Jou, Y.-T., Karabucak, B., Levin, J., & Liu, D. (2004). Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dental Clinics of North America*, 48(1), 323–335. doi:10.1016/j.cden.2003.12.006

Lacerda, M., Marceliano-Alves, M., Pérez, A., Provenzano, J., Neves, M., & Pires, F. et al. (2020). Cleaning and Shaping Oval Canals with 3 Instrumentation Systems: A Correlative Micro-computed Tomographic and Histologic Study. *Journal Of Endodontics*, 43 (11), 1878 – 1884. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.032>

Lopes, Rosa & Marins, Fernanda & Belladonna, Felipe & Souza, Erick & De-Deus, Gustavo & Lopes, Ricardo & Silva, Emmanuel. (2017). Untouched canal areas and debris accumulation after root canal preparation with rotary and adaptive systems. *Australian Endodontic Journal*. 44. 260-266. 10.1111/aej.12237

Ludlow, J., Timothy, R., Walker, C., Hunter, R., Benavides, E., Samuelson, D., & Scheske, M. (2015). Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140197. doi: 10.1259/dmfr.20140197

Milanezi de Almeida, M., Bernardineli, N., Ordinola-Zapata, R., Villas-Bôas, M. H., Amoroso-Silva, P. A., Brandão, C. G., ... Húngaro-Duarte, M. A. (2013). *Micro-Computed Tomography Analysis of the Root Canal Anatomy and Prevalence of Oval Canals in Mandibular Incisors*. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1529–1533. doi:10.1016/j.joen.2013.08.033

Montalvão, D., Alçada, F. S., Braz Fernandes, F. M., & de Vilaverde-Correia, S. (2014). Structural Characterisation and Mechanical FE Analysis of Conventional and M-

Wire Ni-Ti Alloys Used in Endodontic Rotary Instruments. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–8. doi:10.1155/2014/976459

Paqué, F., Zehnder, M., & De-Deus, G. (2011). Microtomography-based Comparison of Reciprocating Single-File F2 ProTaper Technique versus Rotary Full Sequence. *Journal of Endodontics*, 37(10), 1394–1397. doi:10.1016/j.joen.2011.06.031

Patel, S., Brown, J., Pimentel, T., Kelly, R., Abella, F., & Durack, C. (2019). Cone beam computed tomography in Endodontics – a review of the literature. *International Endodontic Journal*. doi: 10.1111/iej.13115

Pérez Morales, M. de las N., González Sánchez, J. A., Olivieri, J. G., Elmsmari, F., Salmon, P., Jaramillo, D. E., & Terol, F. D.-S. (2021). *Micro-computed Tomographic Assessment and Comparative Study of the Shaping Ability of 6 Nickel-Titanium Files: An In Vitro Study*. *Journal of Endodontics*, 47(5), 812–819. doi:10.1016/j.joen.2020.12.021

Pérez, A. R., Ricucci, D., Vieira, G. C. S., Provenzano, J. C., Alves, F. R. F., Marceliano-Alves, M. F., ... Siqueira, J. F. (2020). *Cleaning, Shaping, and Disinfecting Abilities of 2 Instrument Systems as Evaluated by a Correlative Micro-computed Tomographic and Histobacteriologic Approach*. *Journal of Endodontics*. doi:10.1016/j.joen.2020.03.017

Pérez, A., Alves, F., Marceliano-Alves, M., Provenzano, J., Gonçalves, L., Neves, A., & Siqueira, J. (2017). Effects of increased apical enlargement on the amount of unprepared areas and coronal dentine removal: a micro-computed tomography study. *International Endodontic Journal*, 51(6), 684-690. doi: 10.1111/iej.12873

Ricucci, D., Pascon, E. A., & Siqueira, J. F. (2018). The Complexity of the Apical Anatomy. *The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition*, 241–254. doi:10.1007/978-3-319-73444-6\_8

Riyahi, A., Bashiri, A., Alshahrani, K., Alshahrani, S., Alamri, H., & Al-Sudani, D. (2020). Cyclic Fatigue Comparison of TruNatomy, Twisted File, and ProTaper Next Rotary Systems. *International Journal Of Dentistry*, 2020, 1-4. doi: 10.1155/2020/3190938

Scarfe, W., & Bds, A.G. (2007). Cone beam computed tomography: A paradigm shift for clinical dentistry. *Australasian Dental Practice*, pp. 102–110

Scarfe, W., Levin, M., Gane, D., & Farman, A. (2009). Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics. *International Journal Of Dentistry*, 2009, 1-20. doi: 10.1155/2009/634567

Silva, E., Vieira, V., Belladonna, F., Zuolo, A., Antunes, H., & Cavalcante, D. et al. (2018). Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of XP-endo Shaper and TRUShape Instruments. *Journal Of Endodontics*, 44(1), 168-172. doi: 10.1016/j.joen.2017.08.033

Siqueira, J. F., Rôças, I. N., & Ricucci, D. (2018). Internal Tooth Anatomy and Root Canal Instrumentation. *The Root Canal Anatomy in Permanent Dentition*, 277–302. doi:10.1007/978-3-319-73444-6\_10

Siqueira, J., Pérez, A., Marceliano-Alves, M., Provenzano, J., Silva, S., & Pires, F. et al. (2017). What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal*, 51(5), 501-508. doi: 10.1111/iej.12753

Van der Vyver, P., Paleker, F., Vorster, M., & de Wet, F. (2019). Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *Journal Of Endodontics*, 45(1), 62-67. doi: 10.1016/j.joen.2018.09.013

Van der Vyver, P., Vorster, M., & Peters, O. (2019). Minimally invasive endodontics using a new single-file rotary system. *International Dentistry – African Edition* 9 (4)

Versiani, M., Carvalho, K., Mazzi-Chaves, J., & Sousa-Neto, M. (2018). Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. *Journal Of Endodontics*, 44(3), 489-495. doi: 10.1016/j.joen.2017.09.008

Walsch, H. (2004). The hybrid concept of nickel–titanium rotary instrumentation. *Dental Clinics Of North America*, 48(1), 183-202. doi: 10.1016/j.cden.2003.11.003

Yushkevich, P., Piven, J., Hazlett, H., Smith, R., Ho, S., Gee, J. and Gerig, G. (2006). User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*.1; 31(3):1116-28. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.01.015

Zhou, H., Peng, B., & Zheng, Y. (2013). An overview of the mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. *Endodontic Topics*, 29(1), 42-54. doi: 10.1111/etp.12045

Zuolo, M., Zaia, A., Belladonna, F., Silva, E., Souza, E., & Versiani, M. et al. (2017). Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *International Endodontic Journal*, 51(5), 564-571. doi: 10.1111/iej.12810

## ANEXOS

## ANEXO 1. Aprobación comité de Bioética USFQ



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ



## Certificado de exención

N°. CE036.2021-CEISH-USFQ-P2021.074TPG  
Quito, 02 de junio de 2021

Doctor  
Diego Alejandro Segura García  
Investigador Principal  
Universidad San Francisco de Quito USFQ  
Ciudad

**Referencia:** Protocolo 2021-074TPG  
**Informe de evaluación:** IE01.E101.2021-CEISH-USFQ

De nuestra consideración:

El Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad San Francisco de Quito (CEISH-USFQ), notifica a usted que analizó la investigación que se describe a continuación:

DATOS DE LA INVESTIGACIÓN				
<b>Códigos</b>	CEISH: 2021-074TPG			
<b>Título de la Investigación</b>	Evaluación de áreas no instrumentadas por dos sistemas de instrumentación mecanizada rotatoria en canales ovales con el uso de tomografía computarizada. Estudio in vitro. Ecuador-2021.			
<b>Equipo investigador</b>	<b>Investigador</b>	<b>Institución</b>	<b>Rol en la investigación</b>	
	1_Diego Alejandro Segura García 2_Raúl Aponte	Universidad San Francisco de Quito USFQ	Investigador principal Director de tesis	
<b>Lugar de implementación</b>	<b>Zona</b>	<b>Provincia</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Centro de investigación</b>
	09	Pichincha	DMQ	Dentiss Center (Dr. Fabián Urresta)
<b>Tipo</b>	Experimental in-vitro			
<b>Duración</b>	Seis meses			
<b>Breve descripción del estudio</b>	Objetivo general: Determinar el número de áreas no instrumentadas por los sistemas TruNatomy y Xpendo Shaper Universo: segundos premolares superiores Muestreo-muestra: por conveniencia; 20 muestras, 10 en c/grupo experimental. Metodología: Recolección de muestras donadas-anonimizadas para experimentación en laboratorio.			

Este estudio se cataloga como “*exento*”, de acuerdo con las regulaciones internacionales que rigen las investigaciones en seres humanos.



UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ



El CEISH-USFQ otorga este certificado, toda vez que la investigación cumple con uno o más criterios elegibles para una exención:

Investigación con recopilación y/o análisis de datos anonimizados, obtenidos de registros existentes.	<input type="checkbox"/>
Investigación in-vitro, con piezas dentarias extraídas previamente, donadas voluntariamente y anonimizadas	<input checked="" type="checkbox"/>
Investigación con recopilación y/o análisis de datos disponibles públicamente.	<input type="checkbox"/>
Investigación con recolección de datos de manera anonimizada.	<input type="checkbox"/>
Investigación que evalúe anónimamente programas públicos o prácticas educativas.	<input type="checkbox"/>
Investigación que evalúe anónimamente el sabor y/o calidad de alimentos, o estudios de aceptación del consumidor.	<input type="checkbox"/>

Documentos que sustentan y que se utilizarán en la investigación		Versión	Fecha	# pgs
1	Protocolo de investigación	E01	04 mayo 2021	07
2	Matriz para recolección de datos	E01	04 mayo 2021	01

Este certificado tiene una vigencia de dos meses, **desde el 02 de junio de 2021 hasta el 30 de noviembre de 2021**, tomando en cuenta el período de duración del estudio especificado en el Protocolo de investigación presentado (versión E01) y aprobado con esta carta.

Esta certificación aplica solo para las actividades descritas en los documentos revisados según el informe de evaluación No. **IE01-E101.2021-CEISH-USFQ**. Cualquier modificación a los documentos antes aprobados debe ser notificada a este Comité, para un nuevo análisis y determinación del nivel de riesgo.

El CEISH-USFQ deslinda cualquier responsabilidad en cuanto a la veracidad de la información presentada.

Iván Sisa, MD, MPH, MS  
 Presidente CEISH-USFQ  
 Correo electrónico: [comitebioetica@usfq.edu.ec](mailto:comitebioetica@usfq.edu.ec)



Adjunto: Informe de evaluación del estudio  
 cc. Archivo digital del estudio  
 IS/ammt



### Revisión Exenta de protocolos de investigación

A. DATOS DE LA INVESTIGACIÓN				
Códigos	CEISH: 2021-074TPG HUBI: n/a			
No. informe de evaluación	IE01-E101.2021-CEISH-USFQ	Fecha	02 jun 2021	
Título de la Investigación	Evaluación de áreas no instrumentadas por dos sistemas de instrumentación mecanizada rotatoria en canales ovales con el uso de tomografía computarizada. Estudio in vitro. Ecuador-2021.			
Equipo investigador	Investigador	Institución	Rol en la investigación	
	1_Diego Alejandro Segura García 2_Raúl Aponte	Universidad San Francisco de Quito USFQ	Investigador principal Director de tesis	
Lugar de implementación	Zona	Provincia	Ciudad	Centro de investigación
	09	Pichincha	DMQ	Dentiss Center (Dr. Fabián Urresta)
Tipo	Experimental in-vitro			
Duración	Seis meses desde su aprobación			
Breve descripción del estudio	Objetivo general: Determinar el número de áreas no instrumentadas por los sistemas TruNatomy y Xpendo Shaper Universo: segundos premolares superiores Muestreo-muestra: por conveniencia; 20 muestras, 10 en c/grupo experimental. Metodología: Recolección de muestras donadas-anonimizadas para experimentación en laboratorio.			
Historial de la revisión	Recepción documentos del IP	V1. 04 may 2021		
	Revisión CEISH-USFQ	V1. 13may2021 Protocolo 02jun2021		
	Envíos al IP	PR. 13may2021 IE01.02jun2021		
Revisores	AMM, IS			

Tipo de Investigación exenta	
Investigación con recopilación y/o análisis de datos anonimizados, obtenidos de registros existentes.	<input type="checkbox"/>
Investigación con recopilación y/o análisis de datos disponibles públicamente.	<input type="checkbox"/>
Investigación experimental odontológica in-vitro, con uso de muestras-información anonimizada y previamente recolectada.	<input checked="" type="checkbox"/>
Investigación con recolección de datos de sujetos ADULTOS, de manera anonimizada.	<input type="checkbox"/>
Investigación que evalúe anónimamente programas públicos o prácticas educativas.	<input type="checkbox"/>
Investigación que evalúe anónimamente el sabor y/o calidad de alimentos, o estudios de aceptación del consumidor.	<input type="checkbox"/>

B. DOCUMENTOS REVISADOS		Idioma Versión	Fecha Doc.	# Pgd	Evaluación
1	Solicitud de evaluación ética del protocolo de investigación suscrita por el investigador principal	E	04 may 2021	01	Adecuado
2	Protocolo de investigación	E01	04 may 2021	07	Adecuado
3	Justificación de no aplicación del formulario de consentimiento	E01	04 may 2021	01	Adecuado
4	Instrumentos a ser utilizados para el desarrollo de la investigación: 4.1. Matriz para recolección de datos	E01	04 may 2021	01	Adecuado
5	Hoja de vida de los investigadores principales que evidencie su experiencia en el área de investigación (+ registro de título en la SENESCYT y ACESS)	E	04 may 2021	05	Adecuado
6	Certificados de en bioética de la investigación: 6.1. CITI-HSP 6.2. CITI-RCR 6.3. CITI-GCP	I	Vencimiento 13 mar 2022 12 mar 2025 13 mar 2023	03	Adecuado



7	Otros:	E	04 may 2021	02	Adecuado
	7.1. Carta compromiso del investigador principal		30 abr 2021	01	
	7.2. Oficio del IP solicitando entrega de muestras anonimizadas		03 may 2021	01	
	7.3. Respuesta de DENTISS CENTER aceptando entrega anonimizada de muestras				
<b>Total</b>				<b>24</b>	

C. ASPECTOS METODOLÓGICOS		
Criterio de evaluación	Evaluación	Observaciones
1. La solicitud incluye todos los documentos necesarios, firmas y fechas.	Adecuado	Al no haber observaciones que responder en esta previsión, se procede a la elaboración del informe de evaluación del estudio, el mismo que se hará llegar tan pronto esté completo.  <b>Recomendaciones generales:</b> Todo nuevo documento o versión que se remita al CEISH-USFQ, deberá incluir como pie de página, en todas sus páginas: código asignado por este Comité, versión y fecha.
2. El protocolo incluye los datos de identificación completos	Adecuado	
3. El título describe claramente el propósito del estudio, el lugar, el período de ejecución y la población.	Adecuado	
4. El periodo de duración del estudio está bien especificado.	No adecuado	La fecha de inicio en el protocolo es mayo 2021. Por el retraso en la revisión, se sugiere cambiar para junio 2021 y revisar si la duración es de 6 ó 5 meses.
5. Se justifica la relevancia científica/social de la investigación.	Adecuado	Justificación descrita en B1, pp1-2
6. Las metas y objetivos son claros, de acuerdo con el problema de investigación, y medibles en el tiempo que dura el estudio.	No adecuado	OG: Descrito en B2, p2 Completar con el para qué. Se sugiere: (...) sharper, para determinar el sistema mecanizado más efectivo?  OE: dos, descritos en B3, p2. Los objetivos específicos deben estar en concordancia con las variables a analizar, los procedimientos y con las actividades del cronograma.
7. El tipo de estudio corresponde a lo descrito en el diseño de la investigación.	Adecuado	Descrito en B4, p2.
8. Describe la población objeto (universo) del estudio, y la muestra mínima que requiere el estudio.	Adecuado	Descrito en B4, p2. Universo: segundo premolares superiores Muestreo-muestra: por conveniencia, 20 muestras. Metodología: Muestras divididas para análisis en dos grupos de 10 c/u.
9. Describe los criterios de inclusión-exclusión y los procesos de reclutamiento de los participantes	Adecuado	Descrito en B4, p2.
10. Describe las variables a analizar, y el procedimiento de análisis de datos.	Adecuado	Descrito en B4, p2. Incluye tabla de operacionalización de variables (B4, pp2-3)
11. Se explica breve, pero claramente, el proceso de recolección de datos.	Adecuado	En C2, p5, se explica que se recibirán las muestras anonimizadas, entregadas por DENTISS.
12. Describe todos los procedimientos que se realizarán durante la investigación.	Adecuado	Descrito en tabla de pág 04
13. Describe los recursos humanos y materiales necesarios para alcanzar los objetivos del estudio.	Adecuado	Herramientas informáticas descritas en B4, p3 Tabla de recursos humanos y materiales llena y adecuada (B5, p5)
14. Incluye un cronograma factible.	No adecuado	El cronograma debe ser ajustado por la nueva fecha de inicio. Ref. observaciones en C4 de este informe.



D. ASPECTOS ÉTICOS		
Criterio de evaluación	Evaluación	Observaciones
15. Se describe cómo se han tomado en cuenta los principios bioéticos para la selección de los participantes	No aplica	Estudio in-vitro
16. Los beneficios que ofrece el estudio justifican los riesgos que pudieran presentarse, y se describe el proceso para minimizarlos.	No aplica	Estudio sin contacto con SH
17. Detalla los beneficios para la población o comunidad.	No adecuado	Descrito en C5, p5. Describir cómo se socializarán y-o difundirán los resultados del estudio, de manera que el nuevo conocimiento beneficie a los profesionales del campo.
18. Explica claramente los procesos para asegurar la confidencialidad de los datos que se recolecten en cada fase de la investigación.	Adecuado	Descrito en C2, pp5-6
19. Describe claramente el proceso para almacenar los datos en la fase postestudio, garantizando su seguridad y estipulando el tiempo que se guardará la información, lugar, custodios y qué se hará con la información al finalizar el tiempo estipulado de almacenamiento.	Adecuado	Descrito en C2, p6.
20. Describe las medidas adoptadas para garantizar la autonomía y los derechos de los participantes.	No aplica	
21. Justifica de manera sustentada las razones por las que el estudio no requiere de la aplicación de un formulario de consentimiento informado.	Adecuado	Justificación: <i>El presente estudio no necesita consentimiento informado, ya que no existe algún riesgo debido a que no existirá contacto con seres humanos. Cabe destacar que se van a recibir muestras anonimizadas por parte de la clínica Odontológica Dentiss Center, el mismo que posee dichas muestras biológicas a partir de donaciones anónimas de pacientes. Además, se realizará un segundo anonimato de las muestras por el investigador principal</i>
22. Se evidencia la idoneidad ética del investigador principal.	Adecuado	Presenta los tres certificados de capacitación requeridos.
23. Se evidencia la experticia técnica del investigador principal.	Adecuado	Título de III nivel en odontología, estudiante de posgrado de endodoncia, con guía de tutor y con capacitación en bioética. La investigación se realiza en el mismo campo de estudio.

D. ASPECTOS JURÍDICOS		
Criterio de evaluación	Evaluación	Observaciones
24. La investigación contempla y aplica la legislación y normativa nacional e internacional vigente.	Adecuado	



RESOLUCIÓN Y JUSTIFICACIÓN		
Período de revisión: Desde el 04 de mayo hasta el 02 de junio de 2021		
Revisores	Evaluación	Justificación de la resolución
IS. Revisor de metodología de la investigación	Aprobado	Cumple con los estándares técnicos, metodológicos, éticos y jurídicos
AMM. Revisor de aspectos éticos, bioéticos y jurídicos	Aprobado	El protocolo y demás documentos están bien elaborados en cuanto a aspectos metodológicos y bioéticos. Al ser un estudio exento, se recomienda emitir el certificado de exención con recomendaciones.

## ANEXO 2. Tabla de recolección de datos

GRUPO TRUINATOMY						
DIENTE #	#VOXELS PREINSTRUMENTACIÓN	VOLUMEN PREINSTRUMENTACIÓN (mm3)	#VOXELS POST INSTRUMENTACIÓN	VOLUMEN POST INSTRUMENTACIÓN (mm3)	# VOXELS ESTÁTICOS	%TOTAL FÓRMULA
1	58023	35.63	86610	53.19	28587	49.26839357 =(G4*100)/C4
2	46246	28.4	70214	43.12	23968	51.82718505 =(G5*100)/C5
3	19906	12.22	29394	18.05	9488	47.6640209 =(G6*100)/C6
4	47087	28.92	69355	42.59	22268	47.2911844 =(G7*100)/C7
5	42208	25.92	62173	38.18	19965	47.30145944 =(G8*100)/C8
6	27592	16.94	41376	25.41	13784	49.95650913 =(G9*100)/C9
7	45983	28.24	67353	41.36	21370	46.4736968 =(G10*100)/C10
8	26504	16.28	40158	24.66	18654	51.51675219 =(G11*100)/C11
9	60217	36.98	89442	54.93	29225	48.53380635 =(G12*100)/C12
10	31037	19.06	45579	27.99	14542	46.8537552 =(G13*100)/C13
GRUPO XP ENDO SHAPER						
DIENTE #	#VOXELS PREINSTRUMENTACIÓN	VOLUMEN PREINSTRUMENTACIÓN (mm3)	#VOXELS POST INSTRUMENTACIÓN	VOLUMEN POST INSTRUMENTACIÓN (mm3)	# VOXELS ESTÁTICOS	%TOTAL FÓRMULA
1	66385	40.77	93774	57.59	27389	41.25781427 =(G17*100)/C17
2	95387	58.95	133977	82.28	37990	39.57827622 =(G18*100)/C18
3	48754	29.94	68036	41.78	19282	39.54957542 =(G19*100)/C19
4	40061	24.60	55453	34.06	15392	38.42140735 =(G20*100)/C20
5	48291	29.66	67902	41.7	19611	40.61005156 =(G21*100)/C21
6	43890	26.95	61862	37.99	17972	40.94782411 =(G22*100)/C22
7	52297	32.12	71661	44.01	19864	37.02698052 =(G23*100)/C23
8	45728	28.08	62714	38.51	16986	37.14573128 =(G24*100)/C24
9	54394	33.4	75710	46.5	21316	39.18814575 =(G25*100)/C25
10	28479	17.49	38787	23.82	10308	36.19509112 =(G26*100)/C26

## ANEXO 3. Tabla de resultados

GRUPO	MUESTRA	%
1(TRN)	1	49,26839357
1(TRN)	2	51,82718505
1(TRN)	3	47,6640209
1(TRN)	4	47,2911844
1(TRN)	5	47,30145944
1(TRN)	6	49,95650913
1(TRN)	7	46,4736968
1(TRN)	8	51,51675219
1(TRN)	9	48,53280635
1(TRN)	10	46,8537552
2 (XPS)	1	41,25781427
2 (XPS)	2	39,57827622
2 (XPS)	3	39,54957542
2 (XPS)	4	38,42140735
2 (XPS)	5	40,61005156
2 (XPS)	6	40,94782411
2 (XPS)	7	37,02698052
2 (XPS)	8	37,14573128
2 (XPS)	9	39,18814575
2 (XPS)	10	36,19509112