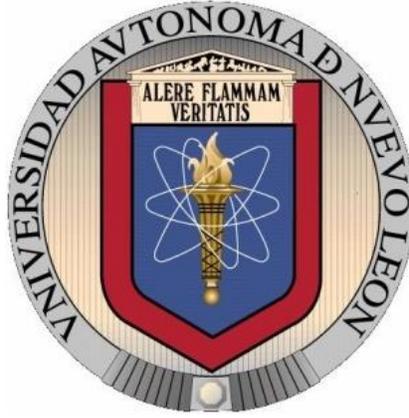


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE
ÁPICES APEX ID, ROOT ZX MINI Y PROPEX PIXI PARA DETERMINAR
LA LONGITUD DE TRABAJO. ESTUDIO IN VIVO**

POR

GABRIELA SERNA PEÑA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS EN EL ÁREA DE
ENDODONCIA**

NOVIEMBRE, 2018

MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS EN EL ÁREA ENDODONCIA

**EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICES
APEX ID, ROOT ZX MINI Y PROPEX PIXI PARA DETERMINAR LA
LONGITUD DE TRABAJO. ESTUDIO IN VIVO**

Comité de Tesis

DR. JORGE JAIME FLORES TREVIÑO

Presidente

DRA. IDALIA RODRÍGUEZ DELGADO

Secretario

DRA. MYRIAM ANGÉLICA DE LA GARZA RAMOS

Vocal

MAESTRÍA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS EN EL ÁREA ENDODONCIA

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICES APEX
ID, ROOT ZX MINI Y PROPEX PIXI PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE
TRABAJO. ESTUDIO IN VIVO

GABRIELA SERNA PEÑA
TESISTA

Comité de Tesis

DRA. IDALIA RODRÍGUEZ DELGADO
DIRECTOR DE TESIS

DR. JORGE JAIME FLORES TREVIÑO
CODIRECTOR DE TESIS

DRA. SUSANA COROMOTO GÓMES AZEVEDO
ASESOR METODOLÓGICO

DR. GUSTAVO ISRAEL MARTÍNEZ GONZÁLEZ
ASESOR ESTADÍSTICO

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme vivir y disfrutar de la profesión y el estudio que me hacen feliz.

A mis padres, José Armando Serna Pérez y Gricelda Peña García, ya que sin ustedes no me puedo imaginar haber llegado donde estoy ahora, gracias a ustedes que siempre me han inculcado valores, por ser mi motor, apoyarme en todos mis proyectos y darme siempre palabras de ánimo cuando más cansada estaba, por enseñarme a valorar el aprender, el esforzarse y lo dulce que siempre es la recompensa de cada sacrificio.

A mis hermanos Griselda, Jorge Armando y Jesús Azael, gracias por siempre estar a mi lado y apoyarme en todos mis proyectos.

A mi directora de tesis, la Dra. Idalia Rodríguez Delgado y mi codirector, el Dr. Jorge Jaime Flores Treviño, por confiar en mi y haberme dado la oportunidad de ser parte de tan excelente posgrado y su apoyo para desarrollar esta investigación, sobre todo en la revisión de la redacción como también la toma de medidas y fotografías en el estereomicroscopio.

A la Dra. Susana Coromoto Gómez Acevedo por apoyarme en este proyecto compartiendo sus conocimientos, consejos y experiencias, por todo el tiempo que me dedico en desarrollarlo como en la redacción, sin duda alguna es parte fundamental del resultado de este proyecto.

Al Dr. Carlos Macouzet Olivar por todo apoyo con los pacientes en la Clínica de Exodoncia de la Facultad de Odontología de la UANL, junto con el pasante Orestes Valenzuela, gracias a por la paciencia, su actitud positiva y su gran habilidad clínica que fue parte fundamental para esta investigación.

Al Dr. Gustavo Martínez por su dedicación y paciencia al resolver todas las dudas sobre la estadística de este estudio.

A la Dra. Elizabeth Madla por su actitud positiva y apoyo en esta investigación al conseguir parte del equipo requerido.

A la Dra. Lucia Garza por toda su paciencia, sus ánimos y apoyo en esta investigación y sobre todo por el tiempo dedicado para el uso del estereomicroscopio.

A mis compañeros de generación, en especial a Karen, Indalecio Iris y Marisol, gracias por todas esas levantadas temprano para ayudarme con los pacientes de esta investigación, gracias por siempre asistirme y apoyarme.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS	iv
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
NOMENCLATURA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	2
3.OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo general	3
4. ANTECEDENTES	4
4.1 Tratamiento de endodoncia	4
4.2 Longitud de trabajo	4
4.3 Anatomía de foramen apical	5
4.4 Métodos para determinar la longitud de trabajo	7
4.5 Historia de los localizadores apicales electrónicos	9
4.6 Localizadores apicales de acuerdo a su funcionamiento	10
4.7 Tipos de localizadores de acuerdo a su generación	12
4.8 Root ZX mini (J Morita, Tokyo, Japan)	15
4.9 Apex ID (SybronEndo, Glendora, CA)	15
4.10 Propex Pixi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)	16
5. MÉTODOS	17
5.1 Descripción de procedimientos	17
5.1.1 Selección de muestra	17
5.1.2 Toma de longitud de trabajo	17

5.1.3 Extracción de pieza dental	19
5.1.4 Análisis microscópico	19
5.1.5 Comparación de longitud de trabajo	20
5.1.6 Análisis estadístico	21
6. RESULTADOS	22
7. DISCUSIÓN	30
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
9. LITERATURA CITADA	38
RESUMEN BIOGRÁFICO	47
APÉNDICES	48
Apendice A Comité de Bioética	48
Apéndice B Ejemplo consentimiento informado	52
Apéndice C Radiografías	53
Apéndice D Fotografías de longitud real	58

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I.	Mediciones electrónicas de localizadores apicales y longitud real.....22
II.	Longitud real23
III.	Diferencia entre medición electrónica Apex ID y longitud real24
IV.	Diferencia entre medición electrónica Root ZX Mini y longitud real ..25
V.	Diferencia entre medición electrónica Propex Pixi y longitud real26
VI.	Diferencia entre la longitud real y la medición electrónica de Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi.27
VII.	Estadística descriptiva de la longitud de trabajo por grupo de estudio..27
VIII.	Estadística descriptiva de la diferencia de medias de medidas electrónicas respecto a la longitud real29
IX.	Análisis de varianza entre la longitud de trabajo de los grupos de estudio29

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Radiografía inicial	19
2. Operador	19
3. Topes perpendiculares	19
4. Apex ID	19
5. Root ZX Mini	19
6. Propex Pixi	19
7. Lima K 10 fuera del foramen apical	20
8. Lima K 10 al ras del foramen	20
9. Comparación de media de mediciones electrónicas de localizadores apicales y longitud real.	28

NOMENCLATURA

EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
Hz	Hertz o Hertzios
LR	Longitud real
ME	Medición electrónica
ml	Mililitro
mm	Milímetro
NaOCl	Hipoclorito de sodio

TESISTA: Gabriela Serna Peña

DIRECTOR DE TESIS: Dra. Idalia Rodríguez Delgado

CODIRECTOR DE TESIS: Dr. Jorge Jaime Flores Treviño

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICES APEX ID, ROOT ZX MINI Y PROPEX PIXI PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE TRABAJO. ESTUDIO IN VIVO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: Los localizadores apicales electrónicos son usados para establecer una longitud de trabajo adecuada endodóntica ya que permiten una localización más exacta del foramen y ayudan a realizar tratamientos en menos tiempo y con menos exposición a radiación. **OBJETIVO:** El objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de los localizadores apicales Apex ID (SybronEndo, Glendora, CA), Root ZX mini (J Morita, Tokyo, Japan) y Propex Pixi (Dentsplay, Maillefer, Ballaigues, Switzerland). **METODOLOGÍA:** En este estudio se usaron 30 dientes unirradiculares indicados para extracción, se realizaron las medidas con Root ZX mini, Apex ID y Propex Pixi con hipoclorito de sodio al 2.5%, después se extrajeron las piezas y se usó una lima 10 tipo K para determinar la longitud de trabajo real, la cual se estableció a 0.5mm del foramen mayor. Se compararon las medidas de cada localizador con la longitud real. **RESULTADOS:** No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la longitud real (LR) y ME Apex ID, ME Root ZX Mini y ME Propex Pixi ($p= 0.981$). La precisión de Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi en un rango de ± 0.5 mm fue de 80%, 83.33% y 83.33% y en un rango de ± 1.0 mm fue un 96.66%, 100% y 89.99% respectivamente. **CONCLUSIONES:** Todos los localizadores poseen una alta precisión para determinar la longitud de trabajo.

Palabras clave: Localizadores apicales, Apex ID, Root ZX Mini, Propex Pixi.

TESISTA: Gabriela Serna Peña

DIRECTOR DE TESIS: Dra. Idalia Rodríguez Delgado

CODIRECTOR DE TESIS: Dr. Jorge Jaime Flores Treviño

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICES APEX ID, ROOT ZX MINI Y PROPEX PIXI PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE TRABAJO. ESTUDIO IN VIVO

ABSTRACT

INTRODUCTION: Electronic apex locators are used to determine an acceptable endodontic working length since they allow a more exact location of the foramen and help to perform treatments in less time and with less radiation exposure. **OBJECTIVE:** The present study aimed to evaluate the accuracy of the electronic apex locators Apex ID (SybronEndo, Glendora, CA), Root ZX mini (J Morita, Tokyo, Japan) and Propex Pixi (Dentsplay, Maillefer, Ballaigues, Switzerland). **METHODOLOGY:** Thirty single rooted human teeth that were scheduled for extraction were selected for the study. Measurements were performed with Root ZX Mini, Apex ID and Propex Pixi in the presence of 2.5% NaOCl. After the teeth were extracted and a #10K file was used to determine the real working length, which was established to 0.5mm from the major foramen. The electronic measurements were compared with the real length. **RESULTS:** No significant differences were observed between the real length and ME Apex ID, ME Root ZX Mini and ME Propex Pixi ($p=0.891$). The accuracy of Apex ID, Root ZX Mini and Propex Pixi within ± 0.5 mm of minor foramen were 80%, 83.33% and 83.33 and + 1.0mm were 96.66%, 100% and 89.99% respectively. **CONCLUSIONS:** All apex locators demonstrated high accuracy to determine the working length.

Key words: Apex locators, Apex ID, Root ZX Mini, Propex Pixi.

1. INTRODUCCIÓN

La longitud de trabajo es crucial para el éxito de un tratamiento endodental ya que de ella dependerá la limpieza, conformación y obturación del conducto radicular. Los localizadores apicales electrónicos son una herramienta innovadora que ayudan a determinar esta medida y son usados por la mayoría de los especialistas en endodoncia. Existen diversos tipos que difieren en generación y funcionamiento. Es por ello el objetivo de este estudio evaluar la precisión de los localizadores apicales Root ZX mini (J Morita, Tokyo, Japan) de cuarta generación y de método ratio de dos frecuencias, Apex ID (SybronEndo, Glendora, CA) de ratio de dos diferentes frecuencias y el Propex Pixi (Dentsplay, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) de quinta generación de multifrecuencia.

En este estudio se usaron 30 dientes unirradiculares indicados para extracción, se realizaron las medidas con Root ZX mini, Apex ID y Propex Pixi con hipoclorito de sodio al 2.5%, después se extrajeron las piezas y se usó una lima 10 tipo K para determinar la longitud real, la cual se estableció a 0.5mm del foramen mayor. Se compararon las medidas de cada localizador con la longitud real.

2. HIPÓTESIS

Los localizadores de ápices Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi son igual de precisos en el registro de la longitud de trabajo.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Comparar la precisión de los localizadores de ápices Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi para determinar la longitud de trabajo.

4. ANTECEDENTES

4.1 Tratamiento de Endodoncia

La Endodoncia es una rama de la odontología dedicada al estudio la pulpa dental, su morfología, fisiología y patología, así como también de los tejidos periapicales (Torabinejad y Walton, 2010). Su objetivo es la eliminación de bacterias dentro del sistema de conductos radiculares o prevenir la periodontitis apical (Segura Egea et al, 2015).

Engloba un diagnóstico diferencial y tratamiento del dolor orofacial (Barnes y Patel, 2011), tratamiento de conducto que implica eliminar la pulpa dental infectada y exudados perirradiculares (Rajeswari et al-, 2016) para posteriormente conformar, limpiar y obturar los conductos radiculares (Wong et al, 2014) o tratamiento mediante endodoncia quirúrgica (Segura Egea et al., 2015)

El procedimiento endodóntico no quirúrgico incluye varias etapas como anestesia, aislamiento absoluto con dique de goma (Wong et al, 2014) acceso endodotal, determinación de longitud de trabajo, instrumentación y limpieza quimicomecánica con instrumentos y agentes irrigantes (Rodríguez-Niklitschek y Oporto, 2014) para así realizar una obturación completa del conducto radicular (Gluskin, 2009).

4.2 Longitud de trabajo

Al realizar un tratamiento endodóntico, uno de los procedimientos cruciales para su éxito es determinar una longitud de trabajo adecuada para así precisar con mayor exactitud el límite apical de la instrumentación y obturación radicular (Adyin et al., 2015).

Los estudios señalan que la delimitación de la conductometría, longitud de trabajo u odontometría tiene una participación importante en el fracaso endodóntico, debido a que la instrumentación y obturación dependen estrictamente de la longitud de trabajo (Riccuci, 1998).

La longitud de trabajo consiste en obtener una medida que corresponde a la distancia desde un punto de referencia coronal hasta el punto donde termina o se aproxime al foramen apical (Rodríguez-Niklischek y Oporto V, 2014) y se basa generalmente en la observación radiográfica, desafortunadamente, la distancia del ápice radiográfico a la constricción apical es variable (Vertucci, 2005).

4.3 Anatomía del foramen apical

Para que el tratamiento endodóntico pueda tener éxito es importante conocer bien la anatomía pulpar. La falta de unos conocimientos adecuados sobre la anatomía pulpar constituye la segunda causa de fracaso del tratamiento, únicamente por detrás de los errores en el diagnóstico y la planificación del tratamiento (Torabinejad y Walton, 2010).

Un aspecto determinante en la interpretación de la longitud de trabajo y que generalmente no se toma en cuenta es la unión cemento dentina, la localización del foramen y de la constricción apical (Saad y Al-Yahya, 2003). El ápice radicular presenta habitualmente gran variabilidad en la forma, dimensión y localización de la constricción apical (Ponce y VilarFernandez, 2003).

La constricción apical es el diámetro apical menor, la parte más estrecha del conducto radicular con el menor diámetro de suministro de sangre y la preparación del conducto radicular a este punto da como resultado un sitio pequeño de herida y condiciones de curación óptimas (Ricucci y Langeland 1998). Esta gradualmente se ensancha apicalmente hacia el diámetro apical mayor conocido como foramen apical, en esta área las paredes se encuentran más separadas, tomando forma de embudo, diferencia la terminación del conducto cementario desde la superficie externa de la raíz (Kuttler, 1980).

La anatomía del foramen apical no siempre encaja en esta forma idealizada. Muchas veces depende del tipo de diente (Blaskovic-Subat *et al.*, 1992) el foramen apical se desvía en ocasiones del eje longitudinal del diente (Martos *et al.*, 2010) y puede agrandarse por patologías (Laux *et al.*, 2000).

La distancia entre el foramen apical y la anatomía del ápice radiográfico puede variar de 0.20 a 3.8mm. estas variaciones no se pueden identificar clínicamente (Gutiérrez y Aguayo, 1995).

La posición de la constricción apical es variable, por lo general esta reportada queda de 0.5 a 1.0 mm del foramen apical mayor. (Kuttler, 1955). En su localización intervienen diversos factores, entre ellos el tipo y la edad del diente, la ubicación la longitud del diámetro menor y procesos patológicos (Elayouti *et al.*, 2014).

Langeland abogaba por la terminación de la instrumentación y obturación en la constricción apical. Declaro que el aspecto clínico más frustrante es que no hay una distancia exacta del ápice radiográfico porque la distancia del ápice radiográfico a la constricción apical varía de raíz en raíz. Histológicamente demostró que la unión cemento dentina no coincidía con la constricción apical. Así fue como se negó a aceptar

el ápice radiográfico, extremo de la raíz determinado en la radiografía, como un indicador de longitud de trabajo (Ricucci y Langeland, 1998).

Algunos autores sugieren la unión cemento dentina como un punto favorable de termino de preparación basados en el hecho de que el sellado adecuado del conducto en esta área hace imposible que las bacterias y sus toxinas invadan el tejido periapical (Basmadjian-Charles *et al.*, 2002). Este sitio histológico solo se puede detectar extrayendo el diente. Es muy irregular y la extensión del cemento en el conducto del diente puede variar (Ponce y VilarFernandez, 2003).

Otros consideran la constricción apical, como punto ideal para la culminación de este procedimiento considerando que la instrumentación y obturación radicular debe ser a nivel de la constricción apical ya que es la parte más estrecha del canal de la raíz y el sitio de conexión de los tejidos periodontales y la pulpa dental (Souza Pereira *et al.*, 2014).

4.4 Métodos para determinar la longitud de trabajo

Existen diversas técnicas para determinar la constricción apical como por medio de sensación táctil por parte del operador, por medio de radiografías convencionales y también con la ayuda de localizadores apicales electrónicos (Singh *et al.*, 2012).

Sensación táctil

Al ser una actividad diaria, muchos endodoncistas siguen practicando la percepción táctil como un medio para detectar la longitud de trabajo, aunque suele ser inexacta en casos con complicaciones anatómicas como conductos reducidos, curvaturas excesivas, resorciones radiculares, entre otras (Abdullah *et al.*, 2016).

Método radiográfico

Tradicionalmente, el método más utilizado para determinar la longitud de trabajo es mediante radiografías (Kocak et al., 2013). Este método establece como longitud de trabajo a aquel instrumento que se encuentre entre 0.5 y 1 mm respecto al vértice radiográfico (Gordon y Chandler, 2004). Sin embargo, las radiografías están sujetas a distorsión de tamaño, marcas anatómicas pueden afectar el proceso por superposición de estructuras, son sujetas a variabilidad de interpretación, estas son representaciones de dos dimensiones de un objeto tridimensional y lo más importante es que el foramen apical puede estar localizado hasta 3.5mm del ápice radiográfico (Cianconi *et al.*, 2010).

El método radiográfico digital produce imágenes utilizando un sensor en lugar de una película radiográfica. La radiografía digital tiene algunas ventajas sobre el método convencional, principalmente una adquisición de imágenes más rápida, una dosis de radiación mucho más baja y una capacidad de edición de imágenes para estudiar más claramente los detalles. Sin embargo, la literatura no es concluyente sobre si el método radiográfico digital es más eficiente que el método radiográfico convencional para la determinación de la longitud de trabajo del conducto radicular (Orosco et al., 2012).

Localizadores apicales electrónicos

Los localizadores apicales son de los instrumentos más innovadores para determinar la longitud de trabajo (Kim et al., 2015). Han ganado popularidad ya que han eliminado muchos de los problemas asociados con las mediciones radiográficas, entre estas se encuentra la reducción en el tiempo de dosis de radiación y de procedimiento, ambos de los cuales ayuda en la cooperación del paciente (Gehlot et al., 2016).

La precisión de los localizadores apicales electrónicos para determinar la longitud del conducto radicular puede ser afectada por la posición lateral del foramen apical mientras que la precisión para determinar la longitud de trabajo puede ser afectada por la distancia del foramen apical y constricción apical (Piasecki et al., 2016).

4.5 Historia de los localizadores apicales electrónicos

La presunción fundamental de los localizadores apicales electrónicos es que los tejidos humanos tienen ciertas características que pueden ser modeladas mediante la combinación de componentes eléctricos. Además, midiendo las propiedades eléctricas del circuito eléctrico equivalente, algunas propiedades clínicas como la posición de la lima pueden ser extraídas (Nekoofar et al., 2006).

Los localizadores apicales se conceptualizaron por Custer quien fue el pionero en intentar determinar la longitud del conducto a través de un método electrónico en 1918, introduciendo un nuevo método para ubicar el término del conducto radicular que era dependiente del hecho de que la conductividad eléctrica de los tejidos que rodeaban al ápice de la raíz era mayor que la conductividad dentro del sistema de conductos de la raíz, de coronal hacia el término del conducto y más tarde por Suzuki en 1942; este observó que la existencia de una resistencia eléctrica constante entre un instrumento en un conducto de la raíz y un electrodo en la mucosa oral podría ser utilizada para medir la longitud del conducto. Desde este descubrimiento, varias generaciones de localizadores apicales electrónicos se han desarrollado (Vinayak y Pishipati., 2013).

Sunada en 1962 reportó un valor específico en la resistencia determinada por la posición exacta del término de conducto y diseñó un micro-ammeter para medir la longitud de trabajo de 71 conductos en su primer experimento in vivo. Esta tenía dos electrodos, uno unido a la mucosa oral y el otro al instrumento endodontal posicionado dentro del conducto radicular, estableciendo un circuito que iniciaba en el aparato, de ahí al clip de la lima, este se extendía por el conducto pasando el foramen apical hacia el ligamento periodontal, continuaba a través de la mucosa del paciente por el clip regresando al aparato (Sunada, 1962).

4.6 Localizadores apicales de acuerdo a su funcionamiento

Resistencia

Se basan en el supuesto de que el circuito entre la lima endodóntica y el clip del labio podrían ser presentado como un simple circuito resistivo. Se aplicó una corriente directa al circuito y se midió el voltaje. Al dividir el valor del voltaje por el valor de la corriente se calculó el valor de la resistencia del circuito (Nekoofar et al., 2006). Estos dispositivos no son tan precisos en presencia de electrolitos, hemorragia, pus o tejido pulpar presente. (Pommer et al., 2002).

Baja frecuencia

El principio de medir la longitud del conducto radicular por este dispositivo se basa en el supuesto de que la oscilación de baja frecuencia, producida por la resistencia y capacidad entre la mucosa bucal y el surco gingival, es la misma que la frecuencia

entre el ligamento periodontal al terminar el conducto y la mucosa oral (Inoue y Skinner 1985).

Alta frecuencia

El Endocater (Hygienic Corp, Akron, OH, USA) fue desarrollado en 1979 y empleaba un circuito de alta frecuencia para efectuar la medición. Para permitir la presencia de humedad dentro del conducto, se debía colocar un aislante, o funda en la lima, lo que dificultaba su acceso a la constricción apical (Nekoofar et al., 2006).

Capacitancia y resistencia

En el 2003 se introdujo ^{el} Elements TM Diagnostic Unit (SybronEndo, Anaheim, CA, USA) el cual media la capacitancia y resistencia del circuito por separado. (Vera y Gutiérrez, 2004). El dispositivo explota una señal compuesta por dos frecuencias para medir la resistencia y capacitancia del sistema y luego compara los valores medidos con su tabla de consulta para diagnosticar la posición de la lima endodóntica (Serota et al., 2004).

Diferencia impedancia en dos frecuencias

Yamaoka en 1984 desarrollo un dispositivo de medición en el que se emplearon dos frecuencias en la medición. Este dispositivo mide el valor de impedancia de dos frecuencias diferentes y calcula la diferencia entre los dos valores. (Saito y Yamashita, 1990). La medida real es la diferencia entre las tensiones de dos frecuencias que es proporcional a la diferencia en valores de impedancia. El dispositivo debe calibrarse

para eliminar el efecto de dielectro de material dentro del conducto (Nekoofar et al., 2006).

Radio de impedancia en dos frecuencias

Estos dispositivos basados en el radio de la impedancia, la fuente de la corriente alterna es de nuevo una fuente de dos frecuencias, es decir, comprende dos ondas con una frecuencia alta y una frecuencia baja. La impedancia del modelo es la medida de cada frecuencia y la posición de la lima se determina a partir del radio de estas dos impedancias (Nekoofar et al., 2006).

En 1994 se demostró que el radio tenía un valor definido determinado por las frecuencias utilizadas y que indicaba la ubicación de la punta de la lima en el conducto radicular (Kobayashi y Suda, 1994). La lectura que puede brindar este tipo de equipos es bastante confiable ante la presencia de electrolitos (Nekoofar et al., 2006).

El primer localizador apical de este tipo fue el Root ZX (J Morita Co. Tokyo, Japan) (Kobayashi y Suda, 1994). El principio de su funcionamiento podría explicar porque no hay diferencias significativas entre su capacidad de determinar la constricción apical en raíces con pulpas vitales versus pulpas necróticas como también con irrigantes (Jenkins *et al.*, 2001).

4.7 Tipos de localizadores de acuerdo a la generación

Primera generación

Los dispositivos para la localización de la constricción apical de primera generación son llamados de tipo resistencia detectan el cambio de resistencia con una

corriente única. Algunos ejemplos de estos localizadores son Root Canal Meter (Onuki Medical Co), Dentometer (Dahlin Electromedicine) y Endoradar (Elettronica Liarre) (Gordon y Chandler, 2004). Estos dispositivos resultaron ser poco fiables en comparación con las radiografías, y muchas de las lecturas eran significativamente más largas o más cortas que la longitud de trabajo aceptada (Tidmarsh et al., 1985). Eran poco precisos con presencia de fluidos dentro de conducto radicular (Fouad *et al.*, 1990).

Segunda generación

A finales de los años 70 estudios cuestionaron la posibilidad de medición exacta en conductos húmedos o forámenes apicales anchos e inmaduros. En esta generación de localizadores se utilizó la impedancia que es la oposición al paso de corriente alterna, en lugar de utilizar la resistencia para determinar la ubicación del foramen (Gordon y Chandler, 2004). Estos localizadores de ápice presentaban problemas similares de deficiente lectura en presencia de medios electrolíticos en el conducto y también en conductos secos (Fouad *et al.*, 1990).

Tercera generación

En los años 90 surgió la tercera generación de localizadores apicales de doble frecuencia, estos miden la impedancia a dos o más frecuencias eléctricas distintas para determinar la distancia a la que se encuentra el foramen apical (Kobayashi y Suda, 1994). Estos equipos tienen potentes microprocesadores y son capaces de procesar los coeficientes matemáticos y realizar cálculos logarítmicos para dar medidas más precisas (Gordon y Chandler, 2004). Endex, Root ZX y Justy II son algunos ejemplos de localizadores comúnmente usados (López et al., 2004).

Cuarta generación

Estos dispositivos similares a los de tercera generación empleaban también dos frecuencias, pero las median por separado. Median la resistencia y la capacitancia por separado (en lugar del valor de impedancia resultante) para mejor precisión (Comin *et al.*, 2012). En el año 2002 se introdujo al mercado Bingo 1020 que es similar a los ápices de tercera generación; este aparato usa dos frecuencias diferentes producidas por un generador de frecuencia variable. Solo utiliza una frecuencia a la vez, por lo que se elimina la necesidad de filtros que separen las diferentes frecuencias de la compleja señal (Gordon y Chandler, 2004). ProPex (Dentsply Maillefer, Tulsa OK, USA) utiliza múltiples frecuencias para determinar la longitud del conducto, pero su cálculo está basado en la energía de la señal, no en la amplitud de la señal como la mayoría. (Pascon *et al.*, 2009).

Ventajas del uso de localizadores apicales electrónicos

Localiza la constricción apical sin la necesidad de irradiar al paciente, menor tiempo para medir la longitud de trabajo y obtiene una medida de trabajo más precisa. Sin embargo, sigue siendo medio auxiliar de las radiografías (Mandlik *et al.*, 2013).

Desventajas del uso de localizadores apicales electrónicos

Pueden causar interferencia en pacientes con dispositivos eléctricos implantables cardiacos. En el estudio de Miradan-Rius *et al.*, en el 2016 se buscó el porcentaje de riesgo de diversos aparatos de uso dental con dispositivos electrónicos cardiacos implantable y se determinó que los localizadores apicales tenían el menor riesgo de interferencia, sin embargo, esta es 3.5 veces mayor en pacientes con marcapasos

cardiacos que con desfibriladores cardioversores implantables (Miranda-Rius et al., 2016).

4.8 Root ZX mini (J Morita, Tokyo, Japan)

Es un localizador apical electrónico de cuarta generación de método ratio, de dos frecuencias, que ha mostrado una alta eficacia sobre diferentes condiciones. Realiza las medidas entre la impedancia de dos frecuencias (0.4 y 8 kHz) e indica la posición de la lima endodóntica dentro del conducto radicular (Soares et al., 2013).

Utiliza la técnica de ratio. Indica la localización de la lima con una alta eficiencia. La exactitud de la medida no se afecta por la presencia o ausencia de sangre, otras secreciones, electrolitos, salino, agua corriente o peróxido de hidrógeno. No es necesario ajustar el aparato a cero antes de la medición de cada conducto. Se auto calibra. Cuenta con una pantalla a color cristal para dar fácil lectura (J Morita MFG Corp, 2011).

4.9 Apex ID (SybronEndo, Glendora, CA)

Es un localizador apical electrónico que ha sido recientemente introducido en el mercado. De acuerdo a las instrucciones de fábrica, presenta un mecanismo operativo similar a Root ZX con frecuencias diferentes (0.5 y 5.0kHz) (de Vasconcelos et al., 2015).

Se puede personalizar el “punto cero” con base en el juicio clínico del operador, no se requiere revisar constantemente la pantalla ya que cuenta con una señal acústica, es preciso en casi cualquier condición ya sea en conductos radiculares secos, húmedos, con sangrado, lleno de solución salina, EDTA, NaOCl o clorhexidina puede

proporcionar lecturas consistentes y confiables. Se calibra de forma continua para proporcionar lecturas precisas e ininterrumpidas en tiempo real (SybronEndo, 2016).

4.10 Propex Pixi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

Es la versión mas nueva de Propex, es un localizador apical de quinta generación de multifrecuencia recientemente introducido al mercado. Hay estudios que indican su precisión para determinar la longitud de trabajo (Ústün et al., 2016). Mide la energía de señales eléctricas de multifrecuencia. Algunos autores identifican los aparatos de la cuarta generación que incorporan un procesador matemático en el localizador de foramen como una quinta generación. (Ravichandra et al., 2015).

5. MÉTODOS

5.1 Descripción de procedimientos

5.1.1 Selección de muestra

Para el estudio se seleccionaron 30 dientes monorradiculares, de un 1 conducto radicular con ápice maduro, indicados para extracción por razones periodontales, protésicas u ortodóncicas en pacientes que acudieron a la Clínica de Cirugía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Se excluyeron aquellas piezas que presentaban lesiones perirradiculares. Cada paciente firmó un consentimiento informado de acuerdo al protocolo de estudio aprobado por el Comité de Ética de la UANL.

5.1.2 Toma de longitud de trabajo

Se tomó en cada caso una radiografía periapical inicial de cada diente (Figura 1). Se aplicó anestesia local mepivacaína al 3% y se realizó aislamiento absoluto. Se fijó un punto de referencia estable, para ello se realizó un desgaste selectivo con una fresa de diamante en las cúspides o borde incisal de los dientes. Posteriormente se hizo el acceso endodental con fresa bola de carburo tallo largo #2 o #4 y se realizó apertura del tercio coronal con fresas Gates Glidden 1, 2 y 3. Se irrigó con 1 ml de solución salina para retirar debris y se secó con puntas de papel. Se tomaron las mediciones electrónicas con los conductos irrigados con 1ml de hipoclorito de sodio al 2.5%. Se utilizó un programa computarizado de aleatorización para designar el orden en el cual los localizadores de

ápices fueron usados. Un solo investigador efectuó las mediciones (Figura 2). Los localizadores apicales fueron utilizados según las indicaciones del fabricante. Para los tres localizadores de ápices se colocó en el paciente el gancho para labio y la pinza porta-limas a una lima K #10 - #15. Para el localizador Apex ID la lima se avanzó hasta que la barra indicadora y auditiva señalara “APEX”, en este punto la lima se retiró hasta que la barra indicadora marcó “0.5”. Para Root ZX Mini el instrumento se avanzó hasta que la barra indicadora y auditiva marcara “APEX”, después se retiró hasta que la barra indicadora se detuvo en la línea ubicada entre “APEX” y “1”. En el caso de Propex Pixi la lima se avanzó hasta la barra indicadora “OVER” y se retiró hasta la marca “0.0”. Para evitar sobreinstrumentación el manual recomienda restar 0.5mm de la longitud obtenida en la marca “0.0”. Las mediciones se tomaron cuando la señal permaneció estable durante 5 segundos en el sitio designado. El tope de goma fue nuevo en cada medición, se colocó perpendicular a la lima, se ajustó al punto de referencia previamente establecido (Figura 3) y se tomó una radiografía digital periapical. Posteriormente se retiró la lima del conducto y la distancia entre la base del tope de goma y la punta de la lima se midió con un calibrador digital milimétrico, de precisión 0.1 milímetros, el cual previamente fue calibrado. Las mediciones obtenidas se registraron como ME Apex ID (Figura 4), ME Root ZX Mini (Figura 5) y ME Propex Pixi (Figura 6).



Figura 1. Radiografía inicial.



Figura 2. Operador.



Figura 3. Topes perpendiculares.

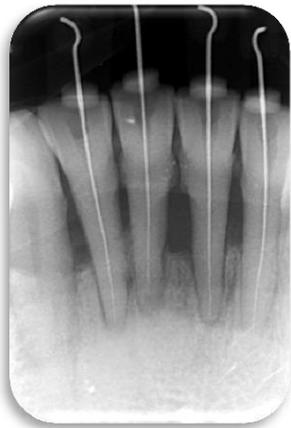


Figura 4. Apex ID

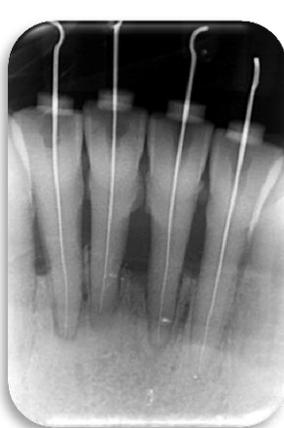


Figura 5. Root ZX Mini

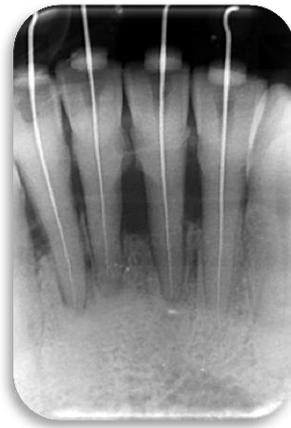


Figura 6. Propex Pixi

5.1.3 Extracción de la pieza dental

Cada diente fue extraído y sumergido en hipoclorito de sodio al 5.25% durante 2 horas para remover restos de ligamento periodontal.

5.1.4 Análisis microscópico

Después los dientes fueron examinados bajo un estereomicroscopio (Zeiss Stemi 305EDU) a una magnificación de 2x, para descartar la presencia de fracturas, fisuras o ápices incompletos. Posteriormente fueron colocados en una solución formalina al 10%

en envases enumerados. Se estableció una longitud real (LR) con un estereomicroscopio (Zeiss Stemi 305EDU) a una magnificación de 2x por un solo operador. Se insertó una lima K número 10 de acero inoxidable en el conducto de cada diente hasta que la lima fue visible a través del foramen apical (Figura 7), después se retiró hasta quedar al ras del foramen (Figura 8). Se ajustó el tope de goma a esta medida y se retiró la lima del conducto y se registró la distancia de la punta de la lima a la base del tope de goma con un calibrador digital, de precisión 0.1 milímetros. A esta medida se le sustrajo 0.5mm. Se efectuó tres veces esta medición y se calculó la media. El valor obtenido como media que se registró fue la longitud real (RL).

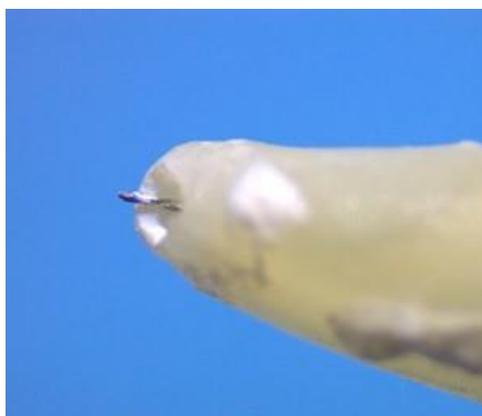


Figura 7 Lima K 10 fuera del foramen apical.

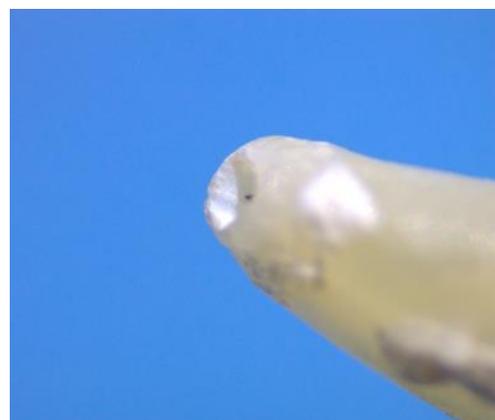


Figura 8 Lima K 10 al ras del foramen.

5.1.5 Comparación de longitud de trabajo

Las medidas más allá de la longitud real (0,0) se designaron como positivas y las cortas se designaron como negativas.

5.1.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis comparativo mediante una prueba t de diferencia de medias entre los localizadores de ápices Apex ID, Root ZX mini y Propex Pixi y se comparó cada uno de ellos con el registro de la longitud real.

6. RESULTADOS

Tabla I. Mediciones electrónicas de localizadores de ápices y longitud real

Pieza	Medición electrónica Apex ID (mm)	Medición electrónica Root ZX Mini (mm)	Medición electrónica Propex Pixi (mm)	Longitud real (mm)
1	19.75	19.38	19.95	19.49
2	18.66	18.48	19.06	18.72
3	18.32	18.24	18.30	18.53
4	20.35	19.97	20.48	20.44
5	21.58	21.67	21.64	21.30
6	20.29	20.83	21.09	20.59
7	20.10	20.14	20.23	19.83
8	14.57	15.13	16.23	14.83
9	13.22	13.37	13.54	13.18
10	14.69	14.68	15.12	14.64
11	17.62	17.53	17.57	17.10
12	17.08	17.21	17.48	16.89
13	17.13	17.49	17.82	17.28
14	15.56	15.52	15.86	15.67
15	20.54	20.67	20.84	20.77
16	21.44	22.83	22.33	22.34
17	21.22	21.26	20.71	20.74
18	17.91	17.81	17.76	17.51
19	18.16	17.79	18.01	17.54
20	18.54	19.01	18.78	18.36
21	20.55	21.31	21.20	20.80
22	20.95	21.45	21.59	21.27
23	22.50	23.53	23.21	23.05
24	24.97	25.64	24.69	25.80
25	23.53	22.78	23.33	23.07
26	20.40	20.21	20.80	20.60
27	26.33	26.75	27.06	26.59
28	25.95	25.80	26.18	25.90
29	24.72	25.23	25.13	24.63
30	28.22	27.68	28.79	27.06

Tabla II. Longitud real

Pieza	Primera longitud real (mm)	Segunda longitud real (mm)	Tercera longitud real (mm)	Longitud real media (mm)
1	19.96 - 0.50 = 19.46	19.96 - 0.50 = 19.46	20.05 - 0.50 = 19.55	19.49
2	19.41 - 0.50 = 18.91	19.18 - 0.50 = 18.68	19.09 - 0.50 = 18.59	18.72
3	19.00 - 0.50 = 18.50	19.34 - 0.50 = 18.84	18.77 - 0.50 = 18.27	18.53
4	20.96 - 0.50 = 20.46	20.96 - 0.50 = 20.46	20.91 - 0.50 = 20.41	20.44
5	21.93 - 0.50 = 21.43	21.95 - 0.50 = 21.45	21.54 - 0.50 = 21.04	21.30
6	20.93 - 0.50 = 20.43	21.21 - 0.50 = 20.71	21.15 - 0.50 = 20.65	20.59
7	20.20 - 0.50 = 19.70	20.15 - 0.50 = 19.65	20.64 - 0.50 = 20.14	19.83
8	15.45 - 0.50 = 14.95	15.29 - 0.50 = 14.79	15.26 - 0.50 = 14.76	14.83
9	13.57 - 0.50 = 13.07	13.55 - 0.50 = 13.05	13.94 - 0.50 = 13.44	13.18
10	15.12 - 0.50 = 14.62	15.16 - 0.50 = 14.66	15.16 - 0.50 = 14.66	14.64
11	17.57 - 0.50 = 17.07	17.56 - 0.50 = 17.06	17.68 - 0.50 = 17.18	17.10
12	17.22 - 0.50 = 16.72	17.20 - 0.50 = 16.70	17.75 - 0.50 = 17.25	16.89
13	17.74 - 0.50 = 17.24	17.89 - 0.50 = 17.39	17.72 - 0.50 = 17.22	17.28
14	16.11 - 0.50 = 15.61	16.21 - 0.50 = 15.71	16.20 - 0.50 = 15.70	15.67
15	21.31 - 0.50 = 20.81	21.23 - 0.50 = 20.73	21.29 - 0.50 = 20.79	20.77
16	22.91 - 0.50 = 22.41	22.80 - 0.50 = 22.30	22.83 - 0.50 = 22.33	22.34
17	21.23 - 0.50 = 20.73	21.26 - 0.50 = 20.76	21.24 - 0.50 = 20.74	20.74
18	17.90 - 0.50 = 17.40	18.10 - 0.50 = 17.60	18.04 - 0.50 = 17.54	17.51
19	18.07 - 0.50 = 17.57	18.01 - 0.50 = 17.51	18.04 - 0.50 = 17.54	17.54
20	18.96 - 0.50 = 18.46	18.79 - 0.50 = 18.29	18.85 - 0.50 = 18.35	18.36
21	21.11 - 0.50 = 20.61	21.16 - 0.50 = 20.66	21.64 - 0.50 = 21.14	20.80
22	21.76 - 0.50 = 21.26	21.76 - 0.50 = 21.26	21.81 - 0.50 = 21.31	21.27
23	23.68 - 0.50 = 23.18	23.56 - 0.50 = 23.06	23.41 - 0.50 = 22.91	23.05
24	26.29 - 0.50 = 25.79	26.36 - 0.50 = 25.86	26.26 - 0.50 = 25.76	25.80
25	23.49 - 0.50 = 22.99	23.60 - 0.50 = 23.10	23.62 - 0.50 = 23.12	23.07
26	21.12 - 0.50 = 20.62	21.08 - 0.50 = 20.58	21.11 - 0.50 = 20.61	20.60
27	27.13 - 0.50 = 26.63	27.11 - 0.50 = 26.61	27.04 - 0.50 = 26.54	26.59
28	26.25 - 0.50 = 25.75	26.30 - 0.50 = 25.80	26.66 - 0.50 = 26.16	25.90
29	25.23 - 0.50 = 24.73	25.06 - 0.50 = 24.56	25.11 - 0.50 = 24.61	24.63
30	27.55 - 0.50 = 27.05	27.51 - 0.50 = 27.01	27.64 - 0.50 = 27.14	27.06

Bajo microscopio se observó cada pieza, se insertó una lima K número 10 de acero inoxidable en el conducto de cada diente hasta que la lima fue visible a través del foramen apical, después se retiró hasta quedar al ras del foramen. Se ajustó el tope de goma a esta medida y se retiró la lima del conducto y se registró la distancia de la punta de la lima a la base del tope de goma con un calibrador digital, de precisión 0.1 milímetros. A esta medida se le sustrajo 0.5mm. Se efectuó tres veces esta medición y se calculó la media. El valor obtenido como media que se registró fue la longitud real (RL). Un solo operador realizó las mediciones.

Tabla III. Diferencia entre medición electrónica Apex ID y longitud real

Pieza	ME Apex ID	Longitud real (LR)	Diferencia	Categoría
1	19.75	19.49	0.35	0.01 a 0.5
2	18.66	18.72	-0.06	-0.5 a 0.0
3	18.32	18.53	-0.21	-0.5 a 0.0
4	20.35	20.44	-0.09	-0.5 a 0.0
5	21.58	21.3	0.28	0.01 a 0.5
6	20.29	20.59	-0.3	-0.5 a 0.0
7	20.1	19.83	0.27	0.01 a 0.5
8	14.57	14.83	-0.26	-0.5 a 0.0
9	13.22	13.18	0.04	0.01 a 0.5
10	14.69	14.64	0.05	0.01 a 0.5
11	17.62	17.1	0.52	0.51 a 1
12	17.08	16.89	0.19	0.01 a 0.5
13	17.13	17.28	-0.15	-0.5 a 0.0
14	15.56	15.67	-0.11	-0.5 a 0.0
15	20.54	20.77	-0.23	-0.5 a 0.0
16	21.44	22.34	-0.9	-1 a -0.51
17	21.22	20.74	0.48	0.01 a 0.5
18	17.91	17.51	0.4	0.01 a 0.5
19	18.16	17.54	0.62	0.51 a 1
20	18.54	18.36	0.18	0.01 a 0.5
21	20.55	20.8	-0.25	-0.5 a 0.0
22	20.95	21.27	-0.32	-0.5 a 0.0
23	22.5	23.05	-0.55	-1 a -0.51
24	24.97	25.8	-0.83	-1 a -0.51
25	23.53	23.07	0.46	0.01 a 0.5
26	20.4	20.6	-0.2	-0.5 a 0.0
27	26.33	26.59	-0.26	-0.5 a 0.0
28	25.95	25.9	0.05	0.01 a 0.5
29	24.72	24.63	0.09	0.01 a 0.5
30	28.22	27.06	1.16	>1.1

En esta tabla se registraron las medidas obtenidas *in vivo* en cada uno de los pacientes con el localizador de ápices Apex ID y se compararon con la longitud real *in vitro* de cada pieza. Al realizar la diferencia de medidas, los valores negativos indican que la medición electrónica (ME) fue corta con respecto a la longitud real (LR).

Tabla IV. Diferencia entre medición electrónica Root ZX Mini y longitud real

Pieza	ME Root ZX Mini	Longitud real	Diferencia	Categoría
1	19.38	19.49	-0.11	-0.5 a 0.0
2	18.48	18.72	-0.24	-0.5 a 0.0
3	18.24	18.53	-0.29	-0.5 a 0.0
4	19.97	20.44	-0.47	-0.5 a 0.0
5	21.67	21.3	0.37	0.01 a 0.5
6	20.83	20.59	0.24	0.01 a 0.5
7	20.14	19.83	0.31	0.01 a 0.5
8	15.13	14.83	0.3	0.01 a 0.5
9	13.37	13.18	0.19	0.01 a 0.5
10	14.68	14.64	0.04	0.01 a 0.5
11	17.53	17.1	0.43	0.01 a 0.5
12	17.21	16.89	0.32	0.01 a 0.5
13	17.49	17.28	0.21	0.01 a 0.5
14	15.52	15.67	-0.15	-0.5 a 0.0
15	20.67	20.77	-0.1	-0.5 a 0.0
16	22.83	22.34	0.49	0.01 a 0.5
17	21.26	20.74	0.52	0.51 a 1
18	17.81	17.51	0.3	0.01 a 0.5
19	17.79	17.54	0.25	0.01 a 0.5
20	19.01	18.36	0.65	0.51 a 1
21	21.31	20.8	0.51	0.51 a 1
22	21.45	21.27	0.18	0.01 a 0.5
23	23.53	23.05	0.5	0.01 a 0.5
24	25.64	25.8	-0.16	-0.5 a 0.0
25	22.78	23.07	-0.29	-0.5 a 0.0
26	20.21	20.6	-0.39	-0.5 a 0.0
27	26.75	26.59	0.16	0.01 a 0.5
28	25.8	25.9	-0.1	-0.5 a 0.0
29	25.23	24.63	0.6	0.51 a 1
30	27.68	27.06	0.62	0.51 a 1

En esta tabla se registraron las medidas obtenidas *in vivo* en cada uno de los pacientes con el localizador de ápices Root ZX Mini y se compararon con la longitud real *in vitro* de cada pieza. Al realizar la diferencia de medidas, los valores negativos indican que la medición electrónica (ME) fue corta con respecto a la longitud real (LR).

Tabla V. Diferencia entre medición electrónica Propex Pixi y longitud real

Pieza	ME Propex Pixi	Longitud real	Diferencia	Categoría
1	19.95	19.49	0.46	0.01 a 0.5
2	19.06	18.72	0.34	0.01 a 0.5
3	18.3	18.53	-0.23	-0.5 a 0.0
4	20.48	20.44	0.04	0.01 a 0.5
5	21.64	21.3	0.3	0.01 a 0.5
6	21.09	20.59	0.5	0.01 a 0.5
7	20.23	19.83	0.4	0.01 a 0.5
8	16.23	14.83	1.4	>1.1
9	13.54	13.18	0.36	0.01 a 0.5
10	15.12	14.64	0.48	0.01 a 0.5
11	17.57	17.1	0.47	0.01 a 0.5
12	17.48	16.89	0.59	0.51 a 1
13	17.82	17.28	0.54	0.51 a 1
14	15.86	15.67	0.19	0.01 a 0.5
15	20.84	20.77	0.07	0.01 a 0.5
16	22.33	22.34	-0.01	-0.5 a 0.0
17	20.71	20.74	-0.03	-0.5 a 0.0
18	17.76	17.51	0.25	0.01 a 0.5
19	18.01	17.54	0.47	0.01 a 0.5
20	18.78	18.36	0.42	0.01 a 0.5
21	21.2	20.8	0.4	0.01 a 0.5
22	21.59	21.27	0.32	0.01 a 0.5
23	23.21	23.05	0.16	0.01 a 0.5
24	24.69	25.8	-1.11	<-1.1
25	23.33	23.07	0.26	0.01 a 0.5
26	20.8	20.6	0.2	0.01 a 0.5
27	27.06	26.59	0.47	0.01 a 0.5
28	26.18	25.9	0.28	0.01 a 0.5
29	25.13	24.63	0.5	0.01 a 0.5
30	28.79	27.06	1.73	>1.1

En esta tabla se registraron las medidas obtenidas *in vivo* en cada uno de los pacientes con el localizador de ápices Propex Pixi y se compararon con la longitud real *in vitro* de cada pieza. Al realizar la diferencia de medidas, los valores negativos indican que la medición electrónica (ME) fue corta con respecto a la longitud real (LR).

Tabla VI. Diferencia entre la longitud real y la medición electrónica de Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi.

Distancia desde LR (mm)	<u>ME Apex ID</u>		<u>ME Root ZX Mini</u>		<u>ME Propex Pixi</u>	
	n=30	%	n=30	%	n=30	%
< -1.1	0	0.00	0	0.00	1	3.33
-1.0 a -0.51	3	10.00	0	0.00	0	0.00
-0.5 a 0.0	12	40.00	10	33.33	3	10.00
0.01 a 0.50	12	40.00	15	50.00	22	73.33
0.51 a 1.0	2	6.66	5	16.66	2	6.66
>1.1	1	3.33	0	0.00	2	6.66

Valores negativos indican ME cortas con respecto a la LR

El porcentaje de piezas que presentaron una diferencia de distancia entre la longitud real y la medición electrónica de <-1.1mm fue solo en el grupo de ME Propex Pixi con un 3.33% (1 pieza). En el rango de -1 a -0.51mm fue solo en el grupo de ME Apex ID con un 10% (3 piezas). De acuerdo al rango de -0.50 a 0.0mm ME Apex ID tuvo el mayor porcentaje con un 40% (12 piezas) seguido de ME Root ZX Mini con un 33.33% (10 piezas) y ME Propex Pixi con un 10% (3 piezas). En el rango de 0.01 a 0.50mm se obtuvo un 73.33% (22 piezas) en ME Propex Pixi seguido de ME Root ZX Mini con un 50% (15 piezas) y ME Apex ID con un 40% (12 piezas). En el rango de 0.51 a 1.0mm ME Root ZX Mini obtuvo un 16.66% (5 piezas) seguido de ME Apex ID Y ME Propex Pixi ambos con un 6.66% (2 piezas). De > 1.1mm fue de un 3.33% (1 pieza) en ME Apex ID y 6.66% (2 piezas) en ME Propex Pixi.

Tabla VII. Estadística descriptiva de la longitud de trabajo por grupo de estudio.

	Media	Desviación estándar	IC 95%		Mínimo	Máximo
			Inf	Sup		
Apex ID	20.16	3.60	18.82	21.51	13.22	28.22
Root ZX Mini	20.31	3.64	18.95	21.67	13.37	27.68
Propex Pixi	20.49	3.58	19.16	21.83	13.54	28.79
Real	20.15	3.61	18.80	21.50	13.18	27.06
Global	20.28	3.57	19.64	20.92	13.18	28.79

El grupo de las medidas obtenidas con el localizador de ápices Apex ID presentó una media de 20.16mm con una desviación estándar de 3.60mm, con un valor mínimo de 13.22mm y máximo de 28.22mm. En el grupo de medidas obtenidas con Root ZX Mini presentó una media de 20.31mm con una desviación estándar de 3.64mm, con un valor mínimo de 13.37mm y máximo de 27.68mm. En el grupo de medidas obtenidas con Propex Pixi presentó una media de 20.49mm con una desviación estándar de 3.58mm, con un valor mínimo de 13.54mm y máximo de 28.79mm. En el grupo de medidas obtenidas por un solo operador para obtener la longitud real se presentó una media de 20.15mm con una desviación estándar de 3.61mm con un valor mínimo de 13.18mm y máximo de 27.06mm.

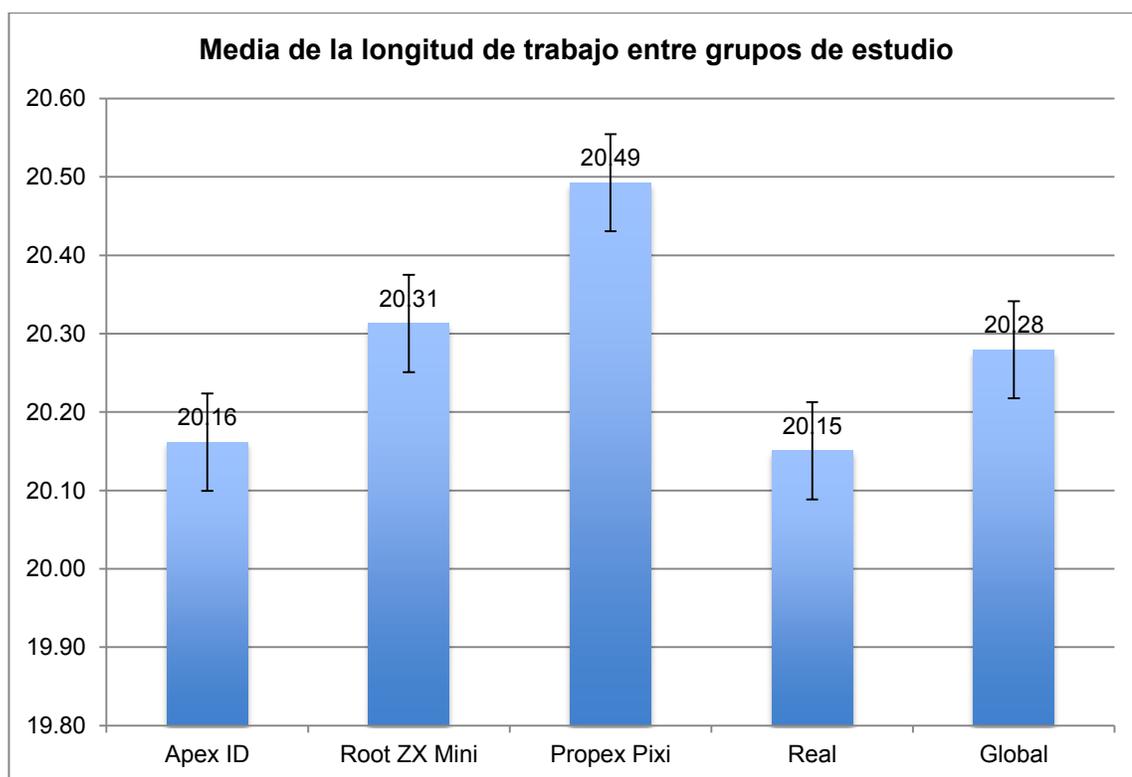


Figura 9. Comparación de media de mediciones electrónicas de localizadores apicales y longitud real.

Tabla VIII. Estadística descriptiva de la diferencia de medias de medidas electrónicas respecto a la longitud real

	Media	Desviación Estándar
Apex ID	0.012	0.008
Root ZX Mini	0.163	0.032
Propex Pixi	0.343	0.032

La media de la distancia desde la punta de la lima hasta la LR en el grupo de Apex ID fue de 0.012 ± 0.008 mm, en Root ZX Mini de $0.163\text{mm} \pm 0.032\text{mm}$ y en Propex Pixi fue de 0.343 ± 0.032 mm.

Tabla IX. Análisis de varianza entre la longitud de trabajo de los grupos de estudio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Prueba F	Valor p
Entre grupos	2.311	3	0.770	0.059	0.981
Dentro de grupos	1510.099	116	13.018		
Total	1512.410	119			

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre LR y ME Apex ID, ME Root ZX Mini y ME Propex Pixi. ($p=0.981$).

7. DISCUSIÓN

En este estudio se decidió comparar la precisión de los localizadores Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi ya que son de las últimas generaciones de localizadores apicales electrónicos, lo cual los hace los aparatos más nuevos en el mercado (Soares et al., 2013; Útsün et al., 2016; de Vasconcelos et al., 2015) y de los cuales no existe ningún estudio donde se comparen entre sí.

Los estudios realizados para evaluar la precisión de localizadores apicales electrónicos difieren en cuanto al punto apical de terminación o referencia. Algunos investigadores prefieren tomar el foramen apical menor como punto de referencia mientras otros miden hasta el foramen apical mayor (Saxena et al., 2017). Se considera el foramen apical menor (constricción apical) como una terminación apical adecuada para la preparación de los conductos radiculares (Ponce y VilarFernández, 2003). Es sabido en la literatura que la localización precisa del foramen apical menor no siempre se puede determinar y que en ocasiones no existe en todas las piezas dentales, por lo que en esta investigación no se tomo en cuenta esta marca anatómica para determinar la longitud real de trabajo porque era imposible localizarla en todas las muestras. Por lo general esta reportada la distancia promedio entre el foramen apical menor (constricción apical) y foramen apical mayor (foramen apical) de 0.5mm (Kuttler, 1955). Es por ello que en este estudio se estableció la longitud real tomando como referencia el foramen apical mayor, medida a la cual se le restó 0.5mm, es decir menos 0.5mm de la longitud del conducto. (Duran-Sindreu et al., 2013; Gomes et al., 2012; Ozsezer et al., 2007;

Raghu et al., 2014; Saatchi et al., 2014; Soares et al., 2013). Existen investigaciones de localizadores apicales en donde se realizan cortes longitudinales de los últimos 4mm de las raíces para localizar la constricción apical (de Vasconcelos et al., 2014; Duran-Sindreu F. et al., 2012; Mandlik et al., 2013; Milanovic et al., 2015; Moscoso et al., 2014; Souza Pereira et al., 2014; Stöber et al., 2011; Swapna et al., 2015). Sin embargo, como se mencionó previamente, no siempre se puede localizar la constricción apical, por lo cual en esta investigación no se realizaron dichos cortes longitudinales (de Vasconcelos et al., 2014; Duran-Sindreu et al., 2012; Khandewal et al., 2015; Moscoso et al., 2014; Saatchi et al., 2014; Soares et al., 2013; Stöber et al., 2011). Se ha reportado el corte histológico de los conductos radiculares como el estándar de oro para este tipo de estudios (Saxena et al., 2017) ya que este proporciona una vista sin obstrucciones de la lima en relación con el diámetro apical menor y permite una medición exacta directa de la distancia entre el diámetro mayor y menor con magnificación, como también se ha reportado la combinación de corte histológico y micro CT, dada la naturaleza no destructiva de esta última y su alto nivel de precisión para localizar la constricción apical (Jung et al., 2005; ElAyouti et al., 2014).

Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron que Apex ID tiene una eficacia del 80% con rango de tolerancia de $\pm 0.5\text{mm}$ y de 96.66% dentro del rango de $\pm 1.0\text{mm}$. Estos resultados difieren en porcentaje de los reportados por Piasecki et al., en el 2016 en su estudio de laboratorio donde obtuvo una precisión de 60% con rango de tolerancia de $\pm 0.50\text{mm}$ y 87.3% en el rango $\pm 1.0\text{mm}$, ha pesar de haber utilizado el mismo mecanismo de funcionamiento (marca 0.5) que se utilizó en esta investigación, como también difieren de sus resultados con el funcionamiento de tomar la longitud hasta la marca "APEX" y a esta medida se le resto 0.5mm obteniendo una eficacia de

48.5% en $\pm 0.5\text{mm}$ y 90.9% en $\pm 1.0\text{mm}$, mecanismo que no está indicado por el fabricante. Estos resultados coinciden en que hay mayor precisión en el rango de $\pm 1.0\text{mm}$. Están reportados en la literatura estudios in vitro de Apex ID en los cuales utilizan diferentes mecanismos de funcionamiento, en donde se encontró una precisión para localizar el foramen apical (marca "APEX") de un 68 a 93%, con la marca "-1.0" que es reportado como 1mm corto del foramen apical, de un 70 a 93% y un 33% al llegar a la marca "APEX" y regresar el instrumento hasta la marca "0.1" (de Vasconcelos et al., 2015; Oliveira et al., 2017). Estos resultados coinciden con lo reportado por Nekoofar et al., en el 2006, que el reconocimiento de medidas de los localizadores apicales electrónicos varía cuando se adoptan diferentes protocolos de uso. En la presente investigación se utilizó el mecanismo de funcionamiento indicado por el fabricante el cual menciona introducir el instrumento hasta que el localizador marque "APEX" y regresar a la marca "0.5" la cual no indica que este a 0.5mm del foramen apical, sino que se encuentra a una distancia coronal "adecuada" del foramen apical. Hasta la fecha los estudios de comparación de eficacia de funcionamiento de localizadores en donde se estudia Apex ID son in vitro, no se ha encontrado en la literatura un estudio in vivo, en estos estudios las medidas electrónicas fueron tomadas con ayuda de moldes de alginato, pudiendo ser una de las causas por la cual los resultados reportados sean diferentes a los de la presente investigación.

Root ZX Mini demostró una eficacia de 83.33% y 100% para un rango de tolerancia de $\pm 0.5\text{mm}$ y $\pm 1\text{mm}$ respectivamente. Dentro del rango $\pm 0.5\text{mm}$ del foramen menor, nuestros resultados son similares a los reportados en un estudio in vitro donde demostraron la precisión de Root ZX Mini en un 82.5% con diversos solventes (Al-Hadlag, 2013) y difieren de los estudios ex vivo donde se reportó una precisión de

56.2% (Da Silva., 2014) y 68.8% (Aguiar et al., 2017), estudios en donde se tomó la longitud real de las piezas al igual que nosotros con un método visual con microscopio, con la diferencia de que se tomó la longitud real hasta el foramen apical y en esta investigación se restó 0.5mm del foramen apical. En el estudio de Stoll et al., en el 2010 se reportó una precisión de 93.4 a 95% en donde se utilizó la misma marca anatómica (foramen apical menos 0.5mm) con la diferencia que para registrar las medidas utilizaron una regla endodóntica con precisión de 0.5mm en lugar de un calibrador digital milimétrico de precisión de 0.1mm. En cuanto al rango de ± 1.0 mm los resultados concuerdan con un estudio ex vivo con 100% (Aguiar et al., 2017) y difieren con el estudio in vivo en donde no se utilizaron piezas indicadas para extracción, por lo cual para evaluar la precisión de los localizadores se utilizaron radiografías, obteniendo un 62.2% de precisión (Saraf et al., 2017) a diferencia de este estudio y muchos otros previamente reportados, en donde la comparación se realiza con la pieza extraída y utilizando un método visual con microscopio.

En cuanto a Propex Pixi obtuvo una eficacia del 83.33% con rango de tolerancia de ± 0.5 mm y del 89.99% dentro del rango ± 1 mm. Estos resultados coinciden con los reportados por medio de cortes histológicos y Propex Pixi con un 80% (Saxena et al., 2017) y con limas tanto de acero inoxidable como níquel titanio con un 83.3% (Gehlot et al., 2016). Se ha reportado que Propex Pixi tiene una precisión de 87-93% en el foramen apical (marca 0.0) y de 63-73% a 1mm corto del foramen apical (Oliveira et al., 2017).

De los resultados de >1.1 mm, se encontró un 3.3% para Apex ID, estando reportado en la literatura estudios in vitro con porcentajes de 15.15 (Piasecki et al., 2016) y 6.6% para Propex Pixi. En el grupo de Root ZX Mini no se reportó ninguna pieza, a diferencia de estudios in vitro donde se informó un 9.6% (Aguiar et al., 2017) y

de un 6.75 a 8.7% en estudios in vivo con comparación radiográfica (Kocak et al., 2013; Saraf et al., 2017). Estos resultados son importantes ya que representan una baja incidencia de realizar una sobre instrumentación, más para aquellos clínicos que solo utilizan las medidas electrónicas como referencia para la longitud de trabajo.

Existen estudios previamente reportados en donde se han comparado las mediciones electrónicas con radiografías, mientras otros comparan las medidas electrónicas con las piezas extraídas, en esta investigación se tomo una radiografía digital de cada medida electrónica obtenida y se realizó la comparación de medidas por medio visual microscópico. Es una buena práctica aprovechar en conjunto otros métodos de determinación de longitud de trabajo como el uso de radiografías y sensación táctil para complementar las lecturas obtenidas por los localizadores.

Las medidas electrónicas se tomaron de acuerdo a las indicaciones de fábrica de cada localizador apical. En cuanto a Apex ID y Root ZX Mini ambos tienen una pantalla LCD con barras indicadoras de la longitud del conducto. Para Apex ID se avanza la lima hasta que la barra indicadora y auditiva señale “APEX”, en este punto se retira hasta la marca “0.5”. Para Root ZX Mini es similar, el instrumento avanza hasta la barra indicadora y auditiva “APEX” para después retirar hasta la línea ubicada entre “APEX” y “1”. Ambos fabricantes indican que las marcas no equivalen a milímetros, solo es una posición coronal a la constricción apical o una medida muy cerca de esta. Propex Pixi tiene barras con colores que indican la longitud del conducto, la lima se avanza hasta la barra indicadora “OVER” y se retira hasta la marca “0.0”, que de acuerdo al fabricante hace referencia a la posición en el foramen apical menor, sin embargo, también indica que para evitar una sobre instrumentación se debe restar 0.5mm de la longitud de la lima medida en “0.0”, a diferencia de Root ZX Mini y Apex ID los cuales no indican realizar

modificaciones en las medidas electrónicas obtenidas. Realizar modificaciones a la longitud establecida por Propex Pixi en “0.0” como lo indica su fabricante puede ser un factor que afecte su precisión ya que la resta de 0.5mm puede hacerse con un rango mayor o menor a lo indicado.

En todos los localizadores existe el riesgo de modificar la longitud de trabajo al sacar el instrumento del conducto, medirlo con una regla endodóntica (en nuestra investigación con un calibrador digital milimétrico) y que el tope de goma se mueva a la longitud previamente establecida. Fue por ello la importancia de utilizar topes de goma nuevos en todas las medidas tomadas electrónicamente como también la longitud real a través del método visual con microscopio, en donde se pudo apreciar también las variaciones de la anatomía apical, como la posición lateral del foramen apical, la cual reportó Piasecki et al., en el 2016 puede afectar negativamente la precisión de los localizadores.

En el presente estudio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones electrónicas de Apex ID, Root ZX Mini, Propex Pixi y la longitud real ($p=0.98$). La media de la distancia entre la punta de la lima a la LR en el grupo de Apex ID fue de $0.012 \pm 0.008\text{mm}$, en Root ZX Mini de $0.163\text{mm} \pm 0.032\text{mm}$ y en Propex Pixi fue de $0.343 \pm 0.032\text{mm}$. Estas diferencias clínicamente no las percibimos ya que por lo general los tratamientos de endodoncia se realizan con reglas endodónticas de precisión de 0.5mm, mas sin embargo al obsérvalo en el microscopio y realizar las medidas con un calibrador digital milimétrico de precisión de 0.1mm hacen una gran diferencia. A pesar de que Apex ID tuvo la menor diferencia de distancia media respecto a la longitud real, 1 pieza dental tuvo una diferencia de $>1.1\text{mm}$. Root ZX Mini tuvo una mayor precisión que Apex ID en los rangos de

distancia de $\pm 0.50\text{mm}$ y $\pm 1.0\text{mm}$ que son los rangos de una medición precisa y aceptable respectivamente, en clínica. Propex Pixi tuvo el mismo porcentaje que Root ZX Mini en el rango $\pm 0.5\text{mm}$ pero más bajo en el rango $\pm 1.0\text{mm}$, inclusive mas bajo de Apex ID y tuvo porcentajes en los rangos >1.1 y $<-1.1\text{mm}$.

8. CONCLUSIONES

Bajo las limitaciones de este estudio se puede concluir que no existe diferencia estadísticamente significativa entre la precisión de los localizadores Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi, al ser utilizados en pacientes bajo las indicaciones de fábrica de cada localizador.

Root ZX Mini tuvo un porcentaje igual de precisión en el rango de $\pm 0.5\text{mm}$ que Propex Pixi, seguido de Apex ID.

Root ZX Mini tuvo mayor porcentaje de precisión en el rango $\pm 1.0\text{mm}$ seguido de Apex ID y Propex Pixi.

Apex ID, Root ZX Mini y Propex Pixi poseen mayor precisión en el rango de distancia $\pm 1.0\text{mm}$.

Como recomendación se propone realizar en el futuro más estudios considerando el uso de microtomografía computarizada o tomografía computarizada cone beam antes de tomar las mediciones electrónicas in vivo para determinar de manera mas precisa la localización de la constricción apical o foramen apical menor.

9. LITERATURA CITADA

1. Abdullah A, Singh N, Rathore MS, Tandon S, Rajkumar B. Comparative Evaluation of Electronic Apex Locators and Radiovisiography for Working Length Determination in Primary Teeth in vivo. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016;9(2):118-123.
2. Aguiar BA, Reinaldo RS, Frota LM, do Vale MS, de Vasconcelos BC. Root ZX Electronic Foramen Locator: An Ex Vivo Study of Its Three Models' Precision and Reproducibility. *Int J Dent.* 2017; 5893790.
3. Al-Hadlag SM. Effect of chloroform, orange solvent and eucalyptol on the accuracy of four electronic apex locators. *Aust Endod J.* 2013;39(3):112-115.
4. Barnes JJ, Patel S. Contemporary endodontics part 1. *British Dental Journal.* 2011;211(10):463-468.
5. Basmadjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM, Lebrun T. Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literatura. *Int Endod J.* 2002;52(2):81-86.
6. Blaskovic-Subat V, Maricic B, Sutalo J. Asymmetry of the root canal foramen. *Int Endod J.* 1992;25(3):158-164.
7. Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study. *J Endod.* 2010;36(12):2003-2007.
8. Comin CL, Menini M, Cavalleri G. A comparison between two fourth generation apex locators. *Minerva Stomatol.* 2012;61(5):183-196.

9. da Silva TM, Alves FR. Ex vivo accuracy of Root ZX II, Root ZX Mini and RomiApex A-15 apex locators in extracted vital pulp teeth. *J Contemp Dent Pract.* 2014;15(3):312-314.
10. de Vasconcelos BC, Araújo RB, Silva FC, Luna-Cruz SM, Duarte MA, Fernandes CA. In vivo accuracy of two electronic foramen locators based on different operation systems. *Braz Dent J.* 2014;25(1):12-16.
11. de Vasconcelos BC, Verissimo-Chaves RD, Vivacqua-Gomes N, Candeiro GT, Bernardes RA, Vivan RR, Duarte MA. Ex vivo evaluation of the accuracy of electronic foramen locators in root Canals with an obstructed apical foramen. *J Endod.* 2015;41(19):1551-1554.
12. Densply Maillefer. 2014. *Propex pixi. Manual.* [internet] Disponible en el sitio de red: <http://www.dentsplyargentina.com.ar/Propex%20Pixi%20DFU.pdf> y <https://erp.somuden.es/folleto/183-23.pdf> [Revisado 13 de Noviembre de 2017].
13. Duran-Sindreu F, Gomes S, Stöber E, Mercadé M, Jané L, Roig M. In vivo evaluation of the Ipex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants. *Int Endod J.* 2013;46(8):769-774.
14. Duran-Sindreu F, Stöber E, Mercadé M, Vera J, García M, Bueno R, Roig M. Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. *J Endod.* 2012;38(2):236-239.
15. Elayouti A, Hülber JM, Judenhofer MS, Connert T, Mannheim JG, Löst C, Pichler BJ, von Ohle C. Apical constriction: location and dimensions in molars-a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2014;40(8):1095-1099.

16. Fouad AF, Krell KV, McKendry D, Koorbusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instrument. *J Endod.* 1990;16(9):446-449.
17. Gehlot PM, Manjunath V, Manjunath MK. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless steel and nickel-titanium hand files. *Restor Dent Endod.* 2016;41(1):6-11.
18. Gluskin AH. Anatomy of an overfill: a reflectio on the process. *Endodontic Topics* 2009;16(1):64-81.
19. Gomes S, Oliver R, Macouzet C, Mercadé M, Roig M, Duran-Sindreu F. In vivo evaluation of the Raypex 5 by using different irrigants. *J Endod.* 2012;38(8):1075-1077.
20. Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J.* 2004;37(7):425-437.
21. Gutiérrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(6):769-777.
22. Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *J Endod.* 1985;11(10):421-427.
23. J Morita MFG Corp. 2011. *Root ZX II mini manual.* [internet] Disponible en el sitio de red: http://global.morita.com/usa/root/img/pool/pdf/ifu_msds/root-zx-mini-ifu-093011.pdf [Revisado 13 de Noviembre de 2017]
24. Jenkins J, Walker W, Schindler W, Flores C. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod.* 2001;27(3):209-211.

25. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J.* 2005;38(9):617-626.
26. Khandewal D, Ballal NV, Saraswathi MV. Comparative evaluation of accuracy of 2 electronic Apex locators with conventional radiography: an ex vivo study. *J Endod.* 2005;41(2):201-204.
27. Kim PJ, Kim HG, Choo BH. Evaluation of electrical impedance ratio measurements in accuracy of electronic apex locators. *Restor Dent Endod.* 2015;40(2):113-122.
28. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod.* 1994;20(3):111-114.
29. Kocak S, Kocak MM, Saglam BC. Efficiency of 2 electronic apex locators on working length determination: A clinical study. *J Conserv Dent.* 2013;16(3):229-232.
30. Kuttler Y. 1980. *Fundamentos de endo-metaendodoncia práctica.* México, pp.8
31. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Den Assoc.* 1955;50():544-552.
32. Laux M, Abbott PV, Pajarola G, Nair PN. Apical inflammatory root resorption: a correlative radiographic and histological assessment. *Int Endod J.* 2000;33(6):483-493.
33. López F, Gómez P, Ordoñez A, Riachi R, Torres R, Torres M. Localizadores apicales: nuevas tecnologías en diagnóstico – Revisión de literatura. *Revista Científica Universidad el Bosque.* 2004;10(1):61-67.

34. Mandlik J, Shah N, Pawar K, Gupta P, Singh S, Shaik SA. An in vivo evaluation of different methods of working length determination. *J Contemp Dent Pract.* 2013;1(1):644-648.
35. Martos J, Lubian C, Silveira LF, Suita de Castro LA, Ferrer Luque CM. Morphologic analysis of the root apex in human teeth. *J Endod.* 2010;36(4):664-667.
36. Miranda-Rius J, Lahor-Soler E, Brunet-Llobet L, Sabaté de la Cruz X. Risk of electromagnetic interference induced by dental equipment on cardiac implantable electrical devices. *Eur J Oral Sic.* 2016;124(6):559-565.
37. Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014;19(2):202-205.
38. Nekoofar M, Ghandi M, Hayes SJ, Dummer PM. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J.* 2006;39(8):595-609
39. Oliveira TN, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Vivan RR, Duarte MAH, Vasconcelos BC. Determination of the Accuracy of 5 Electronic Apex Locators in the Function of Different Employment Protocols. *J Endod.* 2017;43(10):1663-1667.
40. Orosco FA, Bernardineli N, Garcia RB, Bramante CM, Duarte MA, Moraes IG. In vivo accuracy of conventional and digital radiographic methods in confirming root canal working length determination by Root ZX. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(5):522-525.

41. Ozsezer E, Inan U, Aydin U. In vivo evaluation of ProPex electronic apex locator. *J Endod.* 2007;33(8):974-977.
42. Pascon E, Marelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani M. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009;42(11):1026-1031.
43. Piasecki L, Carneiro E, da Silva Neto UX, Westphalen VP, Brandao CG, Gambarini G, Azim AA. The use of micro-computed tomography to determine the accuracy of 2 electronic apex locators and anatomic variations affecting their precision. *J Endod.* 2016;42(8):1263-1267.
44. Pommer O, Stamm-Attin T. Influence of the canal contents on the electrical associated determination of the length of root canals. *J Endod.* 2002;28(2): 83-85.
45. Ponce EH, VilarFernández JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod.* 2003;29(3):214-219.
46. Rajeswari K, Kandaswamy D, Karthick S. Endodontic management of patients with systemic complications. *J Pharm Bioallied Sci.* 2016;8(1):32-35.
47. Ravichandra C, Nimeshika R, Smitha R, Bhuvan SB, Shekar K. The clinical accuracy of 2 electronic apex locators to determine working length in comparison with standard radiographic method in teeth with and without periapical lesions. *Endodontology.* 2015;27(2):136-141.
48. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J.* 1998;31(6):394-440.

49. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J.* 1998;31(6):384-393.
50. Rodríguez-Niklitschek C, Oporto VGH. Determinación de la longitud de trabajo en endodoncia. Implicaciones clínicas de la anatomía radicular y del sistema de canales radiculares. *Int J Odontostomat.* 2014;8(2):177-183.
51. Saad AY, Al-Yahya AS. The location of the cementodentinal junction in single-rooted mandibular first premolars from Egyptian and Saudi patients: a histological study. *Int Endod J.* 2003;36(8):541-544.
52. Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device – influence of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dentistry in Japan.* 1990;27(1):65–72.
53. Saraf PA, Ratnakar P, Patil TN, Penukonda R, Kamatagi L, Vanaki SS. A comparative clinical evaluation of accuracy of six apex locators with intraoral periapical radiograph in multirouted teeth: An *in vivo* study. *J Conserv Dent.* 2017;20(4):264-268.
54. Saxena D, Saha SG, Bharandwaj A, Vijawargiya N, Dubey S, Kala S. A comparative evaluation of accuracy of three electronic apex locators using histological section as gold standard: An *ex vivo* study. *J Conserv Dent.* 2017;20(4):251-254.
55. Segura-Egea JJ, Martin-Gonzalez J, Castellanos-Cosano L. Endodontic medicine: connections between apical periodontitis and systemic diseases. *Int Endod J.* 2015;48(10):933-951..
56. Serota KS, Vera J, Barnett F, Nahmias Y. The new era of foraminal location. *Roots, International magazine of endodontology.* 2006;1(1):23-30.

57. Singh SV, Nikhil V, Singh AV, Yadav S. An in vivo comparative evaluation to determine the accuracy of working length between radiographic and electronic apex locators. *Indian J Dent Res.* 2012;23(3):359-362.
58. Soares RM, Silva EJ, Herrera, DR. Evaluation of the Joypex 5 and Root ZX II: an in vivo and ex vivo study. *Int Endod J.* 2013;46(10):904-909.
59. Souza Pereira, KF; da Silva, PG; Vicente, FS; Nakao Arashiro, F; Coldebella, CR; Spironelli Ramos, CA. An In Vivo Study of Working Length Determination with a New Apex Locator. *Braz Dent J.* 2014;25(1):17-21.
60. Stöber EK, de Ribot J, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(10):1349-1352.
61. Stöber EK, Duran-Sindreu F, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of Root ZX and iPex apex locators: an in vivo study. *J Endod.* 2011;37(5):608-610.
62. Stoll R, Urban-Kein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *Int Endod J.* 2010;43(9):808-817.
63. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *Journal of Dental Research* 1962;41(2):375–387.
64. Swapna DV, Krishna A, Patil AC, Rashmi K, Pai VS, Ranjini MA. Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An in vivo study. *J Conserv Dent.* 2015;18(4):288-291.

65. SybronEndo. 2016. *Apex ID manual*. [internet] Disponible en el sitio de red: http://www.profident.pl/media/142960/apex_id_instrukcja_01.21.13_.pdf
[Revisado 13 de Noviembre de 2017]
66. Tidmarsh BG, Sherson W, Stalker NL. Establishing endodontic working length: a comparison of radiographic and electronic methods. *N Z Dent J*. 1985;81(365):93-96.
67. Torabinejad M, Walton RE. 2010. *Endodoncia, principios y práctica*. Elsevier: España, pp. i.
68. Útsün Y, Aslan T, Sekerci AE, Sagsen B. Evaluation of the reliability of cone-beam computed tomography scanning and electronic apex locator measurements in working length determination of teeth with large periapical lesions. *J Endod*. 2016;42(9):1334-1337.
69. Vera J, Gutiérrez M. Accurate working-length determination using a Fourth-generation apex locator. *Contemporary Endodontics* 2004;1:4-8.
70. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics* .2005;10(1):3-29.
71. Vinayak K, Pishipati C. An In Vitro Comparison of Propex II Apex Locator to Standard Radiographic Method. *Iran Endod J*. 2013;8(3):114-117.
72. Wong AWY, Zhang C, Chu C. A systematic review of nonsurgical single-visit versus multiple-visit endodontic treatment. *Clinical Cosmetic and Investigational Dentistry*. 2014;8(6):45-56.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Gabriela Serna Peña

Candidata para el Grado de

Maestría en Ciencias Odontológicas en el Área de Endodoncia

Tesis: EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS LOCALIZADORES DE ÁPICES APEX ID, ROOT ZX MINI Y PROPEX PIXI PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE TRABAJO. ESTUDIO IN VIVO

Campo de Estudio: Ciencias de la Salud

Datos Personales: Nacida en Monterrey, Nuevo León el 21 de marzo de 1993, hija de José Armando Serna Pérez y Gricelda Peña García.

Educación: Egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Cirujano Dentista en 2015.

Experiencia Profesional: Instructora en el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León de 2012 a 2015.

APÉNDICES

APÉNDICE A

COMITÉ DE BIOÉTICA

SPSI – 010613

Folio: 00161

COMITÉ DE BIOETICA

Posgrado de Endodoncia

Comisión de Revisión Bioética

Para: Dra. en C. Myriam Angélica de la Garza Ramos
 Fecha de recepción: Febrero del 2018
 Título: Evaluación de la precisión de los localizadores de ápices Apex ID, RootZX Mini y Propex Pixi para determinar la longitud de trabajo. Estudio in vivo.
 Para: Gabriela Serna Peña

El presente es referencia para protocolo de investigación mencionado en la parte superior. En la deliberación de este comité, los procedimientos en dicha aplicación conformada por las reglas y el reglamento del DHHS y de la FDA en relación con los temas de uso humano. La aprobación se otorga durante un año.

Como condición para aprobar la investigación, el responsable de la investigación debe de haber leído, establecido y firmado el escrito adjunto de nuestro Documento Federal de Seguridad.

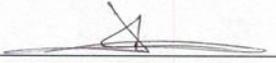
Además el responsable de la investigación acuerda lo siguiente:

1. A dar información mediante un reporte de revisión periódica, necesaria para la revisión de este protocolo por parte del comité, en intervalos apropiados para evitar el riesgo y asegurar que el protocolo está siendo guiado con las recomendaciones y la supervisión del comité, pero dichos intervalos no deben tener más de un año desde su inicio.
2. Proveer al comité la forma del reporte periódico de revisión, así como el reporte final cuando concluya su proyecto.
3. El uso como documento de consentimiento informado para este estudio, el reporte final aprobado por el comité IRB impreso definiendo su periodo de aprobación.
4. Reportar cualquier evento adverso relacionado con el estudio y que pudiera afectar la salud mental y física del paciente.
5. Este estudio está sujeto a registro durante este periodo de tiempo.

Los registros relacionados con las acciones del comité referentes a este protocolo están en el archivo en la oficina de División de Estudios de Posgrado y de Investigación de esta Facultad.

Fecha de aprobación: Febrero del 2018
 Periodo aprobado: Febrero del 2019
 Responsable de la Investigación: Dra. Idalia Rodríguez Delgado

Comité Institucional Investigador



Dr. Jaime Adrián Mendoza Tijerina

Dra. Margarita María Reyna Maldonado

Dra. Myriam de la Garza Ramos

La siguiente información describe las responsabilidades tomadas del Documento de archivo de Múltiple Seguridad, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Odontología, junto con la Ley Federal de Salud en Materia de Investigación para la Salud (SS, 1987) ANEXO I.

La aprobación del protocolo está sujeta a estas reglas:

- a) Los investigadores declaran y aceptan su responsabilidad para la protección de los derechos y el bienestar del humano así como garantizar su integridad.
- b) Los investigadores que intenten involucrar investigaciones con humanos no estarán exentos de la aplicación de nuestras leyes federales y universitarias.
- c) Los investigadores son responsables de otorgar una copia de la aprobación del IRB firmada, y el documento de consentimiento de cada período de tiempo a menos que el IRB elimine este requerimiento. Todos los documentos de consentimiento firmados se guardan en la oficina administrativa de investigación.
- d) Los investigadores reportarán con rapidez los cambios propuestos en las actividades de investigación relacionados con humanos al IRB.
- e) Los investigadores son responsables para reportar el progreso de la investigación a la oficina administrativa de investigación, tan a menudo como se describe en las bases de riesgos del IRB, pero no menos de una vez al año.
- f) Los investigadores deberán reportar inmediatamente los daños y/o problemas que sean riesgo para los sujetos y para otros miembros de la comunidad.

- g) Ni el investigador, ni asociados interinstitucionales, no institucionales en acuerdos de investigación podrán buscar para su beneficio obtención de créditos, la utilización de la información de las intervenciones con el paciente que constituyan una violación a las garantías de su atención médica, sin la aprobación del IRB. Un médico deberá proveer seguridad ética/médica al paciente con la revisión y aprobación del IRB, exigido por la ley.
- h) Los investigadores deberán notificar al IRB, a la oficina de Investigación Administrativa y a las instituciones oficiales el intento para la admisión de material humano que vayan a ser utilizados en los protocolos de investigación.

Capítulo 1, capítulo 13. Prevalecerá el criterio de respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar, por lo cual se solicitará a los pacientes su aprobación voluntaria.

Artículo 14. Fracción V. Se contará con el consentimiento informado y por escrito del sujeto de investigación, en este caso se solicitará el consentimiento informado del paciente previo a la aplicación de los instrumentos.

Fracción VI. Todos los estudios serán realizados por profesionales de la salud con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano, bajo la responsabilidad de una institución de atención a la salud.

Fracción VII y VIII. Se contará con el dictamen favorable de la Comisión de Investigación y Bioética de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Nuevo León; la colecta de los datos se realizará solo cuando se cuente con dicha autorización.

Artículo 16. Se protegerá la privacidad del sujeto investigado, ya que no se solicitará identificación.

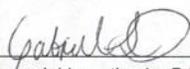
Artículo 17. Fracción I Esta investigación (es) debe de considerarse como riesgo mínimo.

Artículo 18 y 21. Para considerar existente el consentimiento informado del sujeto de investigación recibirá una explicación clara y completa de lo siguiente:

- 1) Justificación de los objetivos de investigación.

- 2) Los procedimientos que vayan a usarse y su propósito, incluyendo la identificación de los procedimientos que son experimentales.
- 3) Las molestias o riesgos esperados.
- 4) Los beneficios que pueda obtener.
- 5) Los procedimientos alternativos que pudieran ser verificados por el sujeto.
- 6) La garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con al investigación en el tratamiento del sujeto.
- 7) La libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio, sin que por ello creen perjuicios para continuar su cuidado y tratamiento.
- 8) La seguridad de que no se identificara al sujeto y se mantendrá la confidencialidad de la información relacionada con su privacidad.

He leído y comprendido mis responsabilidades antes descritas.


Firma del Investigador Principal

APÉNDICE B

EJEMPLO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 CONSENTIMIENTO INFORMADO
 Posgrado de Endodoncia



Nombre del paciente: _____
 Edad: _____
 Domicilio: _____
 Nombre del representante legal, familiar o allegado: _____
 Parentesco: _____
 Domicilio: _____

DECLARO

Que el Doctor y/o estudiante del posgrado de endodoncia _____ me ha invitado a formar parte de la investigación con evaluación de la precisión de los localizadores apicales Root ZX Mini, Apex ID y Propex Pixi para determinar la longitud de trabajo. Se me ha informado de los posibles riesgos y complicaciones que involucra este procedimiento y que involucra el uso de instrumentos para este procedimiento y anestesia. Dentro de los cuales se incluye perforación de la pieza, fractura de instrumentos, trismo, sensibilidad, dolor en el área de trabajo, sangrado, adormecimiento del labio, lengua, de los cuales la duración exacta no puede ser determinada. A sí mismo como la donación del órgano dentario que sea extraído.

Estoy de acuerdo en seguir las indicaciones que me indiquen. Por ello manifiesto que estoy satisfecho(a) con la información recibida y que comprendo el alcance de los riesgos del tratamiento o procedimiento.

CONSIENTO

En que se me realicen los procedimientos de diagnóstico y tratamiento que me fueron explicados y que me doy por enterado(a) de mi declaración. Así como me reservo expresamente el derecho a revocar mi consentimiento en cualquier momento antes de que el y/o los procedimientos objeto de este documento sean una realidad.

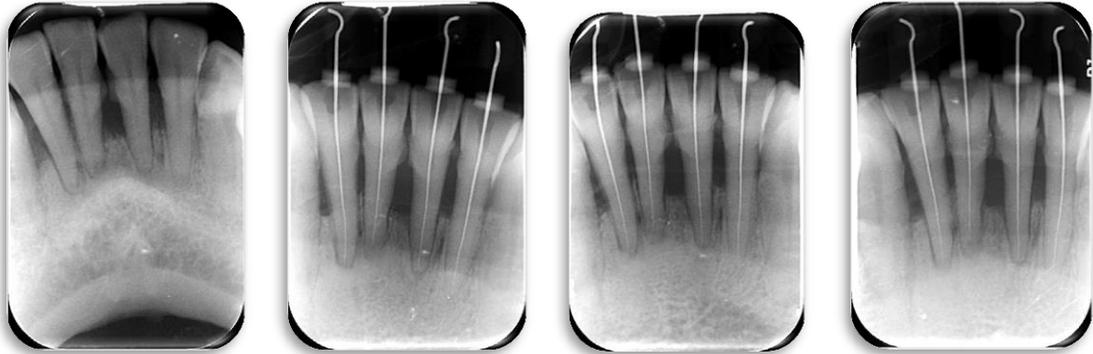
Monterrey N.L a los _____ del mes de _____ del año 20_____

Nombre y firma del paciente o responsable _____

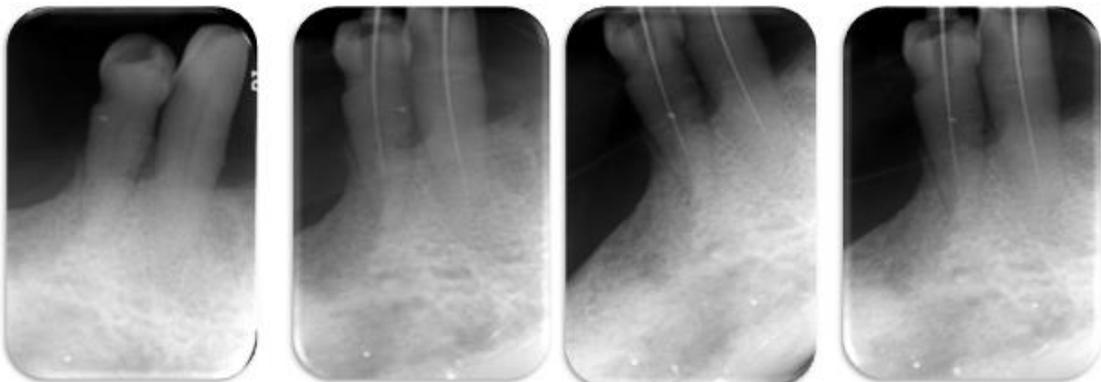
Nombre y firma del médico _____

Nombre y firma del testigo _____

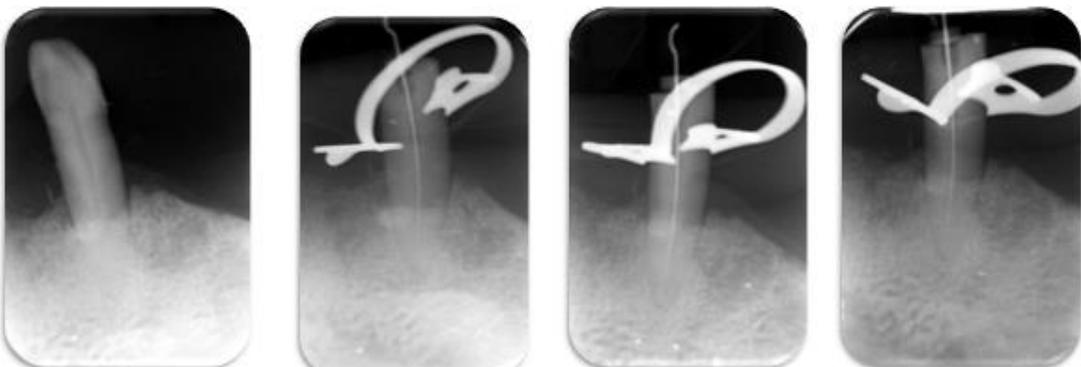
Nombre y firma del testigo _____

APÉNDICE C**RADIOGRAFÍAS**

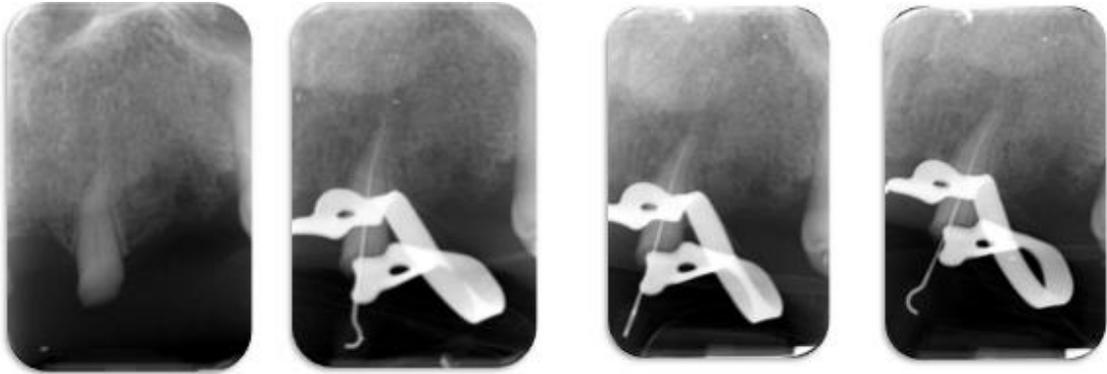
Paciente PCAH: Radiografías inicial, ME Root ZX Mini, ME Propex Pixi y Me Apex ID



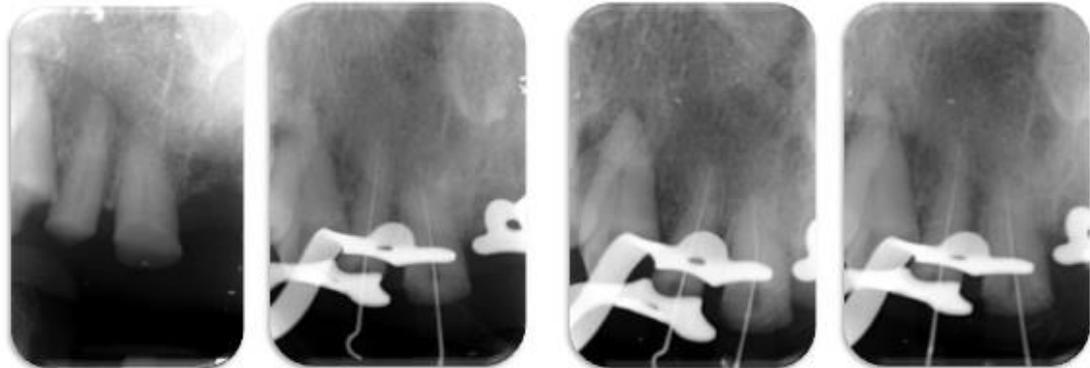
Paciente JMM: Radiografías inicial, ME Apex ID, Me Root ZX Mini y Me Propex Pixi.



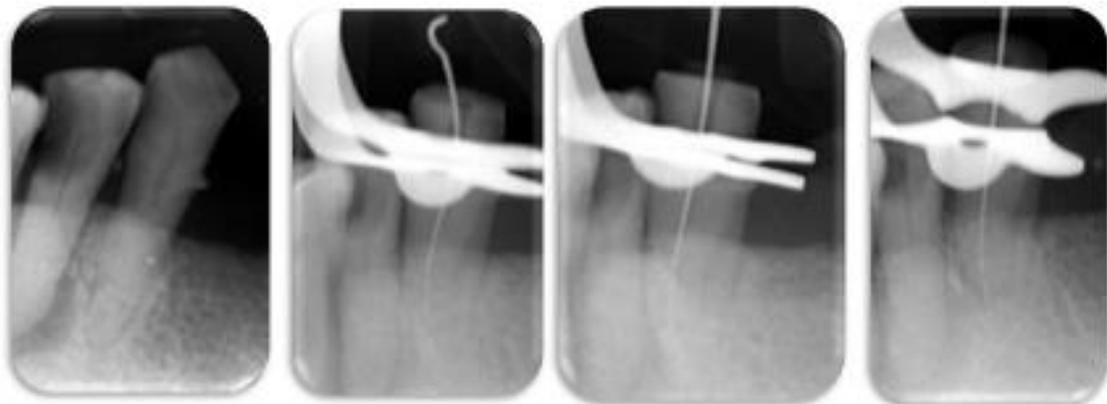
Paciente JMM: Radiografías inicial, ME Apex ID, Me Root ZX Mini y Me Propex Pixi.



Paciente LLA; Radiografías inicial, ME Propex Pixi, ME Apex ID y ME Root ZX Mini.



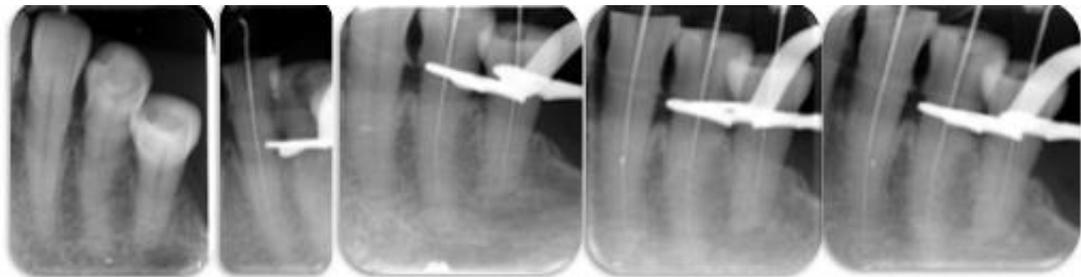
Paciente LLA; Radiografías inicial, ME Propex Pixi, ME Apex ID y ME Root ZX Mini.



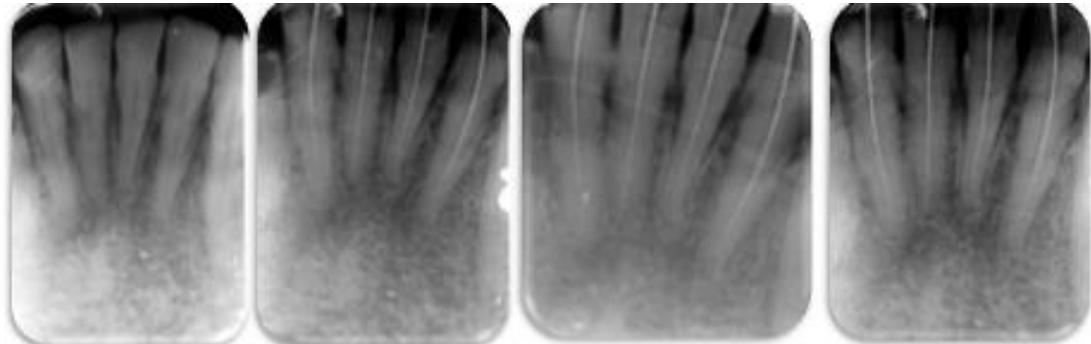
Paciente LLA; Radiografías inicial, ME Propex Pixi, ME Apex ID y ME Root ZX Mini.



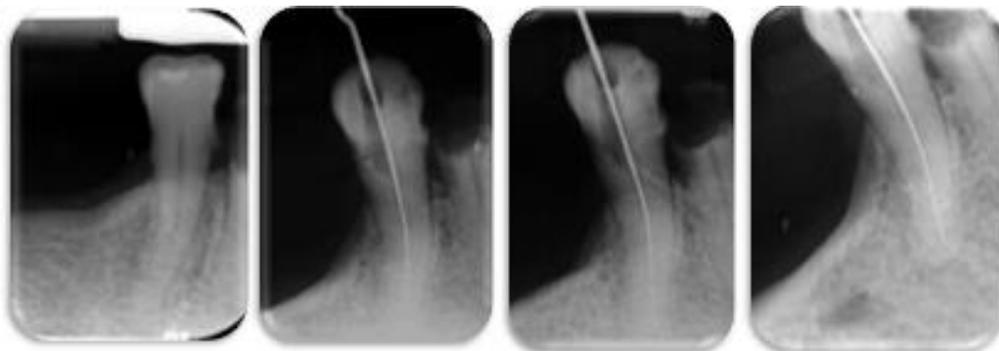
Paciente LLA; Radiografías inicial, ME Propex Pixi, ME Apex ID y ME Root ZX Mini.



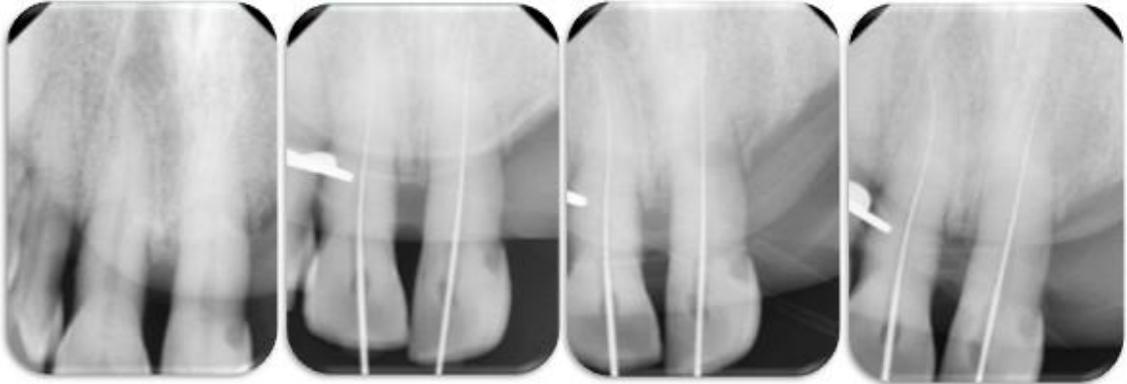
Paciente MMM: Radiografías inicial, ME Propex Pixi, ME Apex ID y ME Root ZX Mini.



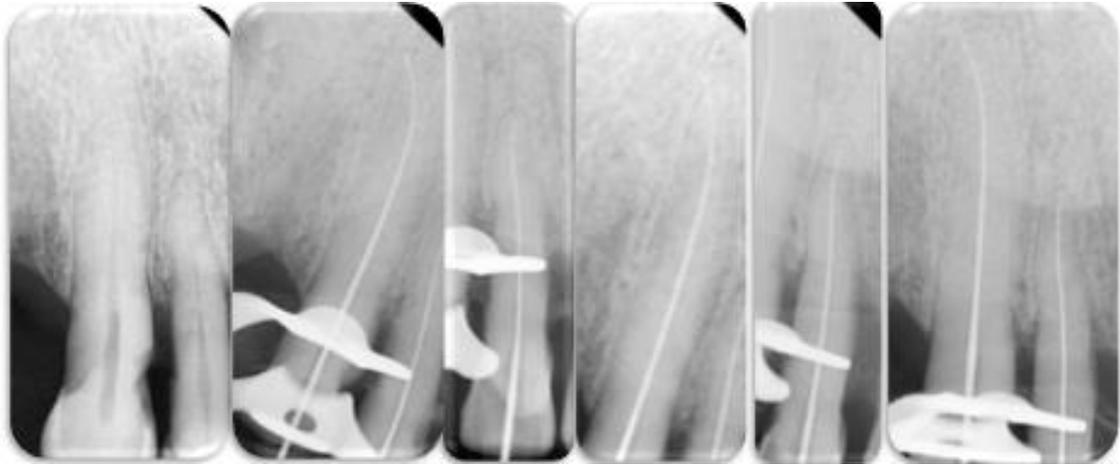
Paciente MMM: Radiografías inicial, ME Propex Pixi, ME Apex ID y ME Root ZX Mini.



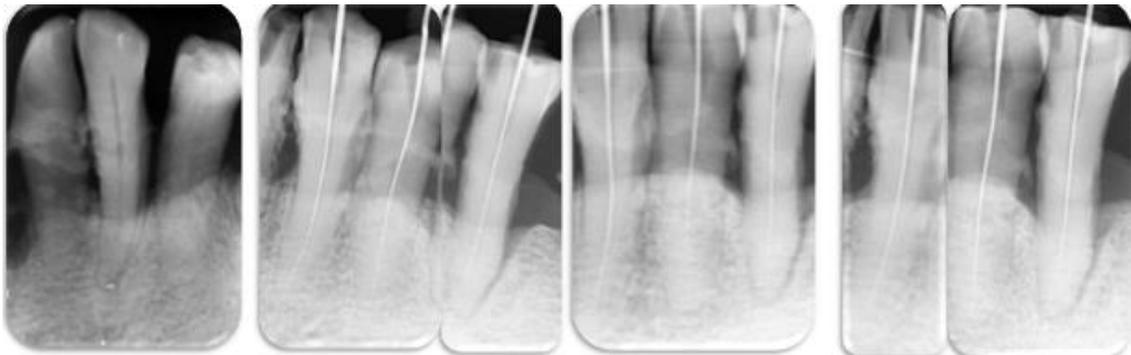
Paciente MMM: Radiografías inicial, ME Propex Pixi, ME Apex ID y ME Root ZX Mini.



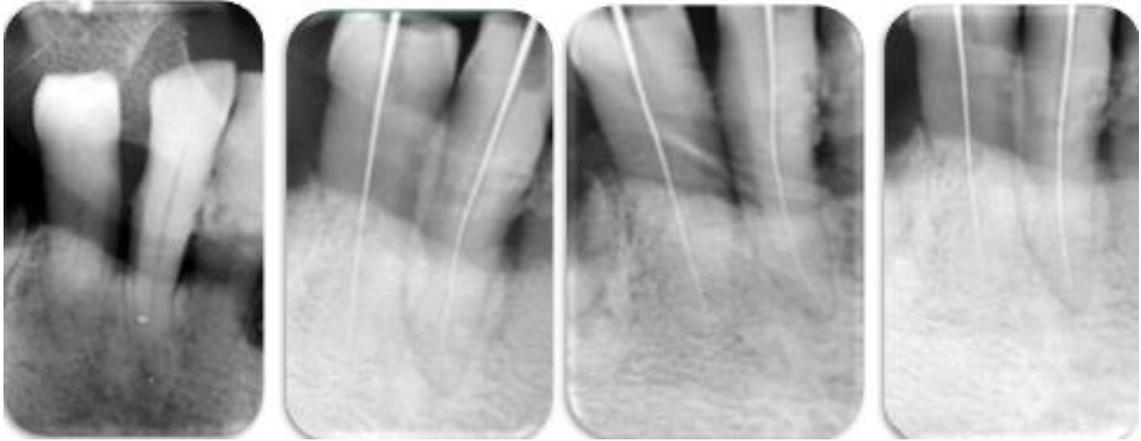
Paciente ASM: Radiografías inicial, ME Apex ID, ME Root ZX Mini y ME Propex Pixi.



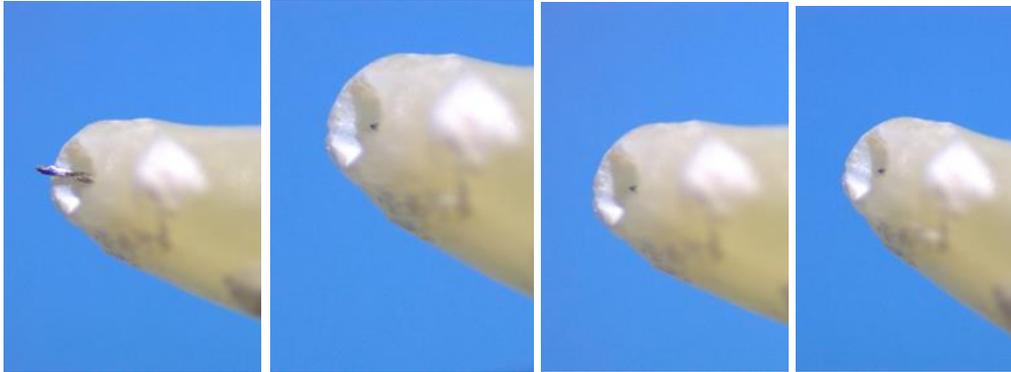
Paciente ASM: Radiografías inicial, ME Apex ID, ME Root ZX Mini y ME Propex Pixi.



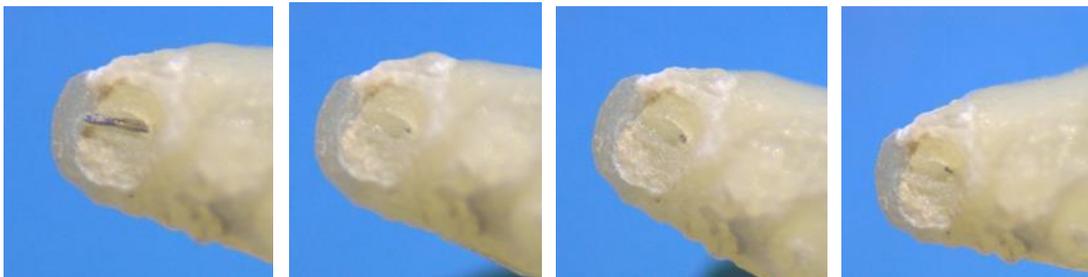
Paciente ASH: Radiografías Inicia, ME Root ZX Mini, ME Apex ID y ME Propex Pixi.



Paciente ASH: Radiografías Inicia, ME Root ZX Mini, ME Apex ID y ME Propex Pixi.

APÉNDICE D**FOTOGRAFÍAS DE LONGITUD REAL**

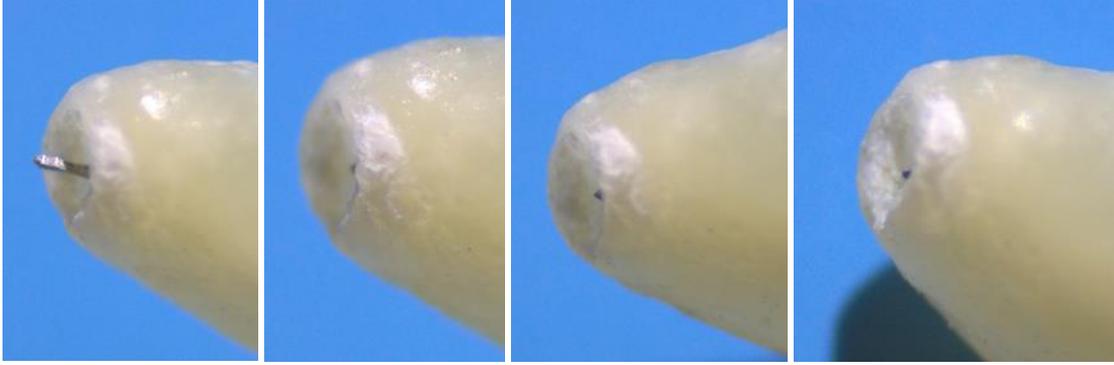
Diente #1 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #2 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



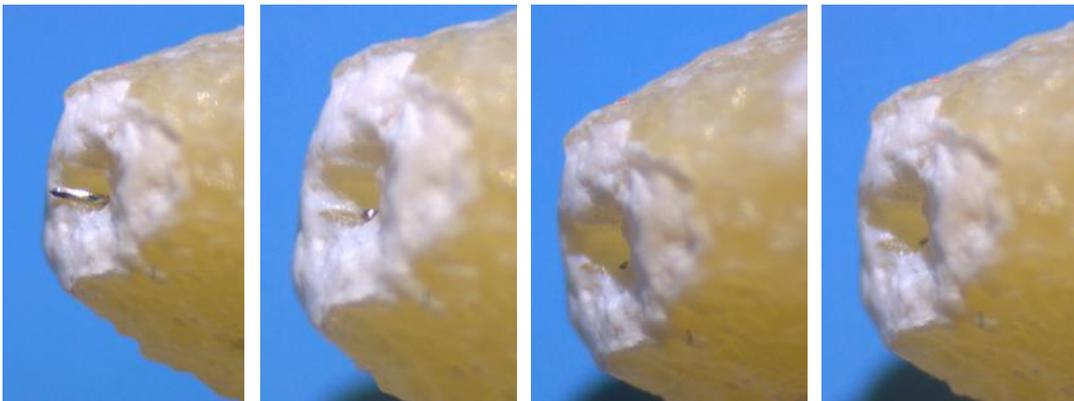
Diente #3 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #4 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #5 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



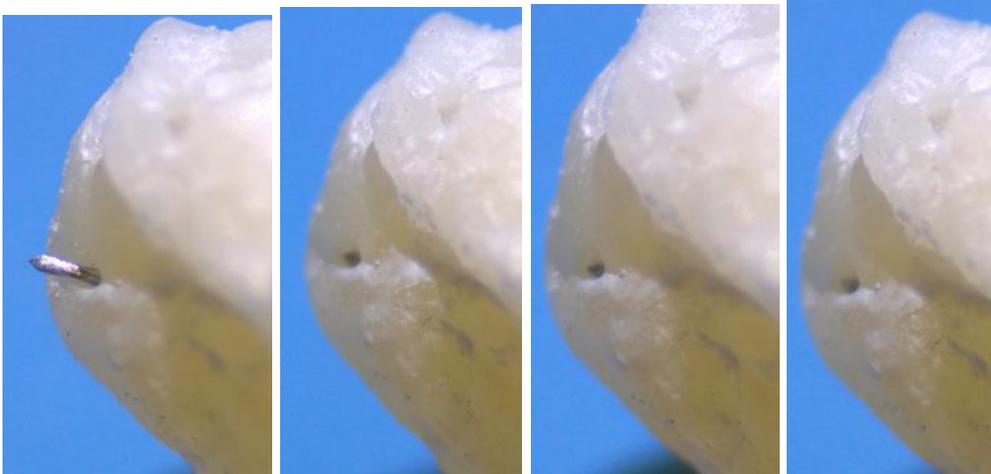
Diente #6 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



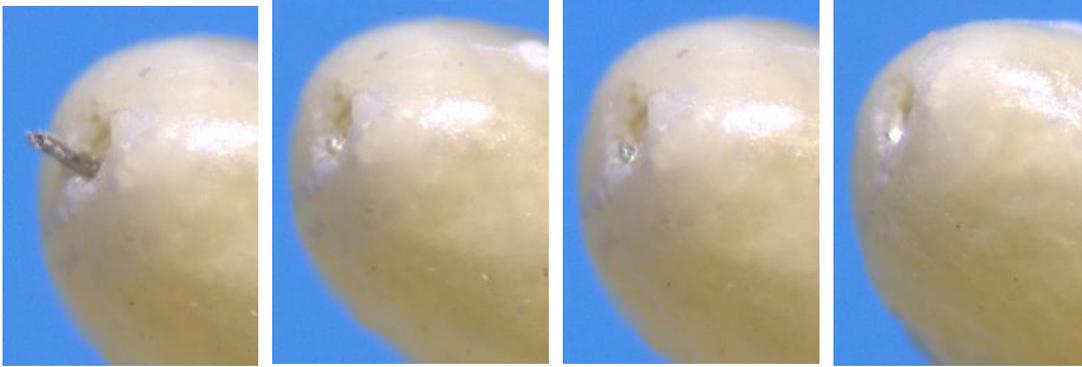
Diente #7 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #8 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #9 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



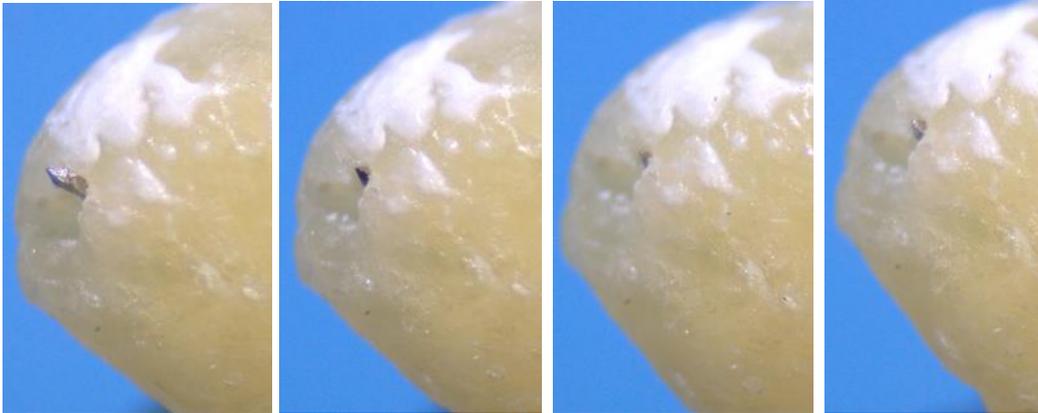
Diente #10 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



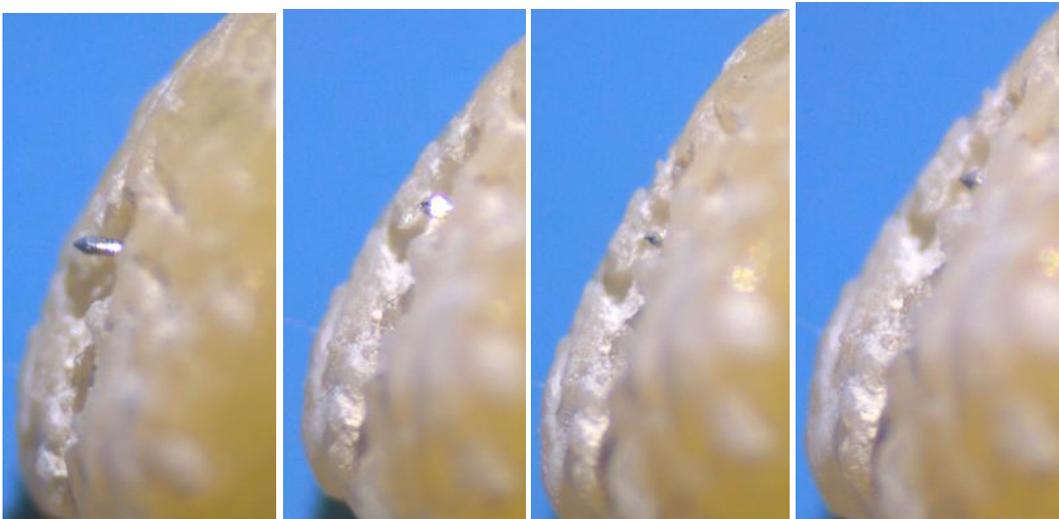
Diente #11 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #12 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



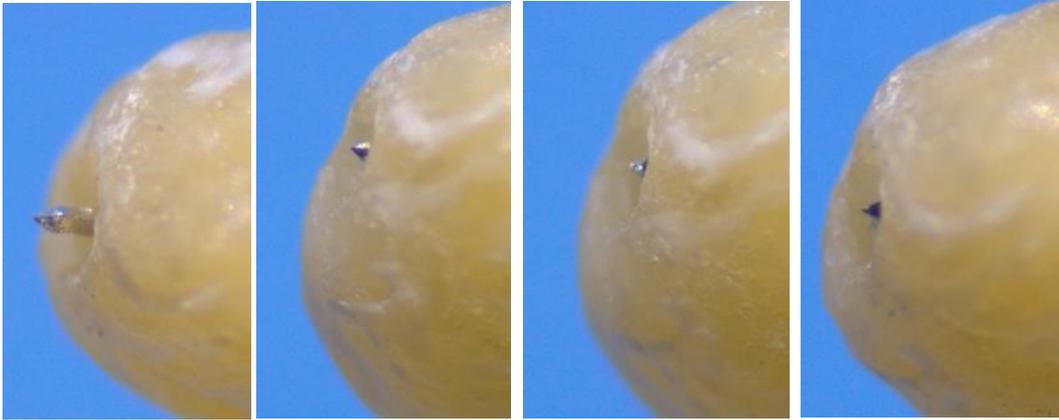
Diente #13 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



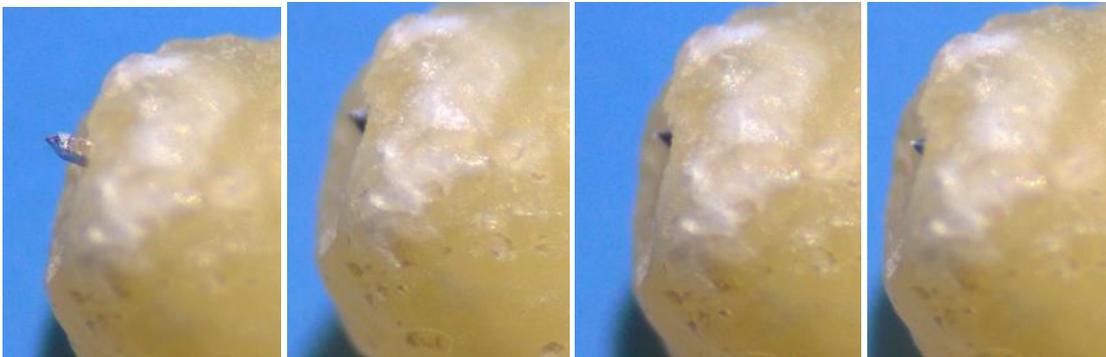
Diente #14 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



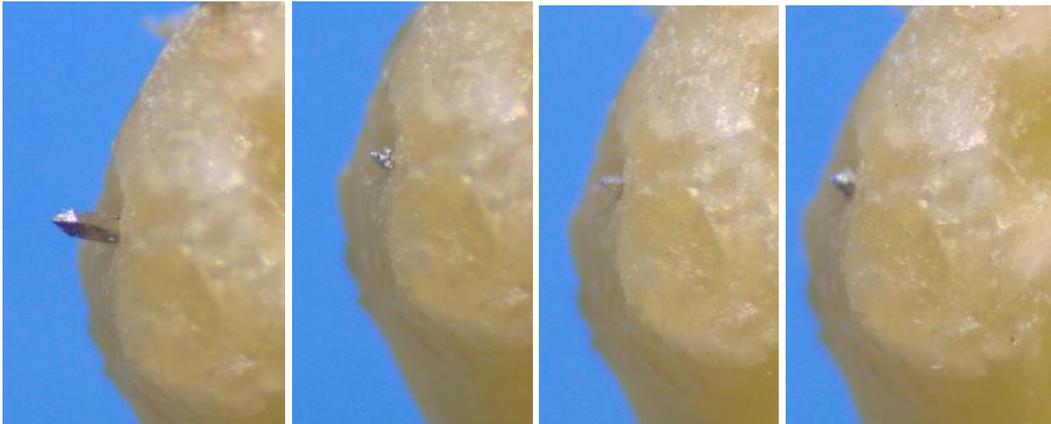
Diente #15 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



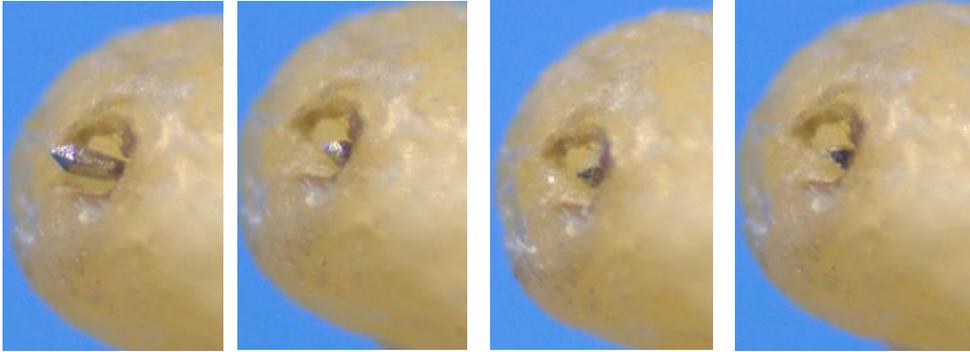
Diente #16 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



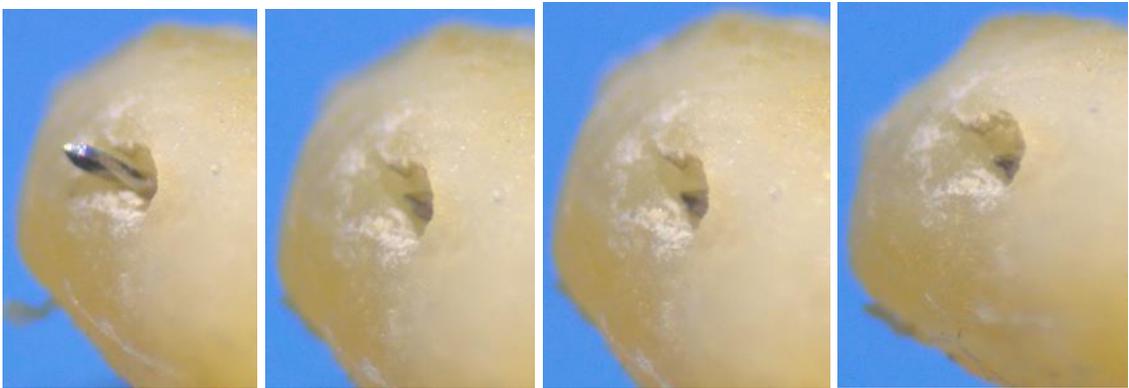
Diente #17 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



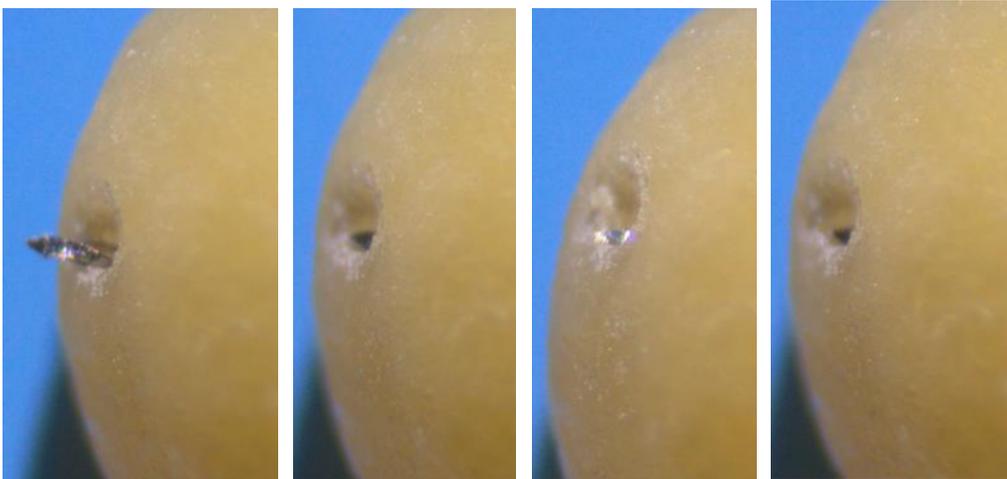
Diente #18 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



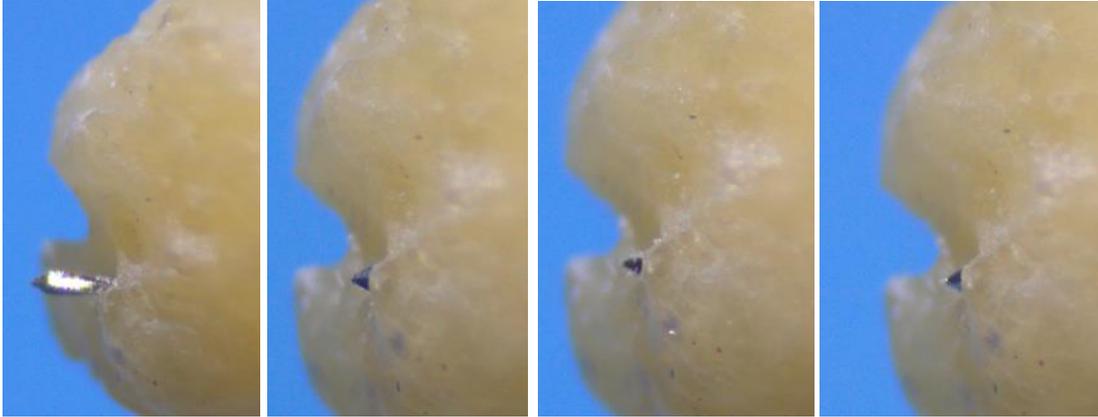
Diente #19 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #20 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #21 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



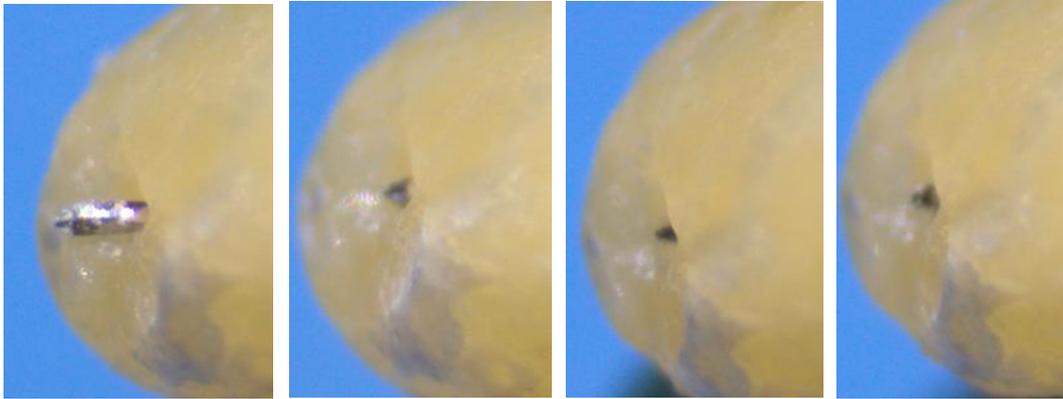
Diente #22 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



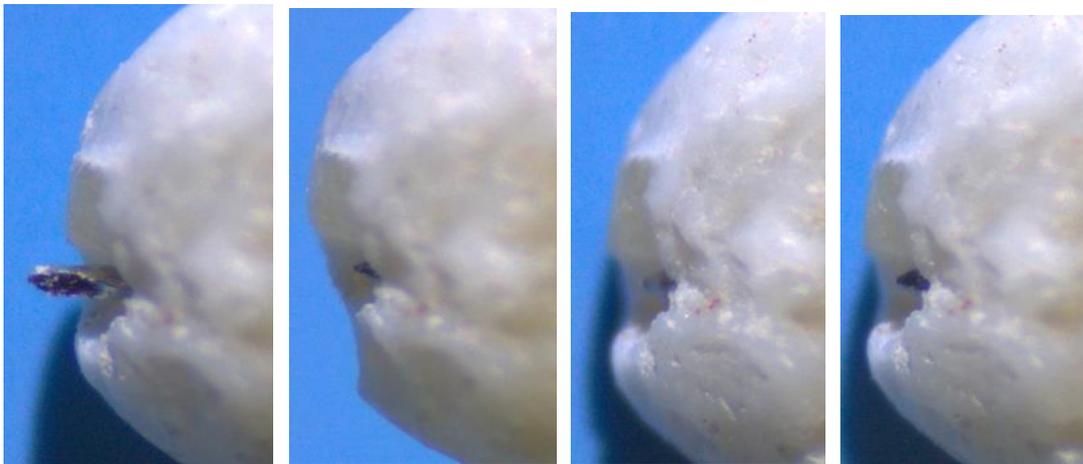
Diente #23 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



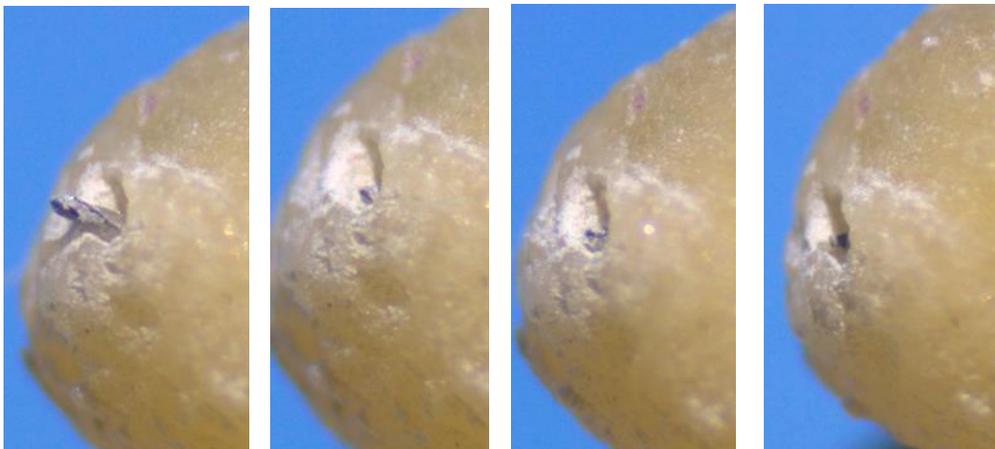
Diente #24 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



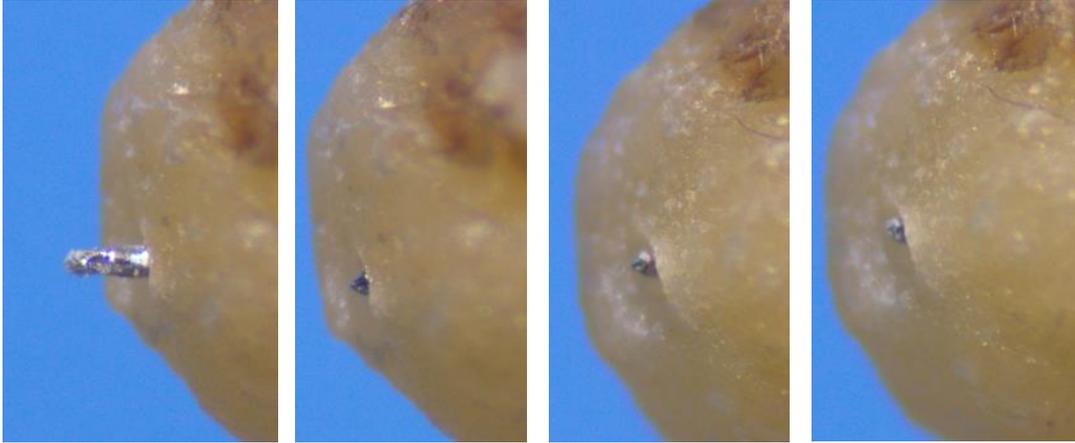
Diente #25 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



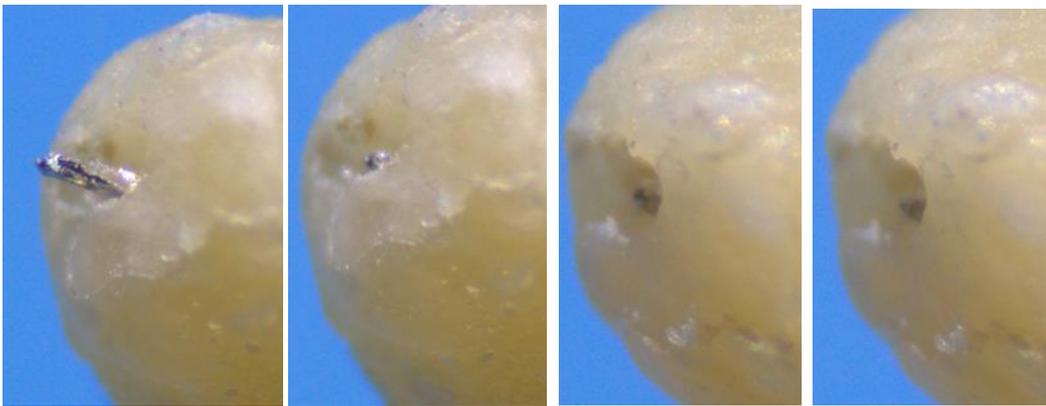
Diente #26 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



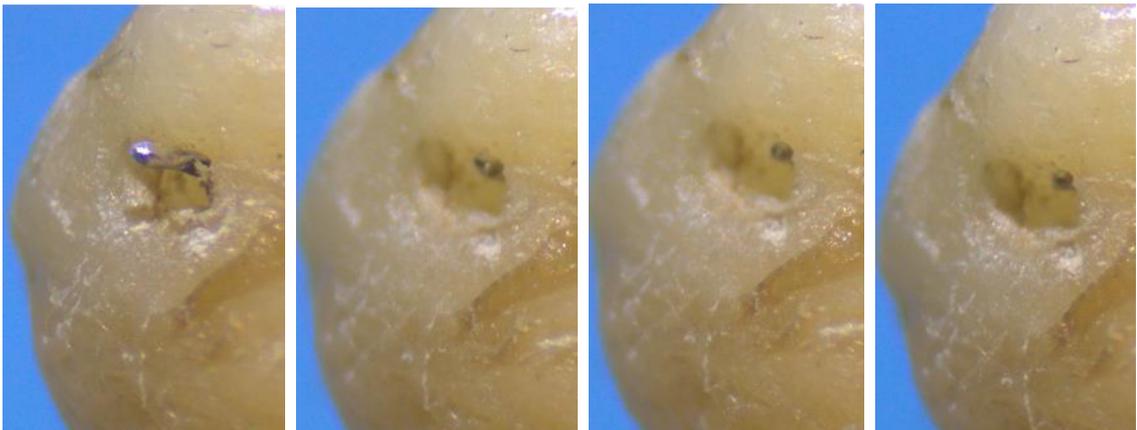
Diente #27 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #28 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #29 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.



Diente #30 Medición de instrumento fuera del foramen y las 3 mediciones con el instrumento al ras del foramen apical.