



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

TOMOGRAFÍA CONE BEAM APLICADA A ENDODONCIA.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

LLUVIA PAMELA JUÁREZ GARCÍA

TUTORA: Esp. FELÍCITAS GABRIELA FUENTES MORA

ASESORA: C.D. MIDORI DANIELA KAWAKAMI CAMPOS

MÉXICO, D.F.

2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS:

*Primero que nada quiero agradecerte mamá, por el apoyo que me has brindado siempre; gracias por el esfuerzo que has realizado a lo largo de mi vida, sé que ha sido difícil ser padre y madre a la vez; pero, ¿sabes? has hecho un extraordinario trabajo y aún nos quedan muchas experiencias por vivir y salir adelante juntas. Es gracias ti que concluyo esta etapa de mi formación académica y eres tú mi fortaleza para seguir adelante, te amo mamá.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México: por abrirme sus puertas y permitirme ser estudiante de la Máxima Casa de Estudios, dándome la distinción y el orgullo de ser puma.*

*A mis profesores de la Facultad de Odontología: por brindarme sus conocimientos y experiencias; especialmente a la Dra. Gabriela Fuentes Mora por ser una extraordinaria profesora, quien me enseñó el significado de las palabras esfuerzo y dedicación, demostrándome que los únicos límites que existen son los que nos ponemos nosotros mismos. Gracias por ser un gran ejemplo y por su paciencia, dedicación y apoyo en la elaboración de éste trabajo.*

*A la Dra. Midori Kawakami por su apoyo y constancia desde el inicio para la realización de esta tesina.*

*A todos mis pacientes a lo largo de la carrera, quienes depositaron su confianza en mí para realizarles sus tratamientos.*

*A MI FAMILIA:*

*A mi hermano Omar, eres una persona increíble, siempre has estado conmigo, me has visto crecer y convertirme en lo que soy, gracias por tu ejemplo y tus palabras. Te quiero mucho.*

*A mis primos: Iris, Sahyli, Adán, Sandra, Gustavo y Ricardo; quiero agradecerles primeramente la confianza y en segundo lugar el apoyo para que pudiera concluir mis tratamientos y adquirir los conocimientos necesarios para realizarlos. Los quiero mucho.*

*A mis sobrinos: Kimy, Saúl, Julieta, Diego y Marisol porque aun siendo muy pequeñitos estuvieron ahí constantemente para apoyarme. Reitero las gracias a sus papás (Iris, Sahyli, Omar y Edith) por dejarme atenderlos y llevarlos a sus consultas.*

*A mis amigos y compañeros de la facultad, en especial a Emilser, Juan y Samantha. Gracias por compartir tantas experiencias en esta aventura que concluimos juntos y por demostrarme que en un ambiente tan competitivo se puede encontrar una verdadera amistad. Los quiero mucho.*

*A Carlos, mi gordito hermoso: muchísimas gracias por ser parte de mi vida, por compartir tantos momentos juntos y por todo tu amor, apoyo, paciencia y dedicación.*

*Por último, quiero mencionar a una persona muy especial que aunque ya no está presente, siempre la llevo conmigo; gracias abuelita Bertha por la confianza y el cariño que siempre me brindaste.*

*Son muchos los agradecimientos que quisiera hacer a todas y cada una de las personas que han estado presentes en mi vida y me han ayudado a salir adelante, que si bien no se encuentran mencionados en éste trabajo, se encuentran presentes en mente y mi corazón.*

..... GRACIAS

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. OBJETIVO GENERAL:.....	9
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO: .....	9
3. CONCEPTOS GENERALES .....	10
3.1. RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL.....	10
3.1.1. ANGULACIÓN DESVIACIÓN CONO-IMAGEN.....	11
3.1.2. VENTAJAS DE LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL .....	17
3.1.3. DESVENTAJAS DE LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL .....	17
4. RADIOVISIOGRAFÍA .....	18
4.1. DEFINICIÓN.....	18
4.2. TÉCNICA.....	19
4.3. EQUIPO .....	20
4.3.1. GENERADOR DE RAYOS X .....	20
4.3.2. CAPTADOR DE RADIACIÓN .....	20
4.3.3. UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE IMÁGENES Y MONITOR .....	22
4.4. OBTENCIÓN DE LA IMAGEN .....	23
4.4.1. OBTENCIÓN DE IMÁGENES DIRECTAS.....	23
4.4.2. OBTENCIÓN DE IMÁGENES INDIRECTAS .....	24
4.4.3. IMÁGENES GRABADAS EN FÓSFORO .....	25
4.5. APLICACIÓN DE LA RADIOVISIOGRAFÍA EN ENDODONCIA .....	25
4.5.1. DETERMINACIÓN RADIOGRÁFICA DE LA LONGITUD DEL SISTEMA DE CONDUCTO RADICULAR.....	25
4.5.2. DETECCIÓN DE LESIONES PERIAPICALES .....	26
4.5.3. LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS .....	26
4.6. VENTAJAS DE LA RADIOGRAFÍA DIGITAL.....	26
4.7. DESVENTAJAS DE LA RADIOVISIOGRAFÍA.....	27
5. TOMOGRAFÍA CONVENCIONAL.....	29

5.1. DEFINICIÓN.....	29
5.2. MOVIMIENTO TOMOGRÁFICO.....	29
5.3. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.....	31
5.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	32
5.3.2. EQUIPO.....	33
5.3.3. TÉCNICA.....	35
5.3.4. TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA HELICOIDAL.....	36
5.3.5. OBTENCIÓN DE LA IMAGEN.....	37
5.3.6. VENTAJAS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.....	38
5.3.7. DESVENTAJASDE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.....	39
6. TOMOGRAFÍA CONE BEAM (CBCT).....	40
6.1. DEFINICIÓN.....	40
6.2. ANTECEDENTES.....	40
6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA TOMOGRAFÍA CONE BEAM Y SU DIFERENCIA CON LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.....	41
6.4. TÉCNICA.....	43
6.4.1. OBTENCIÓN DE LA IMAGEN.....	43
6.4.2. MANIPULACIÓN DE LA IMAGEN.....	45
6.5. RADIACIÓN EN LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM.....	46
6.6. EQUIPO.....	47
6.7. TOMÓGRAFOS VOLUMÉTRICOS DIGITALES.....	47
6.7.1. CLASIFICACIÓN DELOS EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA CONE BEAM.....	48
6.8. VENTAJAS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM.....	52
6.9. LIMITACIONES DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM.....	53
6.10. APLICACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA CONE BEAM EN ENDODONCIA.....	54
6.10.1. Evaluación de la anatomía del sistema de conductos radiculares.....	54
6.10.2. Detección de Fracturas Radiculares.....	59
6.10.3. Perforaciones Radiculares.....	61
6.10.4. Cirugía Periapical.....	64
6.10.5. Reabsorciones Radiculares.....	67
6.10.6. Detección de Periodontitis Apical.....	71



6.10.7. Evaluación de trauma dental .....	74
7. MICROTAC.....	76
MICROTOMOGRÁFIA COMPUTARIZADA .....	76
7.1. DEFINICIÓN.....	76
7.2. TÉCNICA DEL PROCEDIMIENTO .....	78
7.3. VENTAJAS .....	79
7.4. LIMITACIONES .....	80
8. CONCLUSIONES .....	81
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84

## 1. INTRODUCCIÓN

La radiografía intraoral ha jugado un rol crítico y determinante en la odontología. Su utilidad la ha llevado a ser un instrumento indispensable como auxiliar de diagnóstico al permitirnos conocer información del interior del cuerpo. Sin embargo, tiene la limitante de proporcionar información en dos dimensiones de un objeto tridimensional, lo que muchas veces lleva a errores de interpretación.<sup>(1)</sup>

En Endodoncia se requiere de la mayor exactitud y calidad posible en su ejecución y para ello se han empleado y perfeccionado diversas técnicas radiográficas que nos permiten observar más allá del plano bidimensional que nos ofrece la radiografía convencional. Por ejemplo, la técnica de desviación de cono-imagen nos permite una mejor visualización de esa tercera dimensión.<sup>(4)</sup>

A lo largo del tiempo se han desarrollado nuevos sistemas que han ido superando a la radiografía convencional. En 1972 con la introducción de la Tomografía Computarizada, la imagenología evolucionó, al permitirnos observar cortes axiales del interior del cuerpo sin la superposición de estructuras. Desafortunadamente, aunque esto representó un logro muy importante dentro del campo de la medicina, en odontología, la Tomografía Computarizada, no es el principal auxiliar de diagnóstico, ya que no ofrece la resolución requerida, además que el costo es excesivo y la dosis de radiación es elevada.<sup>(1)</sup>

Por tal motivo se desarrolla la Tomografía Cone Beam, la cual ofrece reconstrucciones tridimensionales precisas del complejo maxilofacial, con una dosis de radiación mucho más reducida y con un costo menor que la Tomografía Computarizada.

El propósito de éste trabajo es conocer a la Tomografía Cone Beam como auxiliar de diagnóstico y su aplicación en Endodoncia.

## **2. OBJETIVOS**

**2.1. OBJETIVO GENERAL:** Conocer las aplicaciones que tiene la Tomografía Cone Beam en Endodoncia.

**2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO:** Conocer las aplicaciones de la Tomografía Cone Beam en Endodoncia y su contribución al diagnóstico de fracturas radiculares, resorciones internas y externas, localización del sistema de conductos radiculares, extensión y ubicación de lesiones radiolúcidas, principalmente.

### 3. CONCEPTOS GENERALES

#### 3.1. RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL

La radiografía intraoral ha jugado un rol crítico y determinante en la odontología, su utilidad la ha llevado a ser un instrumento indispensable como auxiliar de diagnóstico. Ya que nos permite visualizar estructuras dentarias donde los distintos matices de grises obtenidos permiten valorizar el estado de zonas con distinto grado de mineralización.<sup>(1)(2)</sup>



Radiografía periapical.  
<http://radiologiaaaa.wordpress.com/>

En endodoncia, la radiografía es una herramienta complementaria del diagnóstico, ya que nos permite identificar el diente problema; por ejemplo, en una periodontitis crónica supurativa al emplear un cono de gutapercha. También nos permite observar alteraciones de los tejidos mineralizados dentarios, calcificaciones pulpares, reabsorciones internas, externas y estructuras perirradiculares. Así como la observación del número de raíces, dirección y curvatura de las mismas, obturación del sistema de conducto radicular (sub obturación - sobre obturación). Útil durante la etapa de tratamiento para determinar una conductometría aparente y real. Necesaria para la realización de controles de pro observación.<sup>(1)(3)</sup>



Radiografía periapical, herramienta útil en el tratamiento endodóncico. <http://www.mb2.es/autor/pascualirigoyen/page/2/>

La mayor limitación de las radiografías es que sólo se observan dos dimensiones y falta la tercera dimensión vestíbulo lingual/palatino. Esta no se observa en una radiografía periapical y para ello es importante llevar a cabo diferentes técnicas de angulación en la proyección, mesiorradial y distorradial.<sup>(3)</sup>

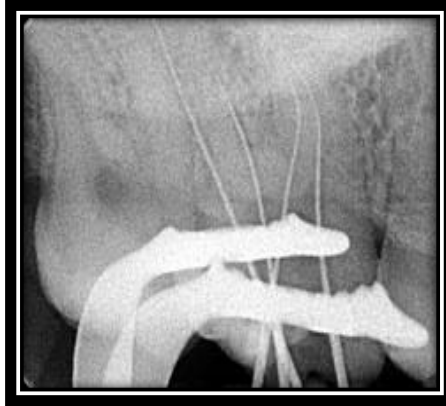
### 3.1.1. ANGULACIÓN DESVIACIÓN CONO-IMAGEN

La desviación cono-imagen es una técnica radiológica utilizada en endodoncia, contribuye al diagnóstico y tratamiento al mostrarnos mediante una mesialización o distalización la separación del sistema de conductos radiculares parte del sentido vestíbulo lingual/palatino de un diente.<sup>(4)</sup>

#### 3.1.1.1. PRINCIPIOS DE LA TÉCNICA (DESVIACIÓN DE LA IMAGEN)

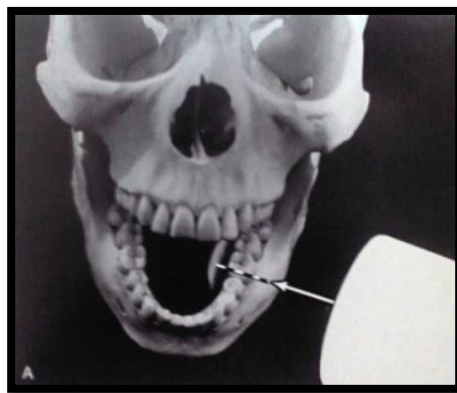
- **ESTRUCTURAS SUPERPUESTAS:** La técnica de desviación cono-imagen separa e identifica las estructuras vestibulares y linguales. Un ejemplo que se puede citar es la presencia del conducto MV2 en la

raíz mesiovestibular de un molar superior que contiene dos conductos superpuestos en la misma raíz. La desviación del cono separa y permite la visualización de estos.<sup>(4)</sup>



Localización del conducto MV2, primer molar superior.<sup>(4)</sup>

- DETERMINACIÓN VESTIBULAR – LINGUAL: Para la diferenciación de la posición del objeto se aplican los principios del movimiento relativo de las estructuras y orientación de la película.<sup>(4)</sup>

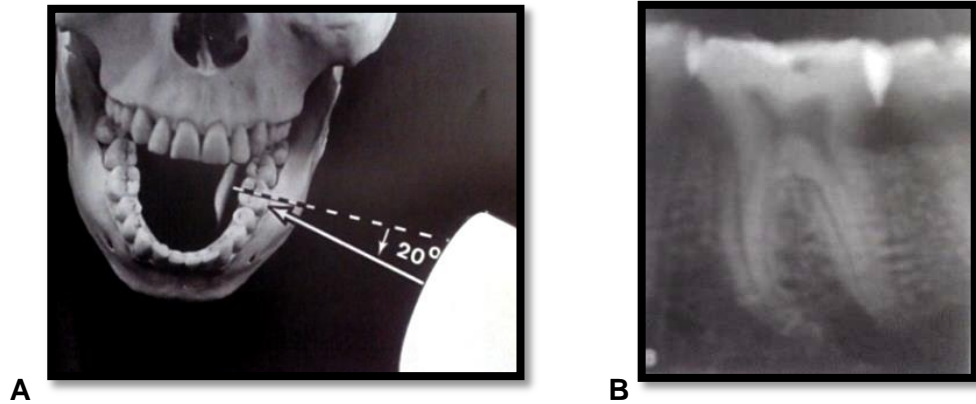


**A**



**B**

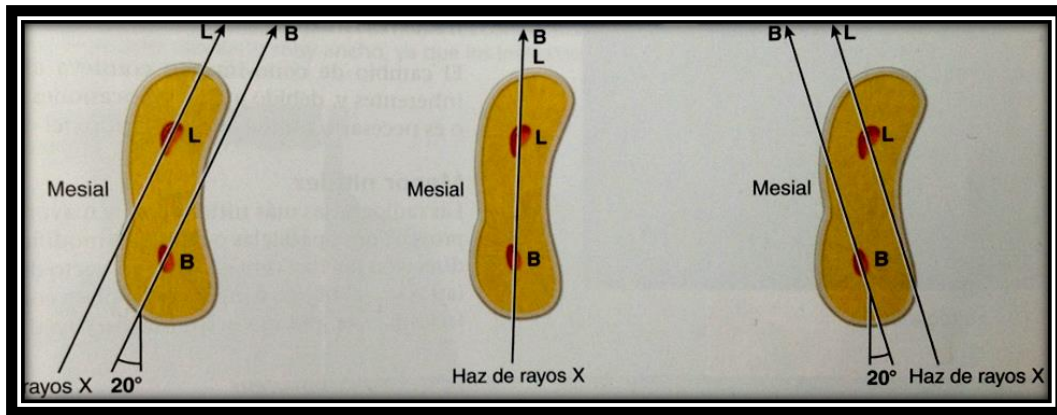
- A. Película colocada paralela al plano de la arcada. El cono tiene un rayo central dirigido hacia los ángulos rectos de la placa. B. Primer molar con información limitada acerca de sus estructuras superpuestas.<sup>(4)</sup>



A. La angulación horizontal del cono es de 20 grados mesial a la posición del ángulo recto. B. La radiografía resultante muestra características morfológicas de la raíz o el conducto en tercera dimensión.<sup>(4)</sup>

### 3.1.1.2. VARIACIÓN EN LA ANGULACIÓN DEL CONO

Al moverse la posición del cono de paralelo hacia horizontal o vertical, los objetos en la película se desvían de la dirección del cono o en dirección del rayo central. En otras palabras, cuando dos objetos en la película se fijan en posición y la fuente de radiación (cono) se mueve, las imágenes de ambos objetos se mueven en dirección opuesta. El objeto vestibular se aleja, el objeto lingual se acerca. El resultado muestra un objeto lingual que se mueve relativamente en la misma dirección que el cono y el objeto vestibular en la dirección opuesta. Este principio es el origen del acrónimo MLOV (“mismo lingual, opuesto vestibular”).<sup>(4)</sup>

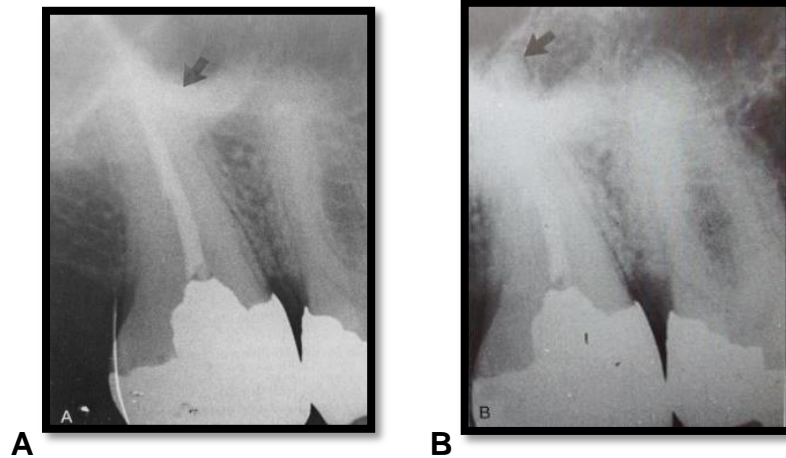


El rayo central que pasa directamente a través de la raíz y contiene dos conductos, superpone los conductos en la película. Cuando el cono se desvía a la superficie mesial o distal, el objeto lingual se mueve en la misma dirección que el cono, y el objeto vestibular en dirección opuesta (regla MLOV).<sup>(4)</sup>

### 3.1.1.3. INDICACIONES Y VENTAJAS

El empleo de la desviación cono-imagen está indicado para casos como la separación e identificación de conductos o estructuras superpuestas, como es el caso del proceso cigomático, el cual a menudo oscurece los ápices de los molares superiores. Como esta estructura densa se encuentra vestibular a las raíces, una desviación mesial del cono “empuja” el cigomático en sentido distal. Además, una disminución en la angulación vertical del cono “empuja” el cigomático en sentido superior.<sup>(4)</sup>

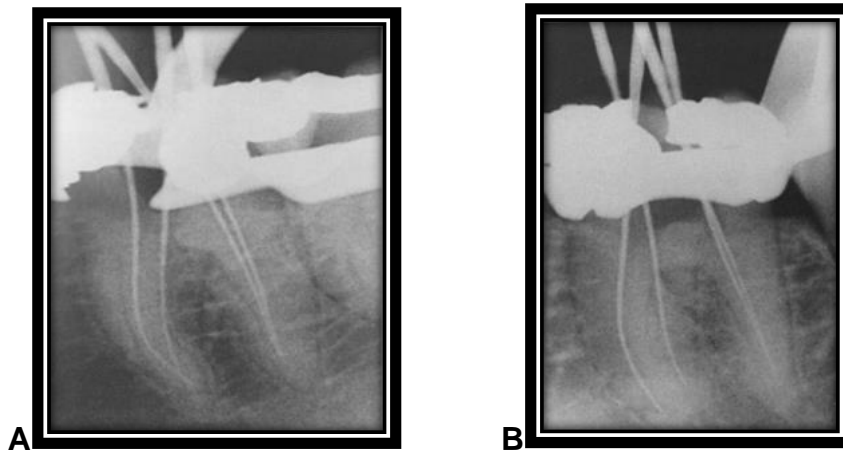




A. El proceso cigomático oculta el ápice y bloquea la imagen de la obturación. B. Un ligero desplazamiento mesial del cono "tira" del ápice radicular en posición lingual hacia el lado mesial para poder observarlo.<sup>(4)</sup>

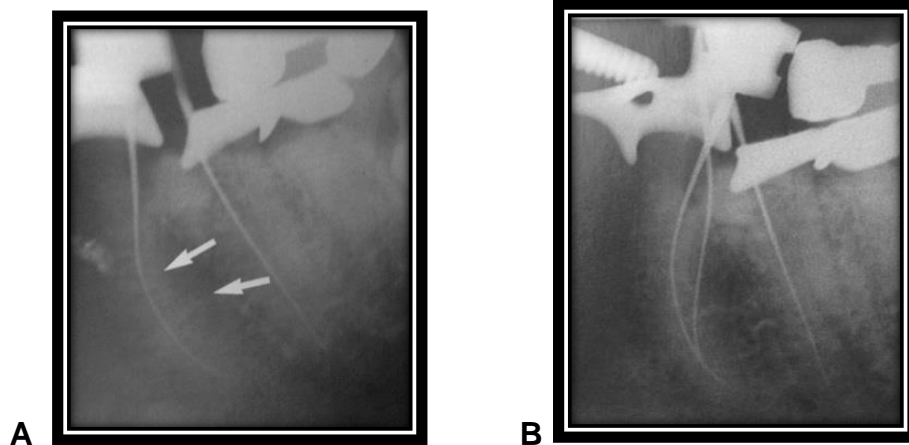
Otra indicación para la desviación de cono-imagen es la medición de la longitud de trabajo, determinación de las curvaturas, localización de sistema de conductos radiculares (centrales inferiores, premolares inferiores y superiores).

Estas indicaciones se aplican en endodoncia ya que por ejemplo al identificar conductos, sabemos que el axioma anatómico es que si una raíz contiene un sistema de conductos radiculares, éste se localiza cerca del centro. Si éste se encuentra excéntrico, puede haber otro conducto.<sup>(4)</sup>



A. Proyección mesial aporta poca información sobre la morfología de los cuatro conductos. B. Proyección distal en donde se visualizan los conductos mesiales en toda su extensión.<sup>(4)</sup>

También sabemos que el conducto puede ser muy delgado, difícil o imposible de encontrar o penetrar, pero está presente y en ocasiones no se ven en las radiografías.<sup>(4)</sup>



Localización de un conducto que ha pasado desapercibido durante la preparación del acceso. A. Radiografía distal con una única lima en la raíz mesial. B. Identificación del segundo conducto de la raíz mesial.

#### 3.1.1.4. DESVENTAJAS

Esta técnica radiográfica también presenta desventajas que limitan su efectividad.

Una de ellas es la disminución de claridad, porque aunque la radiografía más clara y con más definición es la proyección de paralelismo, cuando se cambia la dirección del rayo central en relación con el objeto y la película, el objeto se hace borroso. También se puede agregar que las distinciones entre objetos radiolúcidos y radiopacos muestran menos contraste, haciendo un aspecto borroso o turbio al aumentar la posibilidad de que se superpongan otras estructuras, la cual es otra de las desventajas que presenta ésta técnica <sup>(4)</sup>.

### **3.1.2. VENTAJAS DE LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL**

- ✓ Bajo costo
- ✓ Corto tiempo de adquisición
- ✓ Buena reproducción de imagen
- ✓ Baja dosis de radiación <sup>(4)</sup>

### **3.1.3. DESVENTAJAS DE LA RADIOGRAFÍA CONVENCIONAL**

Tiene la limitante de proporcionar información en dos dimensiones de un objeto tridimensional, lo que muchas veces lleva a errores de interpretación con subsecuentes repercusiones en la ejecución de tratamientos endodóncicos.<sup>(4)</sup>

## 4. RADIOVISIOGRAFÍA

### 4.1. DEFINICIÓN

En la Odontología, la técnica digital se introdujo hace aproximadamente quince años en forma de radiografías intraorales. Con el desarrollo rápidamente progresivo de la técnica semiconductora empiezan a imponerse en todas las áreas de la medicina procedimientos electrónicos para la grabación de imágenes de este nuevo tipo. Denominándose de forma general Radiografía Digital o Radiovisiografía. <sup>(5)(6)</sup>

Hoy en día estos avances incluyen la simplificación tanto de los aparatos como de los programas informáticos a los que van asociados y una rápida obtención de la imagen radiográfica. De este modo, aunque el uso de la radiografía convencional sigue predominando, la aceptación de la radiología digital ha ido creciendo en el mundo de la odontología <sup>(6)</sup>.



La radiología digital ha ido incrementando su aplicación en la Odontología.  
<http://carmendental.com/dccd-main.html>

Podemos decir que la Radiovisiografía es un sistema de diagnóstico mediante imágenes digitalizadas que utiliza un sensor especial en lugar de la película convencional sensible a los rayos X. <sup>(5)</sup>

La finalidad de este sistema consiste en generar imágenes útiles para su observación e interpretación como auxiliares de diagnóstico en las enfermedades pulpares y periapicales. <sup>(6)</sup>

## 4.2. TÉCNICA

Para la realización se utiliza un sensor o detector, el cual es introducido en la boca del paciente como si fuera una radiografía convencional para captar la imagen radiográfica. <sup>(6)</sup>



Técnica de colocación del sensor. <http://www.nqndental.com.ar/>

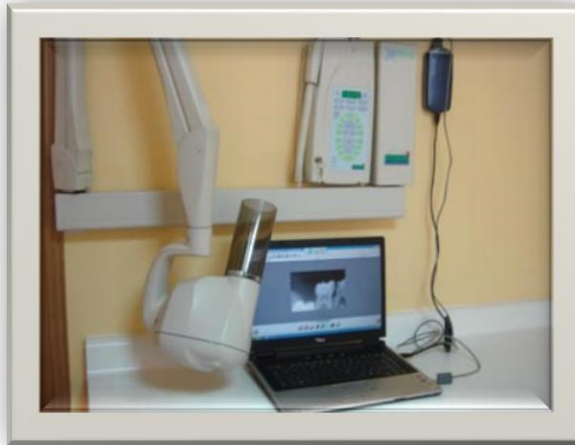
Se dirige el haz hacia el sensor y al chocar contra su superficie, los rayos generan una carga electrónica, la cual se digitaliza. <sup>(5)</sup>

Una vez capturada y digitalizada la imagen en el sensor, la computadora la procesa mediante programas especiales para su almacenamiento y manejo. <sup>(5)</sup>

### 4.3. EQUIPO

#### 4.3.1. GENERADOR DE RAYOS X

Se trata de un aparato convencional de rayos X, adaptado al sistema colocando un cronómetro digital a la unidad para lograr tiempo de exposición de centésimas de segundos (cerca de 0.02s).<sup>(5) (6)</sup>



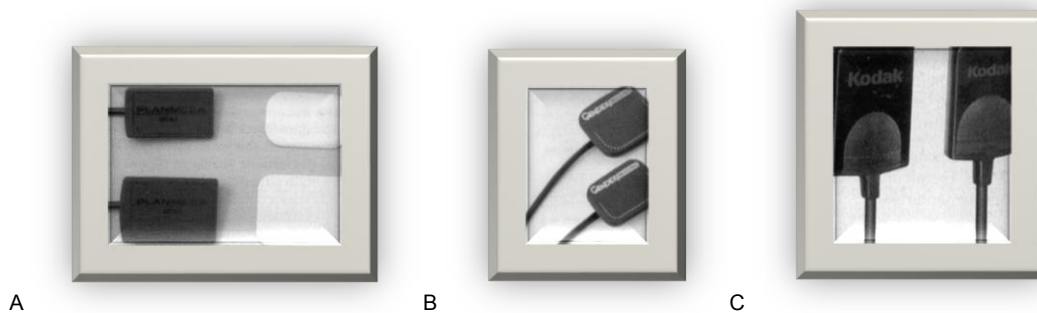
Generador de rayos X, adaptado al sistema computacional  
<http://www.nqndental.com.ar/>

#### 4.3.2. CAPTADOR DE RADIACIÓN

Se trata de pequeños sensores que se colocan intraoralmente de la misma manera que se haría con la radiografía convencional. Este elemento no se puede esterilizar así que se recubre de un dedal de látex desechable para evitar infecciones cruzadas.<sup>(1) (2)</sup>

Dentro de los sensores existen aquellos que son conectados al sistema con un cable y existen también los sensores inalámbricos.

El cable de conexión de los sensores es de fibra óptica y transmite la información imagenológica del sensor a una computadora que registra las señales generadas, este puede medir de 2.5 a 12 m. aproximadamente, pero cuanto más corta sea su longitud, menor es la amplitud de movimientos que permite.<sup>(1)</sup>



Ejemplos de modernos sensores de estado sólido. A. Planmecadixi y paquetes de película convencional para mostrar tamaño comparativo. GendexVisualiz. C. Kodak RVG 6000.<sup>(2)</sup>

#### 4.3.2.1. DISPOSITIVO DE ACOPLAMIENTO DE CARGA (CCD) TS

Este tipo de dispositivo es el receptor de imágenes más utilizado en radiografía digital. Se trata de un sensor en estado sólido que contiene un microcircuito de silicio impreso en él, el cual es sensible a los rayos X y a la luz. Cuando los rayos X activan los electrones y generan cargas electrónicas se produce una imagen latente, la cual es transmitida a la computadora, que la almacena y puede transformarla en una imagen visible en el monitor o mediante una impresión en papel.<sup>(5)</sup>

#### 4.3.2.2. DISPOSITIVO DE INYECCIÓN DE CARGA (DIC)

Son receptores de imagen de estado sólido, hechos de silicio. Este sistema se compone de un sensor de rayos X de tipo DIC (dispositivo de inyección de carga), cable y una clavija que se conecta a una fuente de luz ubicada en la plataforma de la cámara: en pocos segundos se puede observar la imagen en el monitor del sistema. Es posible imprimir las imágenes con una impresora de color y guardarlas como archivos en una computadora o en grabación en disco de video.<sup>(5)</sup>

#### 4.3.3. UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE IMÁGENES Y MONITOR

La computadora digitaliza, procesa y almacena la información que recibe el sensor y con el monitor es posible ver de inmediato la imagen de las exposiciones, la pantalla tarda de 0.5 a 120 segundos en presentar la imagen. Además, convierte las señales electrónicas que recibe el sensor en sombras de color gris que se pueden observar en el monitor, en donde cada pixel se representa en forma numérica en la computadora tomando en cuenta su localización y nivel en la escala de grises.<sup>(6)</sup>



La imagen en la computadora se ve inmediatamente después de que se recibe la señal del sensor.

<http://www.clinicamonterrubio.com/radiologia-digital-y-3d.html>



El rango numérico de los pixeles varía de 0 a 255, con lo que ese obtienen 256 tonos de gris, siendo así una herramienta fácil para manipular la imagen, ya que nos permite aumentar el contraste y la densidad, sin necesidad de someter al paciente a nuevas exposiciones adicionales a de rayos X.<sup>(6)</sup>

#### **4.4. OBTENCIÓN DE LA IMAGEN**

Una imagen digital se origina a través de un sensor de imagen que escoge punto por punto de una computadora y cada punto dependiendo de la intensidad radiográfica allí registrada coordina un grado de intensidad. Esta correlación de grados o digitalización es la condición previa para la preparación de la imagen en la computadora.<sup>(5)</sup>

En sistemas para radiografías dentales intraorales se distinguen las radiografías directas, indirectas y las imágenes grabadas en fósforo.<sup>(5)</sup>

##### **4.4.1. OBTENCIÓN DE IMÁGENES DIRECTAS**

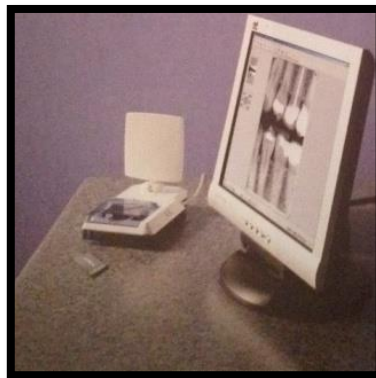
Se coloca el sensor en la boca del paciente y se efectúa la exposición. El sensor capta la imagen radiográfica y la transforma en una señal electrónica que se introduce en la computadora a través de un cable y se visualiza sobre un monitor de manera inmediata.<sup>(6)</sup>



Técnica de obtención directa: el sensor capta la imagen radiográfica y la transforma en una señal electrónica a través de un cable y se visualiza de manera directa. <sup>(7)</sup>

#### 4.4.2. OBTENCIÓN DE IMÁGENES INDIRECTAS

En éste método se utiliza la cámara para digitalizar la imagen de una radiografía tomada en película. La cámara con el dispositivo barre la imagen para su digitalización o conversión a fin de presentarla en el monitor de la computadora. <sup>(6)</sup>



Obtención de imágenes indirectas: Escaneo de imagen para presentarla en el monitor. <sup>(7)</sup>

#### **4.4.3. IMÁGENES GRABADAS EN FÓSFORO**

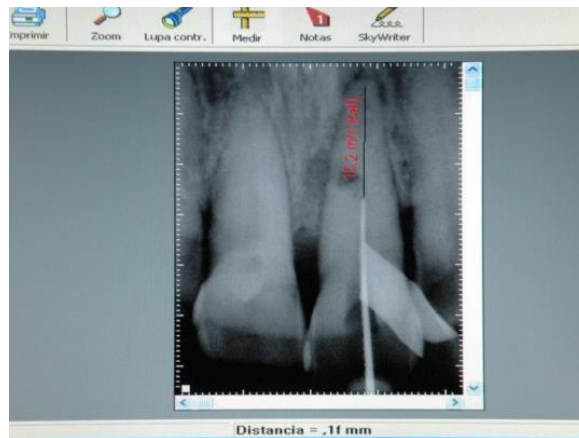
Se trata de un sistema inalámbrico de radiografías grabadas en fósforo. Se emplean placas reutilizables cubiertas de fósforo en lugar de sensores que tengan conexión de fibra óptica. Las placas cubiertas de fósforo son flexibles y caben dentro de la boca, utilizándose así como película convencional, solamente que convierte la energía de los rayos X en ondas luminosas. Cuando se expone una de estas placas a la fuente de rayos X, la cubierta de fósforo graba imágenes que contienen información diagnóstica, luego se utiliza un escáner de alta velocidad para convertir esos datos en archivos electrónicos.<sup>(5)</sup>

#### **4.5. APLICACIÓN DE LA RADIOVISIOGRAFÍA EN ENDODONCIA**

Se presentarán a continuación las principales aplicaciones que tiene la radiovisiografía en el área de la Endodoncia:

##### **4.5.1. DETERMINACIÓN RADIOGRÁFICA DE LA LONGITUD DEL SISTEMA DE CONDUCTO RADICULAR.**

La longitud de un diente puede ser determinada usando la regla de la radiovisiografía. Esta longitud aparente aparece más corta sobre el promedio que la longitud actual, es por eso que la calidad de la imagen es de vital importancia para determinar de manera adecuada la longitud radiográfica del sistema de conducto radicular.<sup>(5)</sup>



Determinación de la longitud de trabajo utilizando las herramientas de la radiovisiografía.

<http://endomdq.wordpress.com/2011/03/30/radiovisiografia-en-endodancia/>

#### **4.5.2. DETECCIÓN DE LESIONES PERIAPICALES**

La densidad y la escala de grises cambian en las radiografías de los rasgos visuales importantes para evaluar los cambios en tejido óseo.

El contraste de la imagen de la radiovisiografía lo encontramos útil en la detección de las estructuras anatómicas y de los tejidos periapicales. <sup>(5)</sup>

#### **4.5.3. LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS**

La amplificación de la imagen es una ventaja que presenta frente a la radiografía al determinar la conductimetría real de trabajo, los ajustes de las limas a la longitud real de trabajo pueden ser más exactos usando imágenes magnificadas. <sup>(5)</sup>

#### **4.6. VENTAJAS DE LA RADIOGRAFÍA DIGITAL**

Es de gran importancia tener en cuenta que la radiovisiografía, como cualquier otra técnica presenta ventajas y desventajas.

Dentro de sus ventajas cabe destacar:

- ✓ La observación inmediata de las imágenes radiográficas.<sup>(6)</sup>
- ✓ Posibilidad de mejorar dichas imágenes al cambiar el contraste o aumentar el tamaño.<sup>(6)</sup>
- ✓ Colocar porciones de color para subrayar o sobreponer textos o imágenes.<sup>(6)</sup>
- ✓ Permite observar patologías y contribuye a la explicación didáctica para los pacientes a través de imágenes.<sup>(6)</sup>
- ✓ La radiovisiografía puede archivar en una base de datos computarizada.<sup>(6)</sup>
- ✓ Evitar el gasto en soluciones reveladoras y aparatos para el revelado.<sup>(6)</sup>
- ✓ Facilita la comunicación con otros profesionistas que se encuentren lejos.<sup>(6)</sup>
- ✓ Existe una menor dosis de radiación que puede ser hasta de un 70 o 80%.<sup>(5)</sup>

#### **4.7. DESVENTAJAS DE LA RADIOVISIOGRAFÍA**

- ✓ El costo de los aparatos para la radiografía digital o radiovisiografía es todavía muy alto.
- ✓ Convertir los registros previos a formato digital requiere de tiempo y dinero.
- ✓ Deben existir conocimientos previos sobre computación.
- ✓ En cuanto a los sensores se refiere, las desventajas de los tipo CCD es la presencia del cable dentro de la boca.
- ✓ Dificulta el control de infecciones que puede existir al utilizar repetidamente un sensor en diferentes pacientes.

- ✓ No tiene valor jurídico porque la normatividad mexicana actual exige tener las radiografías de los pacientes en su expediente para cualquier aclaración. El hecho de que las radiografías digitales pueden ser manipuladas en la computadora las hace inválidas en un proceso jurídico.<sup>(6)</sup>

## 5. TOMOGRAFÍA CONVENCIONAL

### 5.1. DEFINICIÓN

La tomografía es una técnica especializada para la obtención de radiografías que muestran únicamente una sección o corte del paciente y posteriormente reconstruye esa imagen tridimensionalmente por medio de un ordenador. Cada tomografía muestra los tejidos óseos del interior de la sección nítidamente definidos y enfocados, este enfoque es lo que se denomina plano focal, ya que las estructuras externas aparecen borrosas y desenfocadas.

El objetivo de obtener múltiples secciones es el de conseguir información tridimensional sobre el área de estudio del paciente, para ello se requiere un movimiento controlado y preciso de la cabeza del tubo de rayos X y de la película durante la exposición.<sup>(2)</sup>

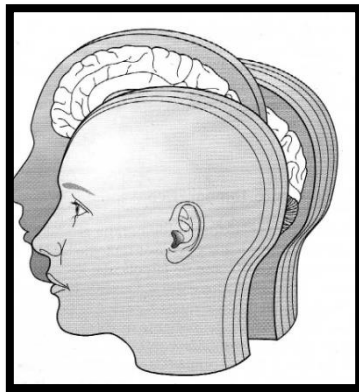
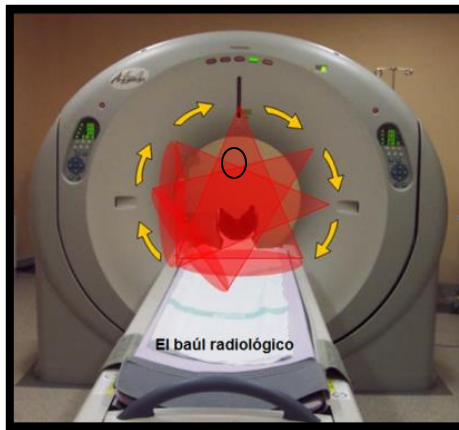


Ilustración que muestra una analogía de la Tomografía al dividir al paciente en secciones.<sup>(2)</sup>

### 5.2. MOVIMIENTO TOMOGRÁFICO

Durante la exposición, la cabeza del tubo de rayos X se desplaza en una dirección alrededor del paciente mientras que la placa se mueve en la dirección contraria.

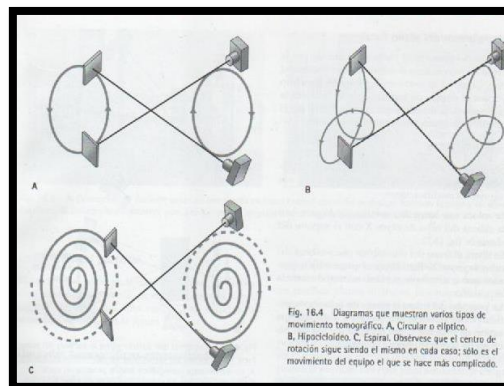
El punto O en el centro de este movimiento rotacional aparecerá enfocado en la radiografía resultante, ya que su densidad aparecerá en la misma localización en la placa o a lo largo de toda la exposición. Todas las estructuras restantes aparecerán borrosas o desenfocadas.<sup>(2)</sup>



Principio del movimiento tomográfico

<http://www.elbauradiologico.com/2012/01/manual-de-usuario-de-tomografia.html>

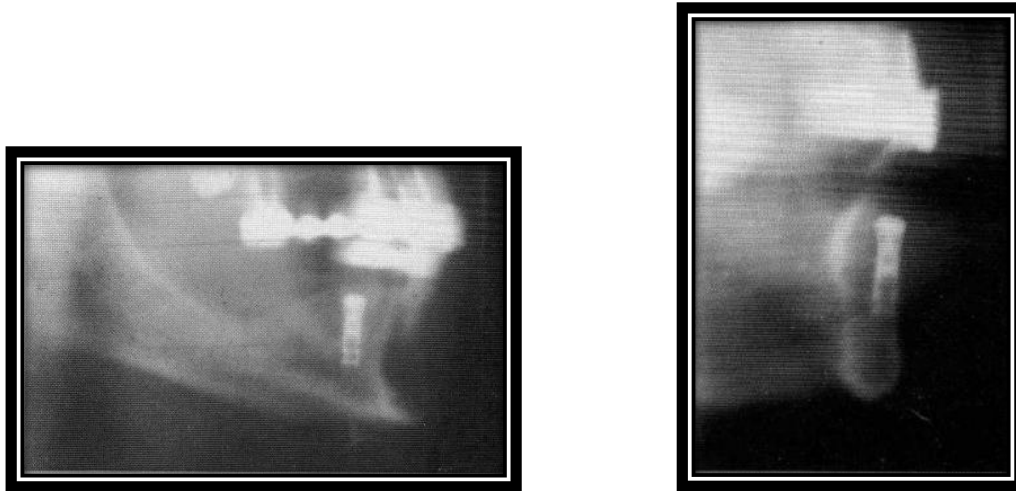
Para que se lleve a cabo la exposición, se han diseñado cinco formas de movimiento durante la tomografía; en cada uno de ellos el centro de rotación se mantiene igual, y sólo es el movimiento del equipo el que se hace más complicado. Estos movimientos se clasifican en: LINEAL, CIRCULAR, ELÍPTICO, ESPIRAL, HIPOCICLOIDEO.



Movimientos tomográficos circular, elíptico y espiral.<sup>(2)</sup>



El movimiento lineal es el más simple y fácil de entender, por esto mismo presenta mayores desventajas al producir sombras lineales borrosas de estructuras no deseadas. Los demás movimientos se han desarrollado para producir tomografías con mejor definición y menor enfoque de las estructuras no deseadas, de forma que sean menos obvias en la placa final.<sup>(2)</sup>



Cortes tomográficos. El área de interés se muestra nítida, las demás estructuras se muestran desenfocadas.<sup>(8)</sup>

La tomografía convencional se ha visto superada en la radiología médica y odontológica por el desarrollo de la Tomografía Computarizada (TC). Sin embargo, todavía es importante en odontología, no en el campo de la endodoncia, sino en otras especialidades, ya que con el avance de nuevas tecnologías ha sido reemplazada por presentar grandes desventajas, que van desde la poca nitidez y los altos costos, hasta por la elevada dosis de radiación empleada.<sup>(2)</sup>

### **5.3. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA**

La Tomografía Computarizada (TC) es un procedimiento de diagnóstico que utiliza un equipo de rayos X especial para crear imágenes transversales del

cuerpo, estas imágenes son procesadas posteriormente por una computadora y pueden ser manipuladas.<sup>(2)</sup>

### 5.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Estos equipos utilizan los rayos X para obtener imágenes seccionales o cortes como en la tomografía convencional, pero la película radiográfica está sustituida por detectores de un cristal o gas muy sensibles. La fuente de rayos X y los detectores están conectados de tal modo que se mueven de forma sincronizada; cuando el conjunto fuente-detector efectúa un barrido, o traslación del paciente, los detectores miden la intensidad del haz de rayos X que sale de los tejidos según sus respectivos valores de número atómico y densidad de masa. La intensidad de radiación detectada conformará un perfil de intensidad llamado proyección, al repetirse este proceso un número elevado de veces, se generan numerosas proyecciones, las cuales son convertidas en datos digitales que son almacenados y pueden ser manipulados por un ordenador. Posteriormente, esta información numérica se transforma en una escala de grises que representa las diferentes atenuaciones tisulares, lo que permite la generación de una imagen visual.<sup>(2)</sup>



Las diversas proyecciones son convertidas en datos digitales que son almacenados manipulados por un ordenador.

Esta información se transforma en una escala de grises, lo que permite la generación de una imagen visual.<sup>(1)(2)</sup>

### 5.3.2. EQUIPO

El equipo de Tomografía Computarizada consta esencialmente de un gran elemento central cuadrado (el gantry) con un orificio circular central. El gantry aloja la cabeza del tubo de rayos X y los detectores.<sup>(2)</sup>



Equipo de tomografía computarizada (gantry)

<http://www.todanoticia.com/31499/alertan-riesgo-altas-dosis-radiacion/>

A lo largo del tiempo se han ido renovando los equipos de tomografía computarizada tratando de mejorar sus propiedades, tanto la calidad de imagen que proporciona, como la cantidad de radiación emitida.<sup>(9)</sup>

- ESCÁNERES DE PRIMERA GENERACIÓN (TIPO I TRANSLACIÓN-ROTACIÓN).

Para obtener un corte tomográfico son necesarias muchas mediciones y muchas rotaciones del sistema, lo que genera tiempos de corte muy grandes.

- ESCÁNERES DE SEGUNDA GENERACIÓN (TIPO II TRANSLACIÓN-ROTACIÓN)

Se utilizan varios detectores y un haz de rayos X en abanico, lo que aumenta la radiación dispersa, reduce el tiempo de corte entre 20 y 60 segundos.

- ESCÁNERES DE TERCERA GENERACIÓN (ROTACIÓN-ROTACIÓN)

El tubo de rayos X y la matriz de detectores giran en movimientos concéntricos alrededor del paciente. Reproducen una imagen por segundo y permiten obtener una mejor colimación del haz de rayos X.

- ESCÁNERES DE CUARTA GENERACIÓN (ROTACIÓN-ESTACIONARIA)

La detección de la radiación se realiza mediante una disposición circular fija de detectores. Esta matriz permite calibrar cada detector y normalizar su señal durante cada barrido. La dosis de radiación generada es alta.

- ESCÁNERES DE QUINTA GENERACIÓN (ESTACIONARIO-ESTACIONARIA)

Tiene múltiples fuentes fijas de rayos X y también múltiples detectores.

- ESCÁNERES DE SEXTA GENERACIÓN

Se basan en un chorro de electrones que son desviados e inciden sobre láminas de tungsteno. El detector está situado en el lado opuesto del Gantry por donde entran los fotones. Consigue 8 cortes contiguos en 224 milisegundos.

### 5.3.3. TÉCNICA

El paciente se va a recostar con la parte del cuerpo que va a ser estudiada dentro del orificio circular. La geometría mecánica de cada equipo va a variar dependiendo su movimiento, por ejemplo, en los equipos de tercera generación, tanto la cabeza del tubo de rayos X como los detectores giran en torno al paciente. Mientras que en los equipos de cuarta generación, hay una disposición circular fija de los detectores y sólo rota la cabeza del tubo de rayos X. <sup>(9)</sup>



Técnica de colocación del paciente

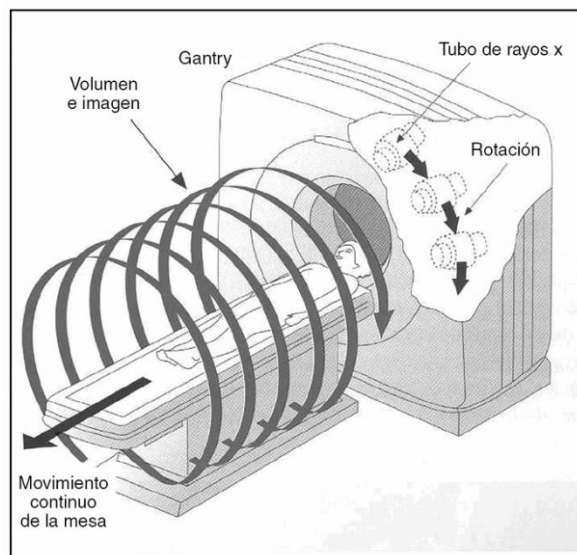
[http://faculdadefamesp.com.br/novosite/wp-content/gallery/tomografia/tomografia\\_1.jpg](http://faculdadefamesp.com.br/novosite/wp-content/gallery/tomografia/tomografia_1.jpg)

Dependiendo del equipo que se emplee, se obtiene una atenuación o perfil de penetración del corte del cuerpo en estudio, entonces se desplaza al paciente más hacia el interior del gantry, que es la abertura que tiene el equipo donde es colocado el paciente; y se obtiene la imagen del siguiente corte secuencial. Vuelve a moverse al paciente y así sucesivamente hasta que se haya complementado toda la zona corporal en estudio. Este movimiento es llamado de parada-arranque y significa que la exploración tarda varios minutos en completarse y que la dosis de radiación que recibe el paciente es elevada. <sup>(9)</sup>

#### 5.3.4. TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA HELICOIDAL

Como resultado a la gran exposición de radiación del paciente, se desarrolló la Tomografía Computarizada Helicoidal.

La adquisición de datos de la Tomografía Computarizada Helicoidal requiere una rotación continua de la cabeza de tubo de rayos X y de un sistema de detectores en caso de equipos de tercera generación, o para los equipos de cuarta generación, la rotación continua sólo de la cabeza del tubo de rayos X. Este movimiento se logra mediante tecnología de deslizamiento-anillo, lo cual quiere decir que el paciente es respaldado ahora de forma continua hacia el gantry mientras el equipo rota, en un movimiento espiral, alrededor de él, haciendo que el tiempo de estudio se acorte a sólo unos pocos segundos, con una reducción de la dosis de radicación de hasta el 75%.<sup>(2)</sup>



Movimiento de la Tomografía Computarizada Helicoidal. <sup>(2)</sup>

Cualquiera que sea el tipo de equipo utilizado, se seleccionan el nivel, el plano y el espesor de los cortes que van a ser estudiados y la cabeza del tubo de rayos X rota alrededor del paciente, explorando la parte requerida del

cuerpo, obteniendo el número solicitado de cortes. Los cortes suelen adquirirse en el plano axial, por eso también se le llama Tomografía Axial Computarizada. <sup>(2)</sup>

### 5.3.5. OBTENCIÓN DE LA IMAGEN

A medida que la cabeza del tubo rota alrededor del paciente, los detectores determinan la atenuación o perfil de penetración del corte corporal en estudio.

El ordenador calculará la absorción en los puntos de una parrilla o matriz formada por la intersección de todos los perfiles generados para este corte.

Cada punto de la matriz se le denomina pixel, y las matrices suelen abarcar tamaños de 512 x 512 ó 1.024 x 1.024 pixeles. Cuanto menor sea el pixel individual, mayor será la resolución de la imagen.

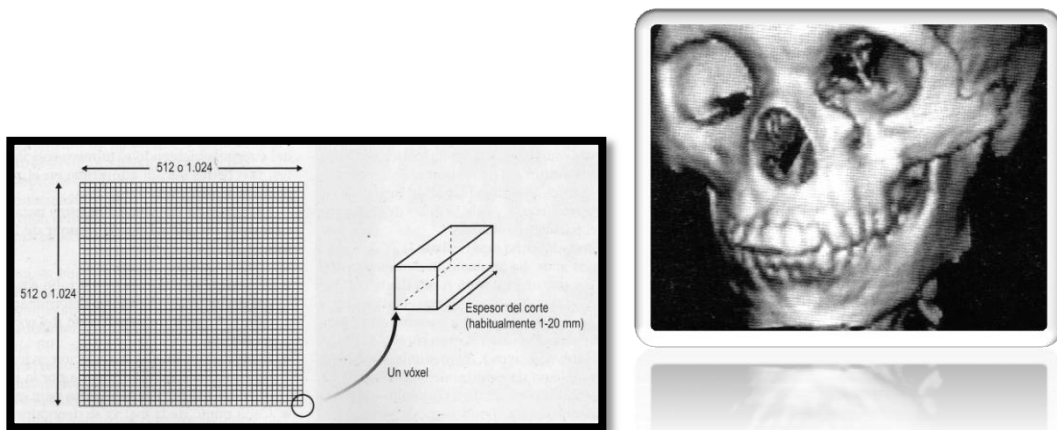
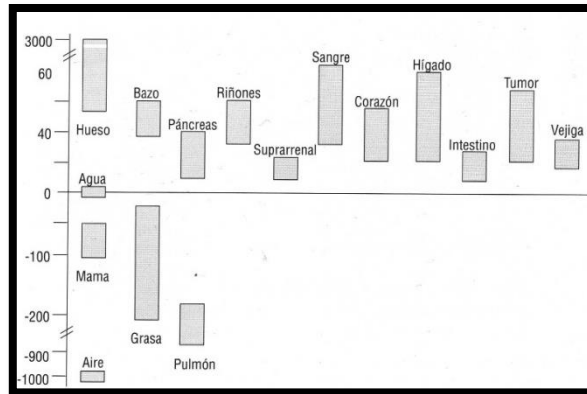


Diagrama de una matriz de pixel de TC y un pixel individual y la imagen tridimensional que se logra obtener. <sup>(2)</sup>

Al área estudiada por cada pixel le corresponde un volumen determinado, que depende del espesor del corte tomográfico, y al que se le conoce como vóxel.

A cada vóxel se le asigna un número de unidades Hounsfield, que depende de la cantidad de absorción dentro de este bloque de tejido. <sup>(2)</sup>



Rango de unidades que alcanzan algunos órganos en la escala Hounsfield. <sup>(9)</sup>

A cada número de TC se le asigna un grado diferente de gris, lo que permite construir una imagen visual y presentarla en un monitor. <sup>(2)</sup>

El paciente se desplaza a través del gantry y se obtiene en imagen cortes secuenciales adyacentes.

Se fotografían posteriormente las imágenes seleccionadas para obtener placas en papel fotográfico, y el resto de las imágenes permanecen en el disco duro. <sup>(2)</sup>

### 5.3.6. VENTAJAS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

Uno de sus principales beneficios de las imágenes generadas por ordenador deriva de la facilidad para manipular las imágenes o alterarlas para reconstruir otras nuevas sin que el paciente tenga que exponerse a radiación ionizante nuevamente. Además de que se pueden detectar cantidades y diferencias muy pequeñas en la atenuación de los rayos X, esto a su vez permite obtener una imagen detallada de las lesiones intracraneales y diferenciar entre distintos tipos de tejidos, tanto normales como patológicos.



La manipulación de imágenes para la obtención de cortes tomográficos axiales también representa un beneficio.<sup>(2)</sup>

### **5.3.7. DESVENTAJAS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA**

Con la llegada de nuevas tecnologías, como por ejemplo la Tomografía Cone Beam, la cual tiene un campo de vista menor, la tomografía computarizada ya no representa la primera opción como auxiliar de diagnóstico en la endodoncia, ya que el equipo resulta ser costoso, además de que el paciente se ve sometido a una radiación innecesaria.<sup>(2)</sup>

## **6. TOMOGRAFÍA CONE BEAM (CBCT)**

### **6.1. DEFINICIÓN**

La tomografía Cone Beam es una nueva modalidad imagenológica desarrollada con el fin de obtener escáneres tridimensionales del esqueleto maxilofacial con una dosis de radiación menor que la tomografía computarizada (TC), revolucionando así la imagen del complejo craneofacial y ofreciendo una alternativa a la radiografía convencional intraoral y panorámica.<sup>(1)</sup>

Es denominada también Tomografía Digital Volumétrica o Tomografía Computarizada de Haz Cónico.<sup>(9)</sup>

### **6.2. ANTECEDENTES**

A lo largo del tiempo, los tomógrafos fueron pasando por distintas generaciones con el propósito de mejorar la calidad de imagen y disminuir la radiación emitida hacia el paciente.

Fue hasta finales de los años noventa cuando se desarrolló una nueva tecnología en la radiología odontológica, denominada Tomografía Cone Beam, incorporando diversas ventajas sobre los tomógrafos médicos y convencionales.

Entre los pioneros de esta nueva tecnología se encuentran los italianos Mozzo et al. de la Universidad de Verona, quienes, en 1998 presentaron los resultados preliminares de un nuevo aparato de Tomografía Volumétrica para imágenes odontológicas basado en la técnica de haz en forma de cono (técnica Cone Beam ).<sup>(9)</sup>

Los fundamentos matemáticos de la Tomografía fueron establecidos en 1917 por el matemático austriaco J. Radon, quién probó que era posible reconstruir un objeto bidimensional o tridimensional, a partir de un conjunto de infinitas proyecciones.<sup>(10)</sup>

En 1955 bajo los fundamentos de Radon, el ingeniero Goodfrey N. Hounsfield y el físico Allen Cormak desarrollaron la Tomografía Computarizada, la cual fue introducida al mercado en 1972, principalmente en el campo de la medicina.<sup>(9)</sup>

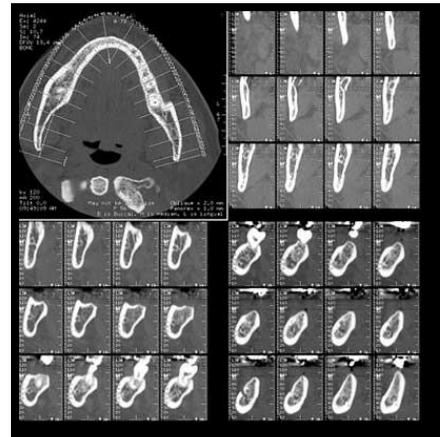
### **6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA TOMOGRAFÍA CONE BEAM Y SU DIFERENCIA CON LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA**

La Tomografía Cone Beam a diferencia de la Tomografía Computarizada recolecta la información obtenida por un tomógrafo digital volumétrico que realiza un giro de 180 ó 360 grados alrededor de la cabeza del paciente, obteniendo un volumen de datos cilíndrico o esférico, el cual se procesa mediante una computadora; creando así, una reconstrucción del campo de visualización que nos permite analizar al objeto de manera dinámica en dirección transversal, frontal o sagital.<sup>(1)(9)</sup>



La Tomografía ConeBeam es capaz de capturar guardar y presentar imágenes radiológicas en dirección transversal, frontal o sagital.<sup>(7)</sup>

En la tomografía computarizada los rayos que inciden son paralelos entre sí y en forma de abanico (Fan Beam); los cuales giran alrededor de un aro de detectores, al mismo tiempo que el paciente va siendo introducido dentro del tomógrafo, proporcionándonos cortes axiales del interior del cuerpo. Por tal motivo, la Tomografía Computarizada, necesita de tantas vueltas como requiera la espesura del corte y tamaño de la estructura, resultando una mayor exposición del paciente a la radiación.<sup>(9)</sup>



Equipo de Tomografía ComputarizadaLa TC proporciona cortes axiales del cuerpo  
[http://www.cuiket.com/imagenes/company\\_photo/8986\\_big.jpg](http://www.cuiket.com/imagenes/company_photo/8986_big.jpg)

En cuanto a imagen se refiere, Park y col. mencionan que la imagen producida por la Tomografía Cone Beam tiene alta definición y es superior a la de la Tomografía Computarizada. Esto se debe principalmente porque en la Tomografía Computarizada los vóxeles son anisotrópicos (no idénticos en todos sus planos), mientras que en las imágenes 3D, los vóxeles son isotrópicos (iguales en longitud, altura y profundidad).



Vóxel Isotrópico<sup>(9)</sup>



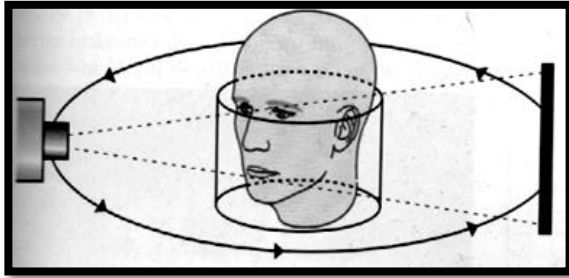
Vóxel Anisotrópico<sup>(9)</sup>

La mayoría de los equipos de Tomografía ConeBeam son más pequeños que los aparatos de Tomografía Computarizada y también son significativamente más económicos.<sup>(9)</sup>

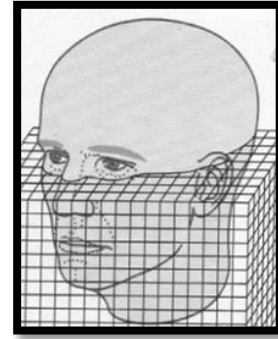
## 6.4. TÉCNICA

### 6.4.1. OBTENCIÓN DE LA IMAGEN

El sistema tubo – detector realiza solamente un giro de 180 ó 360 grados en torno a la cabeza del paciente, en donde se adquiere 556 imágenes digitales de alta resolución. Una vez obtenidas estas imágenes, mediante complejos algoritmos computacionales, se obtiene un volumen llamado campo de visualización o FOV (field of view). A este proceso también se le conoce como reconstrucción primaria.<sup>(2)(9)</sup>



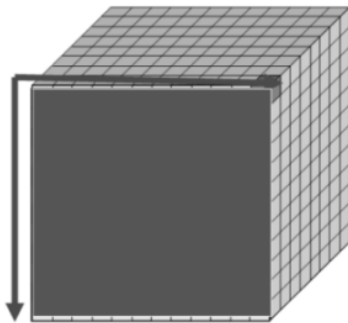
Obtención de la imagen por medio del haz cónico. <sup>(2)</sup>



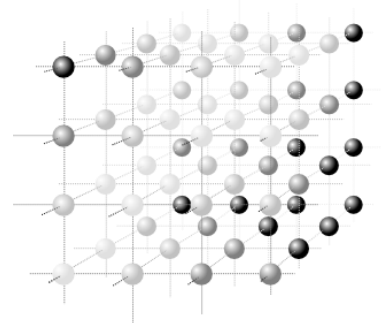
Reconstrucción primaria <sup>(2)</sup>

Este volumen está constituido por múltiples pequeñas unidades volumétricas llamadas vóxeles (normalmente de 0.4 mm x 0.4 mm x 0.4 mm). <sup>(1)</sup>

Los vóxeles son pixeles tridimensionales y su tamaño en los equipos más nuevos es aún menor (0.15 mm x 0.15 mm x 0.15 mm), de forma que mejora la resolución de la imagen. <sup>(9)</sup>

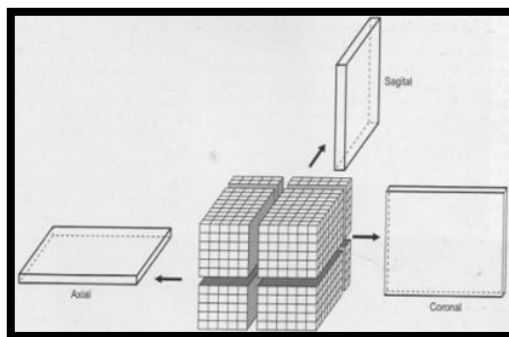


Comparación de un vóxel con un pixel <sup>(2)</sup>



Representación tridimensional de un voxel <sup>(2)</sup>

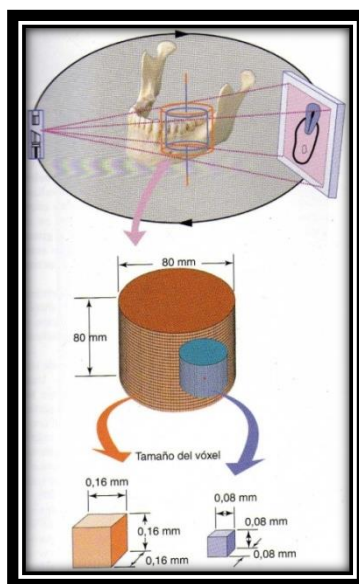
Un estudio suele contener más de 100 millones de vóxeles. Los programas de ordenador permiten al operador seleccionar todos los que se precisen en los planos sagital, coronal o axial, lo que se denomina reconstrucción secundaria o multiplanar. <sup>(2)</sup>



Reconstrucción secundaria o multiplanar<sup>(2)</sup>

### 6.4.2. MANIPULACIÓN DE LA IMAGEN

La característica más importante y clínicamente útil de la tecnología de la Tomografía Cone Beam es el software que permite reconstruir el volumen de datos recogido. Pueden visualizarse cortes tomográficos de tan solo un vóxel de grosor y de diferentes formas. Las vistas axial y proximal tienen un valor concreto porque generalmente no se ven en la radiografía periapical convencional.<sup>(9)</sup>



La fuente de radiación en la Tomografía Cone Beam tiene forma de cono. El sensor receptor captura la imagen en vóxeles de información, permitiendo la interpretación digital.<sup>(7)</sup>

## **6.5. RADIACIÓN EN LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM**

Una de las principales características de la Tomografía Cone Beam es que emplea una dosis efectiva relativamente baja, la cual, es medida en mili Sieverts (mSv) y en micro Sievert (uSv).

La dosis efectiva de los escáneres volumétricos varía, pero puede ser casi tan baja como en un radiografía panorámica y mucho menor que en una exploración de Tomografía Computarizada.

El equipo utiliza habitualmente un haz pulsado de alto kV (90 – 110 Kv) con el fin de minimizar la absorción de las partes blandas. Durante un estudio que dure 20 segundos, el paciente sólo se ve expuesto a radiación ionizante durante 3.5 segundos.

La dosis efectiva global se ha estimado en el orden de 0.035-0.10 mSv utilizando los factores de ponderación tisular IRCP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) propuestos en 2005; en el cual depende la longitud del estudio, el tamaño del campo de visión y el tipo de equipo que se está empleando. Esto equivale aproximadamente 2-8 radiografías panorámicas convencionales, y es considerablemente inferior a la de un estudio de TC.

Para explicarlo en términos fáciles de entender, se utiliza el término BERT (Background Equivalent Radiation Time) que compara la radiación que recibimos todos los seres vivientes del medio ambiente, en comparación con la radiación adicional que aporta cada estudio radiográfico. En este caso el examen imagenológico mediante Cone Beam es equivalente a 3 días de radiación del medio ambiente.

Los escáneres de volumen limitado son diseñados para captar la información de una pequeña región del maxilar o mandíbula ya que producen una dosis



eficaz inferior, por lo tanto son la mejor opción para imágenes endodónticas de sólo un diente o de dos dientes vecinos.<sup>(9) (10)</sup>

## **6.6. EQUIPO**

El equipo de tomografía Cone Beam es muy compacto y se asemeja al aparato de radiografía panorámica.<sup>(2)</sup> En la actualidad se dispone de varios equipos con nuevos desarrollos.<sup>(1)</sup>

Presenta dos componentes principales, posicionados en extremos opuestos de la cabeza del paciente: la fuente o tubo de rayos X, que emite un haz en forma de cono, y un detector de rayos X.<sup>(9)</sup>

El tamaño del campo de visión cilíndrico o esférico varía entre un equipo y otro. Utilizando un gran campo de visión (habitualmente de 15 cm de diámetro), la mayoría del esqueleto maxilofacial cabe dentro de la forma cilíndrica o esférica y se obtiene la imagen en una sola toma.<sup>(1)</sup>

## **6.7. TOMÓGRAFOS VOLUMÉTRICOS DIGITALES**

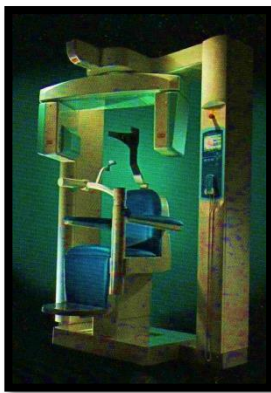
Hay numerosos modelos de tomógrafos volumétricos digitales dedicados a la odontología. La mayoría de los sistemas funciona con menos de 100 Kvoltios y sólo muy pocos usan tubos de alto voltaje reservado para los radiólogos. Cada marca ofrece sus propias innovaciones en facilidad de uso y ergonomía. La tendencia actual es reducir el tamaño del dispositivo para que sea más fácil encontrarle un lugar en la clínica dental. La mayoría de estos equipos pueden ser utilizados para obtener radiografías panorámicas.<sup>(1) (9)</sup>

### 6.7.1. CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA CONE BEAM

Los equipos se clasifican en la actualidad de acuerdo a uno de tres criterios:

- Al posicionamiento del paciente al momento de la adquisición de la imagen.
- Al volumen de adquisición irradiado.
- A la función clínica.

**POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE:** Los volúmenes de la región maxilofacial pueden obtenerse con el paciente en cualquiera de tres posiciones: acostado, de pie o sentado. Los equipos que requieren de un paciente acostado generalmente son de grandes dimensiones, y de difícil acceso para pacientes con dificultades motoras o discapacitados. Las unidades donde los pacientes se sientan son las más cómodas, sin embargo, son de acceso restringido para pacientes en silla de rueda o discapacitados. Los equipos donde el paciente se mantiene de pie suelen ser los más versátiles y de menores dimensiones, sin embargo deben poder hacer un amplio recorrido vertical de ajuste para permitir la toma de pacientes sentados en silla de ruedas.<sup>(9)</sup>



Tomógrafo volumétrico de haz cónico  
3D Accuitomo 80.<sup>(7)</sup>



Tomógrafo volumétrico de haz cónico  
Galileos<sup>(1)</sup>



Tomógrafo volumétrico de haz cónico  
My Ray Skyview<sup>(1)</sup>

**VOLUMEN DE ADQUISICIÓN:** Las dimensiones del área de donde se obtiene información son en principio dependientes de la forma y del tamaño del sensor, de la geometría del haz cónico de radiación y de la habilidad del sensor en la colimación del haz.

La forma del área adquirida puede ser cilíndrica o esférica. El que se pueda limitar al área de interés asegura que es posible ajustar el estudio a las características propias de cada paciente en base a la región seleccionada para ser estudiada y a la patología que presente.<sup>(9)</sup>

En la base a la relación altura-diámetro del volumen posible de adquirir, los equipos se pueden clasificar en:

- ❖ LOCALIZADOS (focalizados, de campo reducido, pequeño o limitado menor de 5 cm).
- ❖ ARCO INDIVIDUAL (5 a 7 cm)
- ❖ INTER ARCADA (7 a 10 cm)
- ❖ MAXILOFACIAL (10 a 15 cm)
- ❖ CRANEO FACIAL (más de 15 cm)



CRANEO FACIAL<sup>(1)</sup>



MAXILOFACIAL<sup>(1)</sup>



INTERARCADA<sup>(1)</sup>

En términos generales, a menor área de adquisición de volumen, mayor resolución espacial de la imagen. Dado que el signo inicial de enfermedad periapical es la discontinuidad de la lámina dura y el ensanchamiento del espacio del ligamento periodontal, es deseable que la resolución de cualquier equipo a ser usado en endodoncia no sea mayor de 200  $\mu\text{m}$  (promedio del tamaño del ligamento).<sup>(9)</sup>

Los equipos con un campo visual grande abarcan una altura igual o superior a 16 cm, útiles para cefalometrías volumétricas, muestran casi todo el macizo facial.

Los equipos de campo visual mediano abarcan un 45% del macizo facial aproximadamente, son útiles para una vista amplia, panorámicas virtuales y exámenes para implantología dental.

Los equipos de campo visual pequeño, cubren zonas muy específicas, con un volumen promedio de 4x5 cm aproximadamente, útiles para exámenes de senos paranasales, ATM, o de un solo maxilar. Permite detallar la zona de interés.

Multimodo: Es posible encontrar equipos híbridos que combinan panorámicas digitales y cefálicas con tomógrafos tridimensionales de áreas de adquisición limitada.<sup>(9)</sup>

Las imágenes panorámicas y cefálicas digitales son de alta definición mostrando detalles que no observamos en las panorámicas convencionales, sin embargo no deja de ser una imagen en dos dimensiones.<sup>(9)</sup>

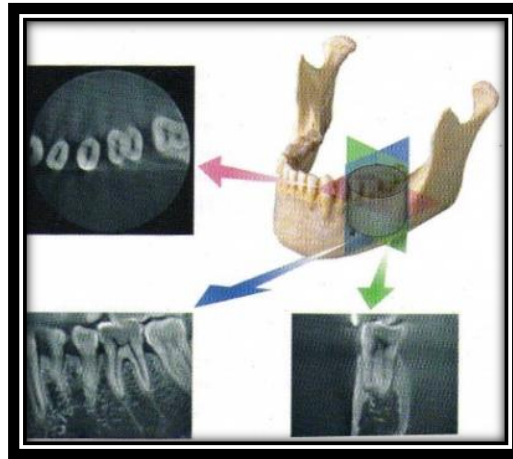


Híbrido: combinan panorámicas digitales y cefálicas con tomógrafos tridimensionales de áreas de adquisición limitada.<sup>(1)</sup>

No todos los tomógrafos computarizados de haz cónico caben dentro de la clasificación de alta resolución principalmente por dos factores

- ✓ Tamaño del campo de visión.
- ✓ Tamaño del vóxel,

Muchos tomógrafos tienen campos de visión mayor, pero no son útiles en el campo de la Endodoncia, ya que generan mayores áreas anatómicas, con el consiguiente detrimento de la calidad de imagen, y al mismo tiempo tienen menor resolución espacial, ya que el tamaño de vóxel de 200 micrones permite sólo la existencia de 125 vóxeles por milímetro cúbico. El espesor del corte utilizado en Endodoncia normalmente es de 0.5 mm pudiendo ser desde 0.125 hasta 1.0 mm de acuerdo al caso específico, pero la calidad diagnóstica de la imagen no es dependiente del espesor del corte, sino del tamaño del vóxel.<sup>(9)</sup>



Es deseable que la resolución de cualquier equipo a ser usado en endodoncia no sea mayor de 200  $\mu\text{m}$  ya que a menor área de adquisición de volumen, mayor resolución espacial de la imagen.<sup>(7)</sup>

## 6.8. VENTAJAS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM

- ✓ Ofrece una gran calidad de imagen.
- ✓ La dosis de radiación es mínima, comparada con la Tomografía Computarizada.
- ✓ Permite entregar al clínico, el volumen completo para que lo explore, con gran facilidad, en los planos axial, sagital y coronal, mediante un software auto ejecutable, que permite además efectuar mediciones 1:1

incluso de líneas curvas. Adjunto además viene una placa radiográfica con la selección de las imágenes más relevantes y un informe escrito.

- ✓ Todos los exámenes son respaldados digitalmente, lo que permite que el clínico y el radiólogo puedan analizar el caso a distancia, visualizando ambos, las mismas imágenes en forma simultánea.<sup>(9)(1)</sup>

## **6.9. LIMITACIONES DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE BEAM**

- ✓ Al igual que la tomografía computarizada, esta técnica está sujeta a la presencia de artefactos, producidos por elementos muy radiopacos como espigas metálicas o algunos materiales de obturación, pero en todo caso los artefactos mencionados son de mucha menor intensidad, e interfieren en menor grado la capacidad diagnóstica de este examen en comparación con el TAC convencional.
- ✓ No es fiable en imágenes de tejidos blandos como resultado de la falta de rango dinámico del detector de rayos X.
- ✓ Los diferentes valores en la escala de grises asignados a tejidos blandos han apostado información, aunque no la suficiente para registrar resultados definitivos.
- ✓ Otra limitación de la técnica, es que es sensible al movimiento del paciente durante la exposición a los rayos. Aunque la adquisición del volumen toma solo 17.5 segundos, si el paciente se mueve durante dicho periodo, decae la calidad de la imagen. Este inconveniente puede hacerse presente en pacientes con dificultades motoras que produzcan movimientos involuntarios.<sup>(9)(1)</sup>

## **6.10. APLICACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA CONE BEAM EN ENDODONCIA**

### **6.10.1. Evaluación de la anatomía del sistema de conductos radiculares**

El principal objetivo del tratamiento endodóncico es la preparación biomecánica, limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares. El éxito del tratamiento de sistema de conductos dependerá de la identificación de todos los conductos radiculares para que puedan ser accesados, conformados, desinfectados y obturados. Muchas veces durante el trabajo clínico únicamente nos basamos en conceptos teóricos sobre la anatomía dental y en la imagen bidimensional de las radiografías convencionales, sin tomar en cuenta las variaciones anatómicas que se pueden presentar.<sup>(1)(10)</sup>

En un estudio Matherne y cols. Compararon radiografías digitales con la Tomografía Cone Beam para detectar el número de conductos radiculares en 72 dientes extraídos. Se comprobó que con la radiografía digital, los endodoncistas no lograron identificar al menos uno de los conductos en el 40% de los casos.<sup>(9)(1)</sup>

Por su parte, Jung y cols. presentaron un caso clínico donde se identifica el conducto mesio medio de la raíz mesial del primer molar inferior en una paciente que acudió a consulta con un dolor espontáneo en la región molar. Al examen clínico se observó una restauración extensiva de oro en el primer molar inferior derecho.<sup>(10)</sup>





Observación a la exploración clínica del primer molar inferior<sup>(10)</sup>

La paciente presentó respuesta a las pruebas de sensibilidad pulpar, la radiografía no indicó patología periapical en el primer molar, sin embargo, si una zona radiolúcida en el segundo premolar adyacente.



Primer molar sin patología periapical y segundo premolar con patología periapical.<sup>(10)</sup>

Se estableció el diagnóstico de pulpitis irreversible sin patología periapical en el primer molar inferior derecho y necrosis pulpar con patología periapical en el segundo premolar adyacente. Se realizó el acceso endodóncico y se encontraron 4 orificios correspondientes a los conductos ML, MV, DV, DL.<sup>(10)</sup>



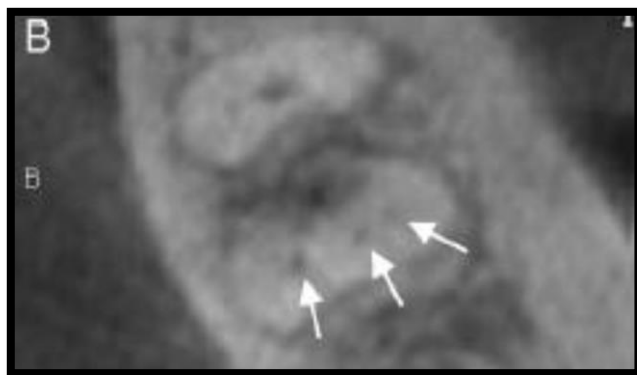
Conductos ML, MB, DB, DL<sup>(10)</sup>

Se estableció la longitud de trabajo, se realizó la preparación biomecánica y se colocaron conos de gutapercha para confirmar la longitud de trabajo. La angulación de la radiografía muestra la presencia de un conducto adicional, porque en la raíz mesial muestra otro ápice radicular.



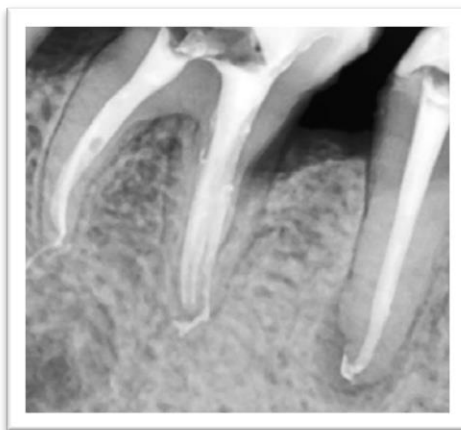
Rx. que muestra un ápice radicular adicional en la raíz mesial.<sup>(10)</sup>

Se decidió, usar la Tomografía Cone Beam y se obtuvo su morfología en cortes transversales, axiales y sagitales de 1.0 mm de espesor. La imagen transversal reveló que la raíz mesial tenía 3 conductos.



Corte transversal en donde se observa 3 canales en la raíz mesial. TOMOGRAFÍA CONE BEAM<sup>(10)</sup>

Los 3 conductos fueron limpiados y obturados, el segundo premolar también recibió tratamiento de sistema de conductos radiculares.



Obturación final del primer molar y segundo premolar <sup>(10)</sup>

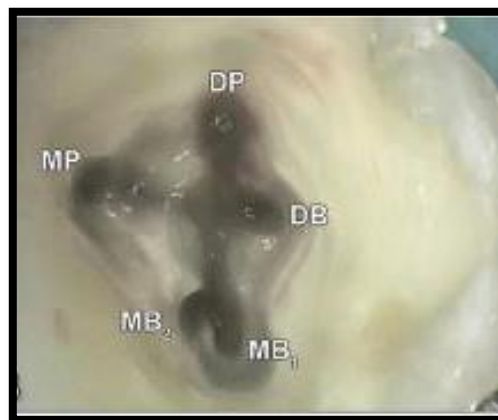
Kottoor y cols. publicaron un caso clínico en donde se encontraron 5 raíces y 5 conductos radiculares en una paciente que presentaba severo dolor espontáneo en el área del maxilar derecho. La examinación clínica reveló una obturación con amalgama con caries recidivante en el primer y segundo molar superior derecho. Las pruebas de sensibilidad pulpar a los dientes afectados fueron positivas, la radiografía mostró una evidente caries dental que se acercaba a la pulpa en el primero y segundo molar.

El segundo molar mostró una inusual anatomía con las raíces superpuestas una sobre otra. <sup>(11)</sup>



Rx. preoperatoria donde se evidencia la posición de las raíces. <sup>(11)</sup>

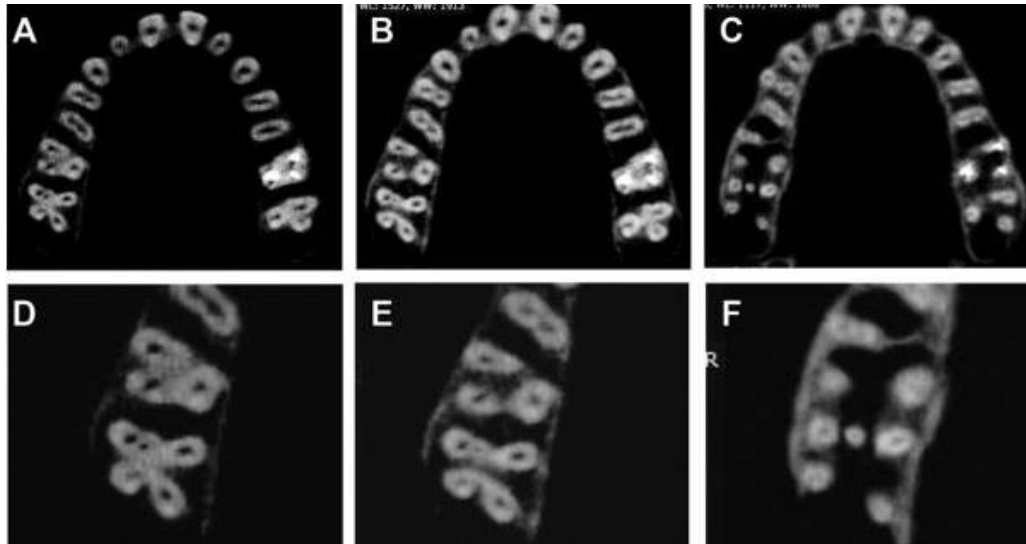
Se estableció el diagnóstico de pulpitis irreversible para el primero y segundo molar y se planeó el tratamiento endodóncico. Se realizó el acceso cameral y se encontraron 4 conductos: 1 conducto mesiovestibular (MV), 2 conductos palatinos (mesiopalatino y distopalatino) y un conducto distovestibular (DV), se evaluó el piso pulpar con un microscopio quirúrgico y reveló un orificio mesiovestibular adicional (MV2) a 1mm del orificio MV1. <sup>(11)</sup>



Localización de cinco conductos radicales. <sup>(11)</sup>

Para confirmar esta rara y compleja anatomía radicular, se mandó una Tomografía Cone Beam y se obtuvo la morfología en cortes axial, transversal

y sagital de 0.5mm de grosor. Las imágenes revelaron que el segundo molar superior derecho tenía dos raíces palatinas y 2 raíces mesiovestibulares separadas y una raíz distovestibular, cada uno con canales separados.<sup>(11)</sup>



Imágenes de Tomografía Cone Beam: A, B, C muestran secciones axial del arco superior y D, E, F acercamiento de sección axial de imagen de Tomografía Cone Beam donde muestra el segundo molar con 5 raíces y 5 canales.<sup>(11)</sup>

El sistema de conductos radiculares fueron obturados y el diente restaurado.

### 6.10.2. Detección de Fracturas Radiculares

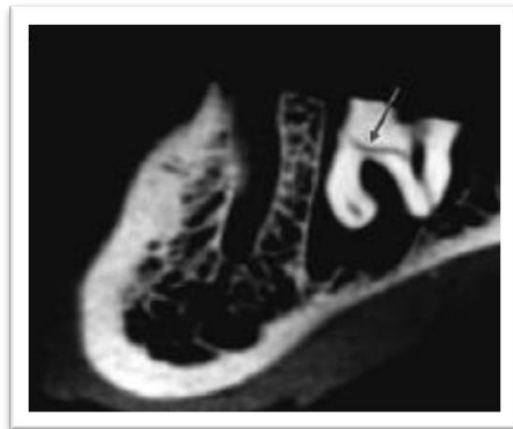
Las fracturas dentales, exceptuando los casos de trauma, son generalmente debidas por un exceso de carga mecánica. Sin un examen clínico y radiográfico preciso, el diagnóstico de una fractura vertical radicular es muy difícil, ya que la línea de fractura está constantemente localizada en el eje longitudinal del diente y por lo general pasa desapercibida en una imagen radiográfica convencional. Con la Tomografía Cone Beam, las fracturas radiculares se pueden ver claramente sin importar su localización. Sin embargo no hay que olvidar que la evaluación microscópica de la superficie

radicular, el sondeo periodontal y la percusión son pruebas necesarias para establecer un diagnóstico en esta condición.<sup>(12)</sup>

Hassan et al. realizaron un estudio en dientes extraídos para detectar fracturas radiculares verticales comparando la Tomografía Cone Beam y la radiografía periapical. Se utilizaron 80 dientes, en los cuales se verificó la ausencia de fractura vertical. Se realizó el acceso en cada diente y se trabajó el sistema de conductos radicular.

Se realizaron fracturas en cada diente, y se comprobó con el microscopio para confirmar la fractura vertical.

Se escanearon los ejemplares y también se les tomó radiografía periapical.<sup>(12)</sup>



Corte sagital en donde se puede observar la fractura vertical. Tomografía ConeBeam.<sup>(12)</sup>

La sensibilidad global detectada por las exploraciones con Tomografía Cone Beam fue más alta en comparación con radiografía periapical. Las exploraciones con Tomografía Cone Beam fueron significativamente más precisas la detección fracturas radiculares verticales.

Localización de fracturas radiculares verticales en dientes tratados endodóncicamente por medio de la Tomografía Cone Beam

SCANNER	Endodoncista	Estudiante	Ambos grupos	Conducto obturado	No obturado	Buco lingual	Mesio distal
<b>Tomografía Cone Beam</b>							
<b>Sensibilidad</b>	<b>77.5</b>	<b>81.3</b>	<b>79.4</b>	<b>78.8</b>	<b>80.0</b>	<b>87.0</b>	<b>63.5</b>
<b>Especificidad</b>	<b>91.3</b>	<b>93.8</b>	<b>92.5</b>	<b>87.5</b>	<b>97.5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Radiografía Periapical</b>							
<b>Sensibilidad</b>	<b>37.5</b>	<b>36.7</b>	<b>37.1</b>	<b>26.6</b>	<b>47.5</b>	<b>51.4</b>	<b>7.7</b>
<b>Especificidad</b>	<b>95.0</b>	<b>95.0</b>	<b>95.0</b>	<b>93.8</b>	<b>96.2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Porcentaje global de sensibilidad y especificidad de exploraciones con Tomografía Cone Beam y Radiografía Periapical por observador y conducto obturado.<sup>(12)</sup>

### 6.10.3. Perforaciones Radiculares

Una perforación radicular es la comunicación entre el sistema de conducto radicular y los tejidos perirradiculares. Si bien esto puede ocurrir debido a la resorción radicular, generalmente es el resultado de daños iatrogénicos realizados durante la preparación de cavidades en la apertura cameral, durante la preparación biomecánica del conducto radicular y durante la preparación post tratamiento para la colocación de postes preformados o colados. Las perforaciones radiculares son un factor potencial para una lesión inflamatoria con la destrucción de los tejidos periodontales adyacentes. El pronóstico de un diente con perforación depende principalmente del control de la infección bacteriana en el sitio de la perforación.<sup>(9)</sup>

La evaluación preoperativa, de la presencia de una perforación radicular es importante para definir el pronóstico y plan de tratamiento. La detección radiográfica de la superficie vestibular o lingual se dificulta debido a que la

imagen de la perforación esta superpuesta en la raíz. Si se toma radiografías preoperativas en distintos ángulos horizontales se puede facilitar la identificación en la superficie vestibulo – lingual.

Sin embargo, la Tomografía Cone Beam nos permite dar un diagnóstico más preciso en este tipo de lesiones.<sup>(9)</sup>

Young y cols. presentan un caso donde se evalúa una perforación radicular mediante el uso de la Tomografía Cone Beam en una paciente que tuvo tratamiento endodóntico hace 15 años y tenía una prótesis fija que abarca desde el diente 15 hasta el diente 27.<sup>(13)</sup>



Radiografía panorámica que evidencia prótesis fija extensa desde el diente 15 hasta el diente 27.<sup>(13)</sup>

A mediados del 2005 notó una fistula a nivel del diente 21. La paciente no refiere síntomas clínicos, hubo exceso de carga en dientes pilares y la higiene oral del paciente fue deficiente en las prótesis fijas superiores. La fistula vestibular estaba adyacente al diente 21, se introdujo un cono de gutapercha y este se iba hacia la superficie lateral de la raíz de este diente.

El diente 21 no es sensible a la percusión, la mucosa labial circundante a este diente fue sensible a la palpación, la profundidad al sondeo estuvo



dentro de lo normal, la radiografía muestra el diente contiene un poste y una obturación radicular compacta se extiende cerca del ápice radiográfico. <sup>(12)</sup>



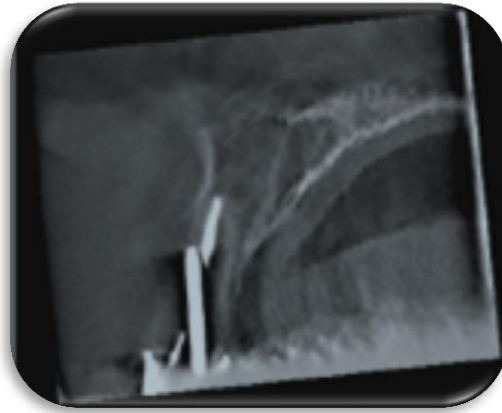
A. Fístula vestibular adyacente al diente 21. B. muestra el cono de gutapercha que sigue a la fistula y este se va hacia la superficie lateral del diente.

Hubo pérdida de lámina dura con lesión radiolúcida asociada a la superficie distal de la raíz, correspondiente al nivel apical del poste. Una radiografía con desviación horizontal del tubo demostró que el poste no sigue el eje longitudinal de la raíz, sino que fue mal dirigido hacia vestibular. <sup>(12)</sup>



Radiografía con desviación horizontal (mesial) del tubo muestra que el poste de la pza. 21 está mal dirigido hacia vestibular. <sup>(12)</sup>

Se establece un diagnóstico de periodontitis crónica supurativa, entre las posibles etiologías se encuentran la perforación lateral, fractura radicular o filtración de irritantes antimicrobianos a través de un conducto lateral. Para determinar con mayor precisión la relación entre poste y estructura de la raíz, se decide el uso de Tomografía Cone Beam. <sup>(12)</sup>



Diente 21 con una perforación en la superficie vestibular posterior a nivel medio radicular con un defecto óseo asociado. <sup>(12)</sup>

Se estableció la longitud de trabajo, se limpió el sistema de conductos y se realizó la preparación biomecánica, la fistula desapareció, el conducto se obturo con compactación lateral. Se colocó un poste y se continuó con la rehabilitación protésica. <sup>(12)</sup>

#### **6.10.4. Cirugía Periapical**

El examen clínico y la buena calidad de radiografías periapicales son esenciales para el diagnóstico preoperatorio de los dientes que serán sometidos a cirugía periapical. Sin embargo, la radiografía periapical es limitada, ya que sólo es la representación en dos dimensiones de una estructura tridimensional. La interpretación es más difícil cuando el motivo principal es complejo, esto ocurre a menudo en la región posterior del

maxilar, donde las raíces de los dientes se superponen a estructuras anatómicas como el arco cigomático y el seno maxilar. La presencia de materiales de obturación radiopacos y postes también se suman al problema de fondo. La Tomografía Cone Beam juega un papel importante en la planificación de la microcirugía periapical de las raíces palatinas de los primeros molares superiores, ya que permite evaluar y medir la distancia entre la placa cortical y el ápice de la raíz palatina y la presencia o ausencia del seno maxilar entre las raíces, las cuales son difíciles de evaluar con la radiografía convencional.<sup>(14)</sup>

Rigolone y cols. Concluyeron que la Tomografía Cone Beam puede desempeñar un papel importante en la planificación de microcirugía apical sobre las raíces palatinas de primeros molares superiores.<sup>(15)</sup>

Low et al. presentaron el caso del uso de la Tomografía Cone Beam en cirugía endodóncica en un paciente que acudió para la evaluación y tratamiento de su primer molar superior derecho. El paciente se quejaba de dolor a nivel de ese diente especialmente a la masticación. Hace 5 años le hicieron un tratamiento de sistema de conducto y una corona, dicho diente presenta leve dolor a la percusión y palpación. La profundidad al sondeo estaba dentro de lo normal.<sup>(14)</sup>



Fotografía preoperatoria del diente 16

Una radiografía mostró la presencia de un instrumento fracturado, que se extendía al seno maxilar.



Rx. periapical preoperatoria, muestra instrumento fracturado <sup>(15)</sup>

Sin embargo, la detección con la radiografía dental convencional es difícil o inexacta, especialmente cuando el instrumento fracturado se encuentra hacia la cara vestibular o lingual de la raíz compuesta. Se usó la Tomografía Cone Beam y se observó la posición exacta del instrumento fracturado y la relación espacial con el seno maxilar. Los cortes sagital y axial revelaron que el instrumento fracturado se encuentra entre las raíces vestibulares. <sup>(14)</sup>



Corte sagital que revela que el instrumento se encuentra entre las raíces vestibulares. <sup>(14)</sup>

El instrumento fracturado fue localizado dentro de la perforación, inicialmente se intentó retirar el instrumento por la perforación, pero falló. El paciente fue programado para la extirpación quirúrgica del instrumento fracturado.

#### **6.10.5. Reabsorciones Radiculares**

La reabsorción radicular es una condición fisiológica o patológica asociada con la pérdida de estructura dental causada por osteoclastos. Se asocia también al tratamiento de ortodoncia, lesiones dentales traumáticas, periodontitis apical, blanqueamiento intracoronal, quiste dentígero, neoplasias o factores idiopáticos. La capa superficial interna o externa de células de protección podrían ser dañadas o sustituidas y la reabsorción radicular podría afectar cualquier parte de la raíz. <sup>(16)</sup>

La reabsorción radicular inflamatoria es una lesión asintomática que es difícil de diagnosticar y tratar; el criterio para el diagnóstico de esta reabsorción es el análisis microscópico y se puede clasificar en activa, retenida y reparada según los hallazgos microscópicos. <sup>(17)</sup>

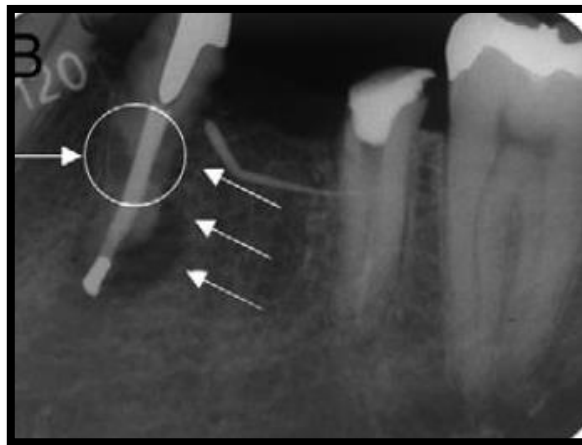
La prevalencia de cada etapa afecta al pronóstico y tratamiento. Frecuentemente se usan radiografías convencionales para diagnosticar y dar tratamiento, sin embargo el acortamiento apical, ampliación del conducto radicular y las radiolusencias externas de la raíz no son detectables en las radiografías en sus etapas iniciales, cuando son pequeños o por la limitación bidimensional de este método. <sup>(16)</sup>

Nakata y cols. participaron en un caso clínico para la observación de una reabsorción radicular con Tomografía Cone Beam en un paciente que acudió a la clínica para evaluación y tratamiento de su primer molar. A la exploración clínica se observó una fístula entre el primer molar y el segundo premolar; manifestando dolor a la percusión en ambos dientes. No hay hinchazón, pero

si hay dolor a la palpación por vestibular del premolar. La profundidad al sondeo en este diente es de 4 mm; por lo que se decide insertar un cono de gutapercha dentro de la fístula para indicarnos el trayecto hacia el diente problema. <sup>(18)</sup>

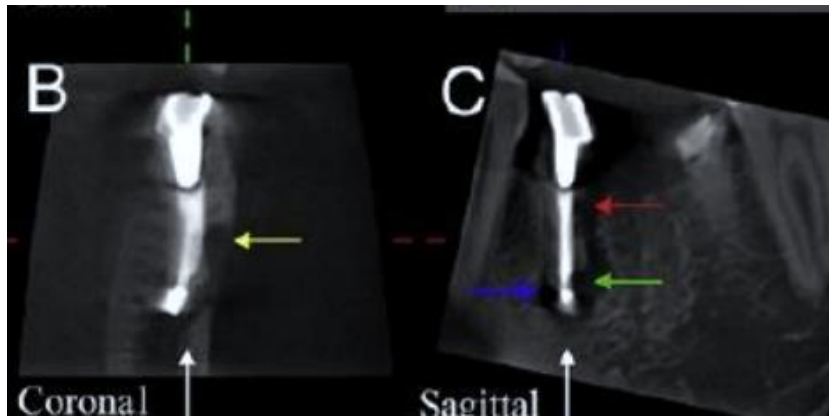
Se tomaron radiografías intraorales y una radiografía panorámica.

La radiografía convencional mostro la presencia de una lesión periradicular con leve reabsorción ósea solo en el premolar, el cual tenía al final material de obturación, la lesión tiene extensión a lo largo de la cara distal del premolar y la presencia de un área radiolúcida alrededor de la parte media del conducto radicular que reveló una fuerte sospecha de una fractura radicular. <sup>(18)</sup>



Radiografía periapical muestra la expansión de la lesión a lo largo de la cara distal de la raíz del premolar y el área radiolúcida alrededor de la parte media de la raíz del premolar (flechas), se sospecha de fractura radicular. <sup>(18)</sup>

No se observó ninguna lesión en el molar. El paciente tuvo previo tratamiento de conductos y una hemisección que se completó con otro dentista, por lo tanto era muy difícil evaluar la posibilidad de salvar el premolar y determinar la causa de los síntomas clínicos por medios convencionales, así que se examinó con una Tomografía Cone Beam; en donde se obtuvieron imágenes que revelaron una condición de reabsorción radicular externa en el segundo premolar inferior izquierdo, por lo que se tuvo que extraer.



Aparente presencia y condición de reabsorción radicular externa en segunda premolar inferior izquierda. Cuatro áreas de reabsorciones radiculares externas son claramente observadas en la superficies radiculares bucal, mesial y distal en las secciones axial, coronal y sagital.

## MÉTODO PARA EVALUAR REABSORCIÓN RADICULAR INFLAMATORIA USANDO TOMOGRAFÍA CONE BEAM.

El método para evaluar resorción radicular interna usando Tomografía Cone Beam fue establecido en base a su localización apical, medio y cervical, superficie mesial, distal, vestibular, palatino o lingual y la extensión de la resorción. <sup>(16)</sup>

Lugar y extensión de reabsorción radicular de acuerdo a la puntuación para Tomografía Cone Beam.

Tercios/Superficies	Mesial (1)	Distal (2)	Bucal (3)	Palatino (4)	Ápice Radicular (4)	Puntuación, extensión de IRR
Apical (1)	1	2	3	4	5	0, estructura intacta; 1 >0.5 - 1mm 2,>1-3mm; 3,>3-4mm; 4, >4mm
Medio (2)	1	2	3	4	5	0, estructura intacta; 1 >0.5 - 1mm 2,>1-3mm; 3,>3-4mm; 4, >4mm
Medio (3)	1	2	3	4	5	0, estructura intacta; 1 >0.5 - 1mm 2,>1-3mm; 3,>3-4mm; 4, >4mm

Estrela C. et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. J Endod 2009; 35: 1491-7.

Estrela y cols. Identificaron la reabsorción radicular y la extensión de la misma mediante el método para evaluar la reabsorción radicular en los diferentes cortes. <sup>(16)</sup>

Se usaron 48 radiografías periapicales y exploraciones de Tomografía Cone Beam de 40 pacientes obtenidos entre agosto 2008 y abril 2009. Todos los pacientes tuvieron más de 1 dientes con historia de traumatismo dental o tratamiento de ortodoncia. <sup>(16)</sup>

Los resultados muestran la prevalencia de reabsorción interna de acuerdo al método de diagnóstico por imagen y comparados entre tercios radiculares, superficie radicular y extensión. La reabsorción radicular interna fue



detectada en 68.8% (83 superficies radiculares) de las radiografías y 100% (154 superficies radiculares) en exploraciones con Tomografía Cone Beam. La extensión de resorción radicular interna fue 1 - 4 mm en 95.8% en exploraciones de Tomografía Cone Beam y 52.1% en imágenes convencionales.<sup>(16)</sup>

#### **6.10.6. Detección de Periodontitis Apical**

Los criterios clínicos y radiográficos son frecuentemente usados para evaluar el estado del tratamiento de sistema conductos radiculares y su correlación con periodontitis apical, pero variaciones morfológicas, densidad del hueso circundante, angulación de los rayos X y contraste radiográfico pueden influenciar en la interpretación radiográfica. Dadas estas limitaciones en endodoncia, es útil el empleo de la Tomografía Cone Beam.<sup>(21)</sup>

En este momento, el consenso científico concluyo que la periodontitis apical está correctamente detectada por el análisis histológico. Algunos investigadores demostraron que un quiste puede distinguirse de un granuloma periapical con la Tomografía Cone Beam porque nos muestra una marcada diferencia en densidad entre el contenido de la cavidad del quiste y el tejido granulomatoso, favoreciendo así un diagnóstico no invasivo.<sup>(22)</sup>

Dada las limitaciones de la radiología convencional para la detección de periodontitis apical y la disponibilidad de nuevas modalidades de imágenes tridimensionales, se tuvo que desarrollar un nuevo índice periapical.<sup>(21)</sup>

El índice periapical representa una escala ordinal de 5 puntuaciones que van desde ausencia de enfermedad hasta periodontitis severa con características exacerbadas y están basadas en referencias radiográficas y confirmadas por diagnóstico histológico.<sup>(22)</sup>

Se propone en un estudio un índice periapical para Tomografía Computarizada Cone Beam (CBCTPAI), que fue desarrollado en base a los criterios establecidos de mediciones correspondientes a radiolusencias interpretados en Tomografía Cone Beam. El CBCTPAI fue determinado por la extensión más grande de la lesión.<sup>(21)</sup>



Estrela y cols. un estudio clínico de molar inferior que muestra corte axial, coronal y sagital. El CBCTPAI fue determinado por extensión más grande la lesión.

Se usó un sistema de puntuación de 6 puntos (0 – 5), además, teniendo en cuenta que la Tomografía Cone Beam proporciona imágenes en 3 dimensiones, añadiendo a la profundidad como un nuevo plano de análisis en relación a la radiografía que tiene 2 dimensiones, dos variables fueron incluidas en el sistema de puntuación como expansión de la cortical del hueso (E) y destrucción de la cortical del hueso (D).<sup>(21)</sup>

Lugar y extensión de reabsorción radicular de acuerdo a la puntuación para CBCT.

Puntuación	Alteraciones cuantitativas en estructuras minerales del diente
0	Estructuras óseas periapicales intactas.
1	Diámetro de radiolucencia periapical > 0.5 - 1mm
2	Diámetro de radiolucencia periapical > 1 - 2 mm
3	Diámetro de radiolucencia periapical > 2 - 4 mm
4	Diámetro de radiolucencia periapical > 4 - 8 mm
5	Diámetro de radiolucencia aperiapical > 8 mm
<b>Score (n) + E</b>	Expansión de la cortical ósea periapical
<b>Score (n) + D</b>	Destrucción de la cortical ósea periapical

Estrela C. et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. J Endod 2009; 35: 1491-7.

En el estudio se usaron 1145 imágenes (radiografías periapicales y exploraciones con Tomografía Cone Beam, tomadas originalmente de 596 pacientes, entre mayo de 2004 y agosto de 2006. Todos los pacientes tenían por lo menos un diente con endodoncia, en algunos dientes en cuestión, la radiografía mostró periodontitis apical. Las radiografías periapicales fueron tomadas con el equipo de rayos X Max S-1 con punto focal del tubo de 0.8mm x 0.8mm y películas Kodak Insight de acuerdo a la técnica paralela. Todas las películas fueron procesadas en un procesador y desarrollo automático usando métodos estandarizados. Las imágenes de Tomografía Cone Beam fueron obtenidas con 3D Accuitomo XYZ slice, el tamaño del

vóxel de la vista panorámica fue de 0.125 x 0.125 x 0.125mm, 12 o 8 bits. Las imágenes fueron analizadas usando un software específico.

Tres observadores preparados, evaluaron todas las imágenes digitales utilizando los criterios CBCTPAI.

El nivel de concordancia interobservador fue evaluado por las estadísticas de Kappa y el 10% de la muestra. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante el test X<sup>2</sup> para determinar diferencias significativas entre los métodos de imagen para la detección de periodontitis apical.

Nivel de significación se fijó en el 1%.

Los resultados fueron: La prevalencia de periodontitis apical identificado por la radiografía periapical y por Tomografía Cone Beam, usando criterios de CBCTPAI fue de 39.5% y 60.9% respectivamente.<sup>(21)</sup>

Es muy importante tener en cuenta que las estructuras anatómicas pueden estar en contacto con lesiones de origen endodóncico. La presencia de una lesión periapical en contacto directo con el seno maxilar puede causar secreción, síntomas nasales unilaterales y dolores de cabeza.

Las imágenes con Tomografía Cone Beam permiten al clínico identificar si hay origen dental en la sinusitis crónica y ver si es factible la cirugía.<sup>(9)</sup>

#### **6.10.7. Evaluación de trauma dental**

La Tomografía Cone Beam también ha demostrado ser útil en el diagnóstico y tratamiento del trauma dentoalveolar. Cohenca y cols. utilizaron la Tomografía Cone Beam para el tratamiento de tres pacientes que habían sufrido trauma dentario. Se realizaron pruebas diagnósticas de sensibilidad pulpar, percusión, palpación y movilidad dentaria. En la radiografía no se distinguía hasta donde abarcaba la fractura.

Además de detectar la verdadera naturaleza de las lesiones sufridas por el diente. La Tomografía Cone Beam fue capaz de detectar fracturas óseas corticales, que no fueron diagnosticadas desde la clínica o con exámenes radiográficos convencionales.<sup>(23)</sup>

## 7. MICROTAC

### MICROTOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

#### 7.1. DEFINICIÓN

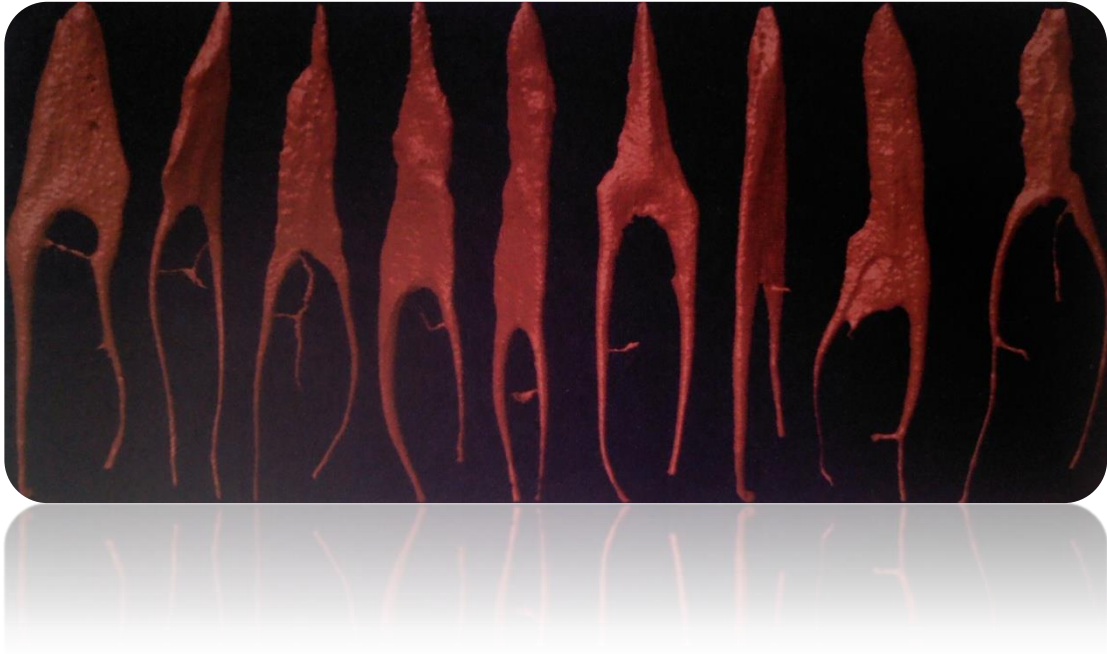
La microtomografía computarizada (MICROTAC) es un método radiográfico que provee detalles exactos y claros de la anatomía del sistema de conductos radiculares mediante imágenes axiales de gran tamaño y alta definición.<sup>(20)</sup> Este método utiliza la microradiografía de contacto para producir una alta resolución, obteniendo imágenes de dos dimensiones, de tamaño real, en un plano longitudinal. Los especímenes pueden ser rotados en 90 grados, permitiendo que se produzcan imágenes en direcciones buco-linguales y mesio- distales.<sup>(25)</sup>



Imágenes rotadas en sentido mesio - distal y buco - lingual.<sup>(26)</sup>

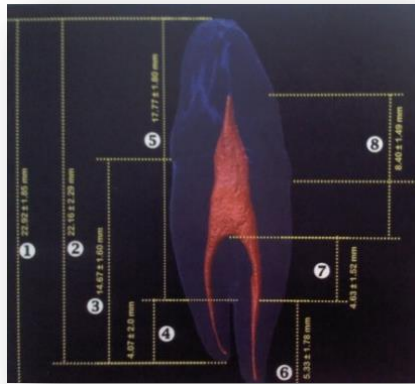
La microtomografía computarizada obtiene las imágenes 2D de estructuras de pequeño tamaño, alcanzando como máximo 14cm de alto y 6cm de ancho. La distancia entre capas suele ser 20 $\mu$ m, 36 $\mu$ m y 50 $\mu$ m, aunque en muestras muy pequeñas, y con resoluciones muy altas se pueden alcanzar cortes de 10 $\mu$ m.<sup>(25)</sup>

Estos cortes de alta resolución, nos muestran la estructura interna, y nos permiten la evaluación anatómica virtual y el análisis morfométrico, de forma muy precisa.<sup>(25)</sup>



Cortes que permiten observar la estructura interna.<sup>(26)</sup>

También se pueden analizar variables como áreas, volúmenes, grosores y densidad. La manipulación de las imágenes se realiza en un procesador de imágenes.<sup>(26)</sup>



La microtomografía computarizada permite realizar mediciones de la anatomía interna del diente.<sup>(25)</sup>

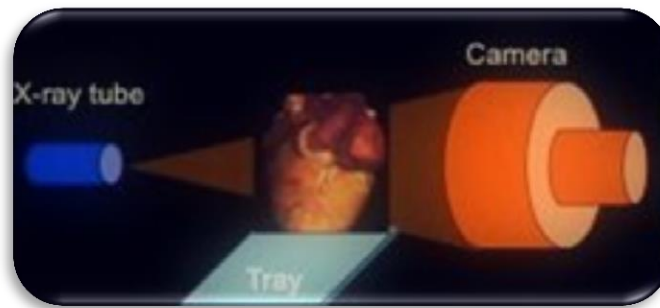
## 7.2. TÉCNICA DEL PROCEDIMIENTO

1.- La fuente de rayos X rota 360 grados alrededor del objeto a estudiar, emitiendo un haz muy fino, el cual incide sobre el objeto que se estudia y parte de este lo atraviesa. La radiación que no ha sido absorbida por el objeto, en forma de espectro, es recogida por los detectores. Luego el emisor del haz, cambia su posición, y vuelve a realizar el proceso anterior hasta abarcar todo el objeto.<sup>(25)</sup>

2.- Cada 1 grado, el rayo es disparado y una cámara digital adquiere la posición de detector, creando una base de datos de una proyección bidimensional, al realizar más de 2400 cortes en una sola rotación.<sup>(25) (26)</sup>

3.- Los datos recabados bidimensionalmente son reconstruidos en una matriz tridimensional. El ordenador transforma todos los datos recogidos por los detectores, en imágenes virtuales.<sup>(25)</sup>



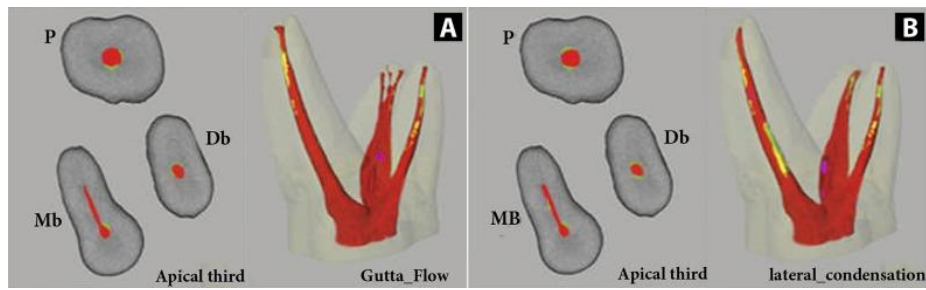


Incidencia del rayo<sup>(26)</sup>

Los parámetros de tubo de rayos X que trae incorporado nos permiten seleccionar la mejor configuración según el objeto a analizar. La diferencia de potencial provoca una energía entre 45kv y 70kv, y la intensidad tiene un amperaje entre 57 $\mu$ A y 177  $\mu$ A.<sup>(25)</sup>

### 7.3. VENTAJAS

- El análisis con Micro CT proporciona imágenes de alta resolución tan bien como un análisis cualitativo y cuantitativo de los dientes, hueso e implantes.
- Este método es rápido y no invasivo.
- Los resultados son reproducibles y comparables con un estudio histológico.
- La segmentación de los objetos estrechamente relacionados como los diferentes tejidos dentales, tejidos calcificados y la obturación de conductos radiculares es posible.
- Permite la medición tridimensional del volumen sin seccionar al objeto y evita pérdida de material durante el seccionamiento.
- Además se pueden distinguir elementos con diferentes colores.<sup>(25)</sup>



Anatomía interna y cortes transversales <sup>(25)</sup>

#### 7.4. LIMITACIONES

- La elección de los niveles de los valores puede afectar la apariencia de los objetos en estudio. <sup>(25)</sup>

## 8. CONCLUSIONES

El poder aplicar la Tomografía Cone Beam en endodoncia nos permite tener un método de diagnóstico que tiene como base un tomógrafo volumétrico en el cual se pueden realizar giros de 180 a 360 grados alrededor de la cabeza del paciente, obteniendo un volumen de datos, los cuales se procesan mediante una computadora, creando así una reconstrucción del campo de visualización que permite analizar al objeto mediante un software auto ejecutable en dirección transversal, frontal o sagital.

La Tomografía Cone Beam se caracteriza por su alta definición, esto se debe a que en las imágenes en 3D que ésta nos proporciona, cuenta con vóxeles que son isotrópicos es decir iguales en longitud, altura y profundidad.

Emplea una dosis efectiva relativamente baja, puede ser casi como una radiografía panorámica y mucho menor que una tomografía computarizada. Las dimensiones del área de donde se obtiene información son en principio dependientes de la forma y del tamaño del sensor. El que se pueda limitar al área de interés asegura que es posible ajustar el estudio a las características propias de cada paciente en base a la región seleccionada para ser estudiada y a la patología presente.

Permite entregar al clínico, el volumen completo para que lo explore, con facilidad. Adjunto viene una placa radiográfica con la selección de las imágenes más relevantes y un informe escrito. Todos los exámenes son respaldados digitalmente, lo que permite que el clínico y el radiólogo puedan analizar el caso a distancia, visualizando ambos, las mismas imágenes en forma simultánea.

La Tomografía Cone Beam se puede aplicar en endodoncia para la evaluación de la anatomía del sistema de conductos radiculares, por ejemplo

para identificar el conducto mesio medio en el primer molar inferior. (Jung , Matherne, Kottor).

En fracturas radiculares, donde la radiografía convencional no permite distinguir hasta donde se extiende la fractura, el empleo de la Tomografía Cone Beam permite observar la ubicación de ésta y su real extensión.

La Tomografía Cone Beam aplicada en el diagnóstico de fracasos y complicaciones determina la influencia que tiene el material de obturación en el sistema de conductos radiculares sobre la visibilidad de las fracturas.

Su utilidad para evaluar reabsorciones radiculares a nivel apical medio y cervical nos orienta a observar la extensión de éstas.

En cirugía apical su aplicación es de gran utilidad por ejemplo, para ubicar la posición exacta de instrumentos fracturados, en relación a la radiografía convencional para su detección, ya que ésta es inexacta en cuanto a no poder ubicar si se encuentra hacia vestibular o lingual de la raíz.

La Tomografía Cone Beam juega un papel importante en la planificación de microcirugía periapical de las raíces palatinas de los primeros molares superiores, ya que permite evaluar y medir la distancia del seno maxilar entre las raíces, las cuales son difíciles no se detectan fácilmente en una radiografía convencional.

La diferenciación de quistes y granulomas se basa únicamente en estudios histopatológicos los cuales se ven favorecidos con la tomografía Cone Beam, ya que la utilización de la escala de valores de grises, nos muestra una marcada diferencia en densidad entre el contenido de la cavidad del quiste y tejido granulomatoso contribuyendo así su diagnóstico.

También es muy importante tomar en cuenta que las estructuras anatómicas pueden estar en contacto con lesiones de origen endodóncico (periodontitis

crónica supurativa). La presencia de una lesión periapical (en contacto directo con el seno maxilar puede causar secreción, síntomas nasales unilaterales y dolor de cabeza. La tomografía Cone Beam permite al clínico identificar si es de origen endodóncico o si es una sinusitis crónica, (teniendo siempre la clínica como base principal) y si es factible el realizar la cirugía.

La tomografía Cone Beam comparativamente a la radiografía intraoral limitada en su información en dos dimensiones de un objeto tridimensional en endodoncia, nos proporciona mayor información, exactitud y calidad; además una alta resolución al obtener imágenes de tamaño real.

Es importante conocer que la aplicación de la tomografía Cone Beam en endodoncia nos ofrece un recurso que es necesario conocer y emplear de acuerdo a la selección de cada caso en particular, esto nos permitirá tener un mejor diagnóstico en nuestros pacientes.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bóveda, C, López, J, Clavel T. Tomografía Volumétrica Digital – TVD (Cone Beam Computed Tomography –CBCT). 1-37.
2. Whaites E. Fundamentos de radiología dental. 4ª ed. Barcelona, España: Editorial Elsevier Masson, 2008.
3. Reynoso, E. Localización e interpretación de lesiones periapicales radiolúcidas mediante la radiovisiografía. TESINA. México, D.F. UNAM. Facultad de Odontología; 2005.
4. Torabinejad M., Walton R.E. Endodoncia principios y práctica.4ª ed. Barcelona, España: Ed. Editorial Elsevier Saunders. 2010, Pp. 190-194.
5. González R. Radiovisiografía Revisión Bibliográfica. TESINA. México D.F: UNAM. Facultad de Odontología; 2004.
6. <http://www.iztacala.unam.mx/~rrivas/diagnostico4.html>
7. Kenneth M. Hargreaves, Louis.H. Berman, Stephen Cohen. Vías de la pulpa. 10ª edición. Editorial: Elsevier España. 2011. 22-25,
8. Urua, R. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales Aplicaciones. 1ed; México D.F.: Editorial: Amolca. 2005.
9. Ronda N. Aplicaciones de la TAC en endodoncia. EJER, (2). 2012 Pp.635-657.

10. La S, Jung D, Kim E, San Min K. Identification of Independent Middle Mesial Canal in Mandibular First Molar Using Cone-Beam Computed Tomography Imaging. *J Endod* 2010; - :1–4.
11. Kottoor J, Hemamalathi S, Sudha R, Velmurugan N, MDS. Maxillary second molar with 5 roots and 5 canals evaluated using cone beam computerized tomography: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109: 162-165.
12. Hassan, B., Metska, M., Ozok, A., van der Stelt, P., Wesselink, P., Detection of vertical roots fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *Journal of Endodontics*, vol. 35, no. 5, pp.719-722, 2009.
13. Young G. Contemporary management of lateral root perforation diagnosed with the aid of dental computed tomography. *Aust Endod J* 2007; 33: 112–18.
14. Low KMT, Dula K, Bürgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod*. 2008; 34(5):557-62.
15. Rigolone M, Pasqualini D, Bianchi L, Berutti E, Bianchi S. Vestibular surgical access to the palatine root of the superior first molar: “low-does cone-beam” CT analysis of the pathway and its anatomic variations. *J Endod*. 2003; 29: 773-5.

16. Estrela C. et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *J Endod* 2009; 35: 1491-7.
17. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, et al. Endodontic application of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007; 33: 1121-32.
18. Lofthag-Hansen S, Huuomogen S, Gronahl HG. Limited cone – beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radio Endod.* 2007; 103 (1):114-9.
19. Nakata K, Naitob M, Izumi M, Arijji E, Nakamura H. Evaluation of correspondance of dental computed tomography imaging to anatomic observation of external rootreabsortion. *J Endod* 2009; 35:1594 – 97.
20. Simon JH, Enciso R, Malfaz J-M, Rogers R, Balley-Perry M, Patel A (2006). Differential diagnosis of large periapical lesions using cone beam computed tomography measurements and biopsy. *Journal of Endodontics* vol. 32. 833-7.
21. Estrela C, Reis B, Correa B, Ribamar J, Djalma J. A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2008 Nov; 34(11):1325-31.
22. Estrela C, Reis B, Rodrigues C, Azevedo B, Ribamar J. Accuracy of cone beam computed tomography, panoramic and periapical radiographic for the detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008; 34:273-9



23. Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1, International Journal of Endodontics; 2007 (4); 7-12.
24. Goldman, M., Pearson, A., Darzenta, N., Reliability of radiographic interpretations. Oral Surgery, Oral Medicien, Oral pathology. Vol. 38 no 2, pp 287- 29, 1974.
25. <http://www.cenieh.es/es/laboratorios/microtomografia-computarizada>
26. Mandana Naseri, Ali Kangarlou Atefeh Khavidand Mostafa Goodini. Evaluation of the Quality of Four Root Canal Obturation Techniques Using Micro-Computed Tomography Iran Endod J. 2013 Summer; 8(3): 89–93.
27. Madbu K. Nair. DMD. MS, Lic. Odont. (Sweden), PhD, Dipi. ABOMR, and Umadevi P. Nair, DMD, MDS. Digital and Advanced Imaging in Endodontics: A review. Endod. J. 2007; 33 (1): 1-6
28. R. Zhang<sup>1</sup>, H. Wang<sup>1</sup>, Y.-Y. Tian<sup>1</sup>, X. Yu<sup>1</sup>, T. Hu<sup>1</sup>& P.M.H. Dummer<sup>2</sup>. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in Chinese individuals. International Endodontic Journal, 2011; 44, 990-999.
29. S. Lennon<sup>1</sup>, S. Patel<sup>1,2</sup>, F. Foschi<sup>1</sup>, R. Wilson<sup>3</sup>, J. Davies<sup>4</sup>, F. Mannocci<sup>1</sup>. Diagnostic accuracy of limited-volume cone-beam computed tomography in the detection of periapical bone loss: 360° scans versus 180° scans. International Endodontic Journal. 2011; 44: 1118-1127.

30. M. Pigg<sup>1</sup>, T. List<sup>2</sup>, K. Petersson<sup>1</sup>, C. Lindh<sup>3</sup> & A. Petersson<sup>3</sup>. Diagnostic yield of conventional radiographic and cone-beam computed tomographic images in patients with atypical odontalgia. *International Endodontic Journal*; 2011, 44: 1092 – 1101.