



**Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Odontología**

**Centro de Investigación y Estudios Avanzados en  
Odontología “Dr. Keisaburo Miyata”**

**Aplicaciones del Cone Beam en Ortodoncia  
Contemporánea. Revisión Sistemática**

**Proyecto Terminal  
que para obtener el Diploma de  
Especialista en Ortodoncia**

**Presenta:**

**C. D. Arnoldo Flores Muñoz**

**Director**

**Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis**

**Co- director**

**M. en C. O. Miguel Felipe García Blanquel**

**Tutora**

**Dra. en E. Claudia Centeno Pedraza**



**2022-2026**

**Toluca, Estado de México a 5 de junio del 2025**

## Índice

<b>I. Resumen</b> .....	<b>4</b>
<b>II. Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>III. Objetivos</b> .....	<b>6</b>
<b>VI. Justificación</b> .....	<b>7</b>
<b>V. Materiales y Métodos</b> .....	<b>8</b>
<b>VI. Antecedentes</b> .....	<b>9</b>
6.1 Historia de la Tomografía computarizada.....	9
6.2 Diferencia entre pixeles y voxeles .....	9
6.3 Unidades Hounsfield .....	10
6.4 Proceso de imágenes en Tomografía .....	11
6.5 Campos de Visión.....	12
6.6 Contrastes Tomográficos .....	14
6.7 Dosis de Radiación.....	14
6.8 Planos Tomográficos .....	15
6.9 Imágenes Digitales y Comunicaciones en Medicina (DICOM) .....	16
6.10 Diferencias entre CBCT y Tomografía Computarizada Helicoidal.....	16
6.11 Tipos de aparatos para CBCT.....	17
6.12 Anatomía Macroscópica .....	18
6.12 Cavidades nasales .....	18
6.12.2 Hueso Cigomático.....	19
6.12.3 Hueso esfenoides.....	19
6.12.4 Faringe.....	20
6.12.5 Nasofaringe.....	21
6.12.6 Orofaringe .....	21
6.12.7 Laringofaringe .....	21
6.12.8 Vértebras cervicales .....	21
6.12.9 C1 .....	22
6.12.10 C2.....	22
6.12.11 C3-C6 .....	22
6.12.12 Fosa pterigopalatina .....	22
6.12.13 Hueso maxilar .....	23
6.12.14 Hueso mandibular .....	24
6.12.15 Cóndilo mandibular.....	26
6.12.16 Sutura media palatina .....	27
6.12.17 Senos maxilares .....	28
6.13 Aplicaciones Clínicas del Cone Beam.....	29

6.13.1 Diagnóstico en Ortodoncia .....	29
6.13.2 Encajamiento de Archivos STL .....	30
6.13.3 Asimetría de Estructuras .....	31
6.13.4 Segmentación de Estructuras .....	35
6.13.5 Articulación Temporomandibular (ATM) .....	36
6.13.6 Densidad ósea .....	38
6.13.7 Análisis de la Posición Dental (TIP y TORQUE).....	39
6.13.8 Reabsorción radicular externa .....	40
6.13.9 Dientes Retenidos y/o Impactados.....	42
6.13.10 Dientes Supernumerarios.....	45
6.13.11 Dientes que presentan anomalías en forma.....	46
6.13.12 Anquilosis .....	47
6.13.13 Cefalometría 3D .....	48
6.13.14 Articulador Virtual .....	51
6.13.15 Planificación Virtual del Tratamiento (VTO) .....	53
6.13.16 Análisis de Expansión Maxilar Asistida por M.A.R.P.E .....	55
6.13.17 Sitios para la colocación de Dispositivos de Anclaje Temporal (TAD´s).....	58
6.13.18 Vías Aéreas. ....	61
6.13.19 Diseño de guía para dispositivos de anclaje temporal .....	63
6.13.20 Planificación para tratamientos con Cirugía Ortognática .....	65
<b>VII. Discusión.....</b>	<b>69</b>
<b>VIII. Conclusión .....</b>	<b>70</b>
<b>IX. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>71</b>
<b>X. Anexos.....</b>	<b>83</b>

## I. Resumen

En la Ortodoncia contemporánea se han implementado herramientas que nos permiten diagnosticar a nuestros pacientes con mayor exactitud y con rapidez, con la llegada del CBCT en la década de los setenta podemos valorar con mayor precisión los problemas que presentan los pacientes y que no pueden ser observados clínicamente, como lo son reabsorciones radiculares, pérdidas óseas, asimetrías entre otras patologías que afectaran a nuestro tratamiento.

Existen muchas ventajas al usar el CBCT por la baja dosis de radiación a la cual se expone el paciente ya que nos permite seleccionar el campo de visión que requerimos para evaluar la anatomía que necesitamos, y poder ser enviada la información al ortodoncista para su evaluación y todo esto es gracias a los archivos DICOM (Imágenes digitales y comunicaciones en medicina) que nos permiten exportar archivos médicos a distancia para la interpretación, almacenamiento y visualización de las imágenes, evitando la pérdida de la información y que el profesional de la salud pueda acceder a ellas sin alteraciones.

Los usos más frecuentes que nos puede brindar el CBCT son; el correcto diagnóstico ya que es una herramienta indispensable para observar estructuras óseas de la cabeza y el cuello, permite transportar archivos DICOM a archivos STL para su posterior impresión en 3D, valorar asimetrías faciales, nos permite poder apreciar una sola estructura pudiendo eliminar las vecinas para su mejor evaluación, valorar alteraciones en la ATM, evaluar densidades óseas, brinda la facilidad de realizar trazados cefalométricos en 3D, así como realizar una planificación virtual del tratamiento (VTO) para mostrar al paciente los cambios que se obtendrán y permite realizar cirugías ortognáticas en 3D para calcular la precisión de las osteotomías.

**Palabras Claves:** CBCT, ORTODONCIA, FOV, VOXEL, DICOM, STL, VTO,

## **II. Introducción**

El Cone Beam es una herramienta relativamente nueva en la rama de la Odontología, sobre todo en la especialidad de Ortodoncia, lo cual proporciona imágenes en tercera dimensión para visualizar dientes, estructuras anatómicas, tejidos blandos, en comparación con otros métodos como la ortopantomografía y la radiografía lateral de cráneo que proporcionan imágenes bidimensionales con un alto grado de distorsión de las estructuras a evaluar.

Por lo cual la CBCT puede ser una herramienta poderosa para el diagnóstico y planes de tratamiento mucho más eficaces sin cometer errores de planificación, obteniendo mejores resultados. Se debe de tener en cuenta que todo estudio radiográfico incluido el Cone Beam requieren dosis de radiación, por lo cual como profesionales de la salud tenemos la obligación de realizar una historia clínica adecuada y completa para asegurar que el paciente no presenta enfermedades que pudiera agravar su salud, especialmente en pacientes infantiles que son más susceptibles a los posibles efectos secundarios de radiación ionizante.

### **III. Objetivos**

Informar a los profesionales de la salud Odontológica, principalmente a los especialistas en Ortodoncia para orientar sobre la importancia y eficacia del uso de CBCT como auxiliar de diagnóstico y así brindarles una mejor atención a los pacientes.

#### **Objetivos específicos:**

- Realizar una revisión sistemática actualizada sobre CBCT en Ortodoncia mediante buscadores de información científica a nivel mundial en diferentes idiomas
- Clasificar la información más actualizada sobre CBCT para darla a conocer a estudiantes y profesores de la Universidad Autónoma del Estado de México, facultad de Odontología.
- Sintetizar los usos más importantes del Cone Beam en Ortodoncia.

## **VI. Justificación**

La tomografía computarizada ha sido de gran utilidad desde la década de 1970 en el ámbito médico ha sido utilizado principalmente como método de diagnóstico, lo cual permite una visualización con imágenes tridimensionales de las estructuras óseas y de tejidos blandos. Sin embargo, esta tecnología ha evolucionado en la Ortodoncia permitiendo visualizar las posiciones exactas de los dientes respecto a sus estructuras óseas y tejidos blandos, lo que permite un diagnóstico más preciso en comparación de otros métodos radiográficos como las radiografías panorámica y lateral de cráneo, esto resulta útil para casos complejos.

A pesar de los múltiples beneficios que ofrece la tomografía computarizada, las limitaciones que se deben considerar son las dosis de radiación, si bien en la actualidad los dispositivos ofrecen menor radiación aún sigue siendo una preocupación a mediano y largo plazo.

En esta revisión sistemática se pretende resumir el funcionamiento del CBCT, la interpretación de este y los usos más comunes en la Ortodoncia contemporánea enfocados para el correcto diagnóstico de los pacientes y así, el plan de tratamiento será el adecuado reduciendo el rango de errores de los profesionales, además de informar al lector sobre los alcances actuales de este método ya que usualmente se tiene una idea muy reducida sobre los usos de este.

## V. Materiales y Métodos

Se realizó un estudio de la revisión de la literatura existente sobre el tema del Cone Beam en Ortodoncia, en páginas de internet, libros de Odontología y Ortodoncia, revistas indexadas y tesis.

- Diseño del estudio: Estudio descriptivo y retrospectivo que consistió en la revisión sistemática del tema Cone Beam en Ortodoncia.
- Población: Se reunieron artículos científicos encontrados en los buscadores como Google Académico, PubMed, Medigraphic, Science Research y Scielo con el uso de palabras claves: “Cone Beam” “CBCT” “Orthodontics” “Voxel” “FOV” “TAC” “Anatomy” “DICOM” “Computed Tomography” “Condyle” “Palate” “Maxillary” “Orbital cavity” “Contrast resolution” “Nasal cavity” “Mandibular”.
- Muestra: Se seleccionaron 125 artículos que tuvieron contenido sobre CBCT especialmente en Ortodoncia, anatomía radiológica y usos del CBCT.
- Criterios de exclusión:
  - Artículos anteriores al año 2005.
  - Artículos con temas no relacionados con CBCT.
- Criterios de inclusión:
  - Artículos con fecha del 2006 en adelante.
  - Artículos que mencionen el uso de CBCT en Ortodoncia.
  - Artículos que hablen sobre anatomía radiológica.
  - Artículos en idioma inglés y/o español, a nivel mundial.

## **VI. Antecedentes**

### **6.1 Historia de la Tomografía computarizada**

Leonardo Da Vinci en el siglo XV estandarizó la primera forma de caracterización facial utilizando un sistema de multilíneas lo que permitía reproducir de manera confiable la posición de la cabeza y evaluar aspectos faciales. (1)

Alrededor de la década de los 70's el Dr. Godfrey Hounsfield quien fue un ingeniero en los laboratorios de investigación central en Inglaterra, introdujo la modalidad de imágenes CT (Tomografía Computarizada, por sus siglas en inglés) las cuales recibieron originalmente el nombre de escaneo de Tomografía Axial Computarizada (CAT, por sus siglas en inglés) dichas imágenes con tecnología computarizada tuvieron un factor enorme y profundo en la mejoría de la metodología diagnóstica en las ramas de la salud. Por lo anterior, este significativo avance fue patentado por su creador el Dr. Hounsfield. (2)

Al inicio, los escáneres de CT registraban los datos exclusivamente en el plano axial mediante el escaneo "corte por corte" con un haz de rayos X muy estrecho, con forma de abanico y dosis elevadas de radiación para el paciente. Posteriormente, en el año 1989 con el desarrollo del escáner CT en espiral se llegó a la obtención de datos volumétricos. Actualmente los escáneres para CT son mucho más veloces debido a que utilizan una matriz de detectores múltiples con el haz de rayos X rotatorio y en forma de abanico capturando múltiples cortes en un periodo de tiempo muy corto y a una dosis mínima de radiación. (2)

Para visualizar las imágenes con esta tecnología, se aprecian en una escala de color gris que se denominan píxeles y voxels, la diferencia entre ellos refiere que el voxel define un punto en tres dimensiones, mientras que el píxel define un punto en dos dimensiones. (2)

### **6.2 Diferencia entre píxeles y voxeles**

El píxel representa el módulo más pequeño de las imágenes en una estructura bidimensional (2D), la atenuación de los fotones por las estructuras y tejidos del paciente determinan el valor y la intensidad de cada píxel y la información se

muestra en la computadora. El tamaño del píxel afectará la resolución de la imagen, mientras que el voxel le añade más detalle y resolución; además se genera imágenes en tercera dimensión 3D o con profundidad de campo. (2)

La unidad estructural de la tomografía es el voxel, esto quiere decir que cada voxel representa un valor de gris y estos mismos valores se representan con números enteros, que van desde lo más claro (cifras muy altas) hasta lo más oscuro (cifras muy bajas). (3) El voxel se representa en tercera dimensión 3D lo cual permite que las estructuras puedan ser medidas en diferentes direcciones y tienen una medida de 0.08 a 0.125 mm<sup>3</sup>, estas imágenes las reconstruyen voxeles isotrópicos lo que significa que son detectores volumétricos cúbicos que cuentan con las mismas direcciones y profundidades dándole a la imagen una mayor resolución y calidad. (4)

Las unidades de tomografías computarizadas utilizan unidades Hounsfield (HU) para mostrar valores de densidades relativas en estructuras corporales de acuerdo con escalas de valores de gris. (2)

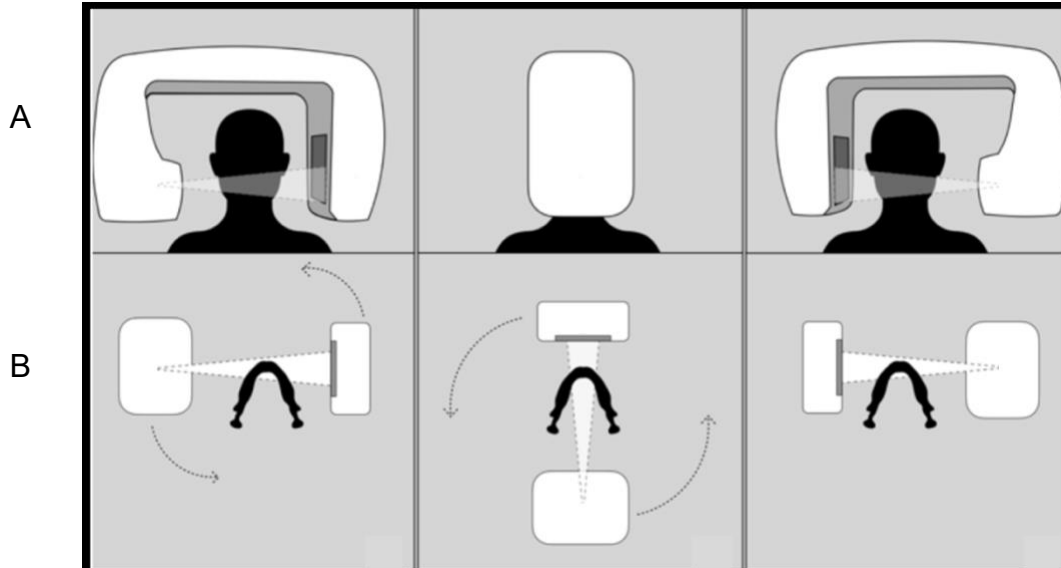
### **6.3 Unidades Hounsfield**

Las unidades Hounsfield son sistemas estandarizados que representan la atenuación de la tomografía esto quiere decir que son mediciones de un material con referencia al agua, según la escala el agua representa el numero 0, la unidad Hounsfield del aire representa -1000 y los materiales que absorben rayos X tienen un valor mucho más alto. Las unidades HU no pertenecen dentro del sistema internacional de unidades, pero si representan una unidad indispensable para los diagnósticos en el área médica y odontológica lo cual ayuda a diferenciar tejidos, músculos, grasa, huesos. (3)

Una desventaja con las unidades Hounsfield es la energía que utilizan los diferentes equipos de tomografía computarizada, para que las unidades Hounsfield fueran consistentes la energía de los rayos X debería ser invariable en todos los dispositivos y determinada cuidadosamente por las casas fabricantes. (3)

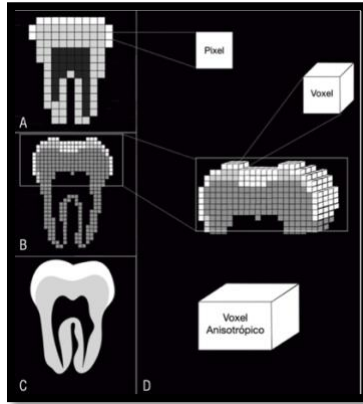
## 6.4 Proceso de imágenes en Tomografía

En la Figura 1, se muestra el proceso de adquirir la imagen mediante aparatos de tomografía computarizada, es fundamental que el escáner gire alrededor de la cabeza del paciente varias veces mientras los rayos X se dirigen en forma de abanico, durante la exposición del CT el tubo de los rayos X junto con el detector giran en forma circular, cuyo eje de rotación es la región de interés. (3)



**Figura 1.** A) Posición del paciente para la toma de CBCT. B) Vista superior de los movimientos del tomógrafo. (3)

El haz de los rayos X en forma de cono al momento de girar producen una serie de proyecciones de rayos X en 2D donde son procesadas en el detector y sufren varios pasos de procesamiento para eliminar aberraciones producidas por los píxeles, luego el objeto escaneado se reconstruye con nuevas imágenes en 3D por pequeños cubos de información de los vóxeles (Figura 2). Estos voxeles son isotrópicos, es decir, todos los lados tienen la misma medida y cada voxel tiene asignado un valor de escala de gris que depende de la atenuación del material o tejido, entre más pequeño sea el vóxel mayor será la resolución de la tomografía. Existen otros tipos de voxeles denominados anisotrópicos (Figura 3) es decir, son de la misma altura y anchura, pero de diferente profundidad. (3)



**Figura 2.** A) Representación de píxeles en 2D. B) Representación de voxeles en 3D. C) Imagen en tercera dimensión. D) Voxel de la misma anchura y altura. (3)



**Figura 3.** Diferencias en voxeles Isotrópicos y voxeles Anisotrópicos.(5)

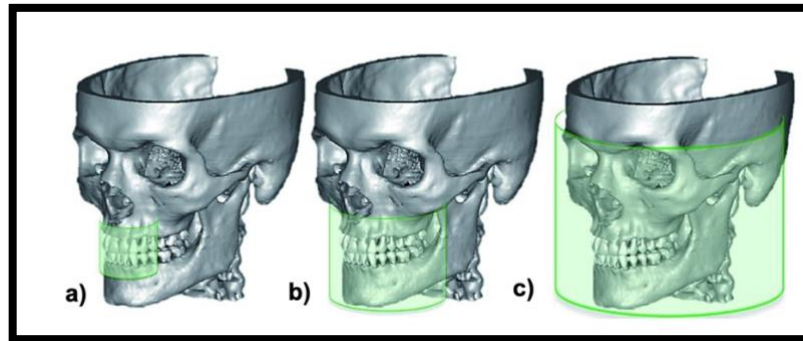
### 6.5 Campos de Visión

El campo de visión o FOV (Field Of View) representa el tamaño de la tomografía computarizada, hace referencia al diámetro y altura. En los aparatos se pueden seleccionar diferentes opciones del campo de visión, todo depende de la zona que se quiere evaluar en el paciente, que pueden ser pequeños, medianos o grandes. De este modo se pueden adquirir imágenes que incluyan desde un sextante de los maxilares o ambas arcadas completas. (3)

Existen diferentes FOV (Figura 4) dependiendo del área anatómica que se requiera valorar, los más comunes que existen son:

- a) FOV pequeño: Abarca tan solo el 10% siendo útiles para visualizar senos paranasales, ATM y órganos dentales.

- b) FOV mediano: Abarca el 45% del macizo facial lo cual se pueden observar ambas arcadas.
- c) FOV grande: Puede mostrar todo el macizo facial. (4)



**Figura 4.** A) FOV pequeño. B) FOV mediano. C) FOV grande. (4)

La mayoría de los aparatos de tomografía computarizada capturan una serie de imágenes de base en 2D, el número de las imágenes recopiladas varía entre 180 y 600 y puede alcanzar hasta las 1000 imágenes. El tiempo de exposición varía entre 6 y 40 segundos, algunos aparatos más actuales cuentan con radiación pulsante, lo que ayuda a reducir grandes dosis para los pacientes.

Para comprender la calidad de la imagen de debe discutir el concepto de ruido, dispersión, resolución espacial y contraste de la imagen, el ruido y la dispersión son factores muy comunes de encontrar en imágenes tomográficas.

El ruido se debe a una distribución inconstante de la señal lo que puede dar una imagen oscura, para disimular el ruido se debe de incrementar el tiempo de exposición. (2)

La dispersión se genera por la difracción de los fotones de rayos X hacia el detector de imágenes produciendo imágenes aumentadas y no uniformes llevando a una resolución de contraste inferior, esto ocurre por un campo de visión o FOV más grande

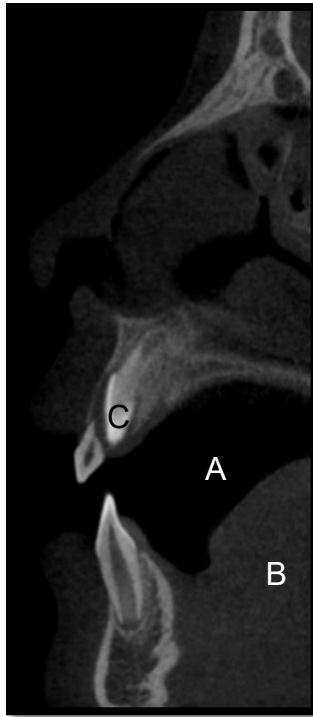
La resolución espacial se obtiene en pares de líneas por milímetro lo cual les proporciona los detalles finos a las estructuras, una mayor resolución espacial significa unas imágenes definidas, con un menor número de vóxel puede obtenerse

una mayor resolución, el inconveniente es que requiere mayor exposición de radiación. (2)

## 6.6 Contrastes Tomográficos

El contraste es la capacidad de una imagen para mostrar mínimas diferencias entre los tejidos de distintas radiodensidades. (2) En la figura 5 se muestran los 3 tipos de densidades. (4)

1. Hipodenso, colores negros.
2. Isodenso, colores grises.
3. Hiperdenso, colores blancos.



**Figura 5.** A) hipodenso. B) Isodenso. y C) hiperdenso. (Fuente propia)

## 6.7 Dosis de Radiación

La dosis dependerá del campo de visión FOV y la exposición, midiendo la equivalencia de dosis de radiación ionizante ( $\mu\text{Sv}$ ). Un campo de visión pequeño y mediano tiene un rango de 11- 674  $\mu\text{Sv}$ , mientras un campo de visión grande tiene un rango de 30-1073  $\mu\text{Sv}$ . (2) Los pacientes pediátricos corren mayor riesgo de recibir radiación ionizante por dos razones; tienen mayor sensibilidad de las células

y de los tejidos en comparación con los adultos. Manifestándose cambios celulares inducidos por la radiación teniendo un efecto estocástico, lo que significa un aumento en la posibilidad de producir cáncer. En la tabla 1 se muestra las diferentes dosis de radiación. (6)

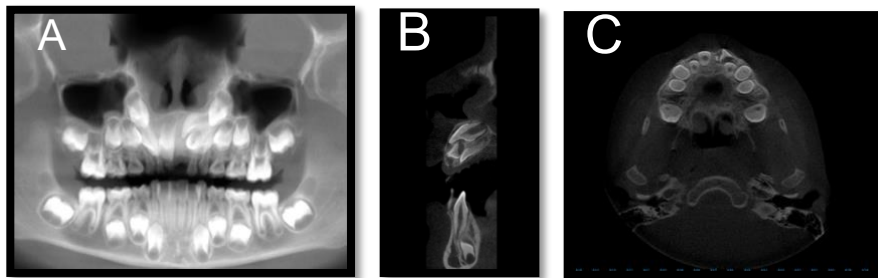
Técnica radiográfica	Rango de dosis efectiva ( $\mu\text{Sv}$ ) informado en la literatura
Radiografía panorámica	6-38 $\mu\text{Sv}$
Radiografía lateral de cráneo	2-10 $\mu\text{Sv}$
CBCT	5.3-1025 $\mu\text{Sv}$
TAC medica	1000-2000 $\mu\text{Sv}$

**Tabla 1.** Comparación de las dosis de radiación de diferentes técnicas radiográficas. (6)

### 6.8 Planos Tomográficos

La tomografía computarizada de haz cónico genera imágenes en 3D en diferentes planos (Figura 6).

1. Plano coronal: donde se orienta la porción anterior de la cara, se pueden observar las estructuras de atrás hacia adelante.
2. Plano sagital: también denominando lateral se orienta en sentido anteroposterior.
3. Plano axial: se pueden observar las estructuras de arriba abajo. (7)

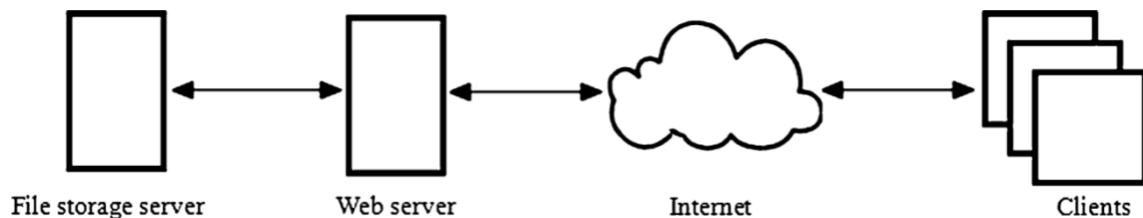


**Figura 6.** A) plano Coronal. B) plano Sagital. C) Plano Axial. (fuente propia)

## 6.9 Imágenes Digitales y Comunicaciones en Medicina (DICOM)

Son archivos estandarizados de comunicación para datos de imágenes médicas desde la década de los 90's. (8) El propósito de los archivos DICOM (Imágenes digitales y comunicaciones en medicina) es el correcto funcionamiento de los sistemas que son destinados para la interpretación, almacenamiento y visualización de imágenes médicas, evitando la pérdida de información y que los usuarios puedan acceder a ellas sin alteraciones y por lo tanto tener un diagnóstico más certero. (9) Exportar una tomografía computarizada completa requiere el envío de 150 a 300 imágenes individualmente para luego ser procesadas a un archivo STL. (10)

Los archivos enviados desde un prestador de servicios se comprimen para luego ser visualizados por un operador (Figura 7). Al ser enviados cada archivo DICOM se divide en dos partes separadas; un preámbulo que contiene datos definidos del usuario como nombre del paciente, edad, sexo, y un conjunto de datos donde se encuentran valores de pixeles para posteriormente ser visualizados en un dispositivo. (11)



**Figura 7.** Los archivos se encuentran en el servidor de almacenamiento, posteriormente viajan al servidor web para guardarse en la nube, y que el cliente pueda acceder a ellos con facilidad. (11)

## 6.10 Diferencias entre CBCT y Tomografía Computarizada Helicoidal

Ambas tomografías se consideran una técnica diagnóstica que proporcionan imágenes de una sección de estructuras anatómicas de interés. La tomografía computarizada convencional muestra ventajas significativas, la primera ventaja es

que las imágenes son tridimensionales con múltiples imágenes de la estructura interna de los tejidos a analizar debido a que el haz de rayos X está colimado a dicha estructura, lo cual evita una imagen en superposición con estructuras vecinas, la segunda ventaja es la sensibilidad que tiene al momento de diferenciar contrastes en diferentes estructuras anatómicas, la tercera ventaja es que se puede manipular la imagen, como ajustar el brillo, ampliaciones de imágenes, modificar la escala de grises para una mayor visualización, la cuarta ventaja es una menor dosis de radiación, el tiempo de escaneo es menor y el paciente se encuentra de pie. (12)

La tomografía computarizada helicoidal es un modo de adquisición de imágenes por volumen de los rayos X, los datos helicoidales se obtienen moviendo la mesa junto con el paciente en posición supina mientras un tubo de rayos X gira alrededor del paciente a velocidad constante y radiación sostenida. (13) En comparación con la tomografía computarizada convencional es menos sensible a los movimientos y evita distorsiones de las imágenes, una de las principales ventajas de la tomografía helicoidal es la gran cobertura axial de los tejidos, es muy adecuada para objetos largos y extendidos, está más enfocada a lo médico que odontológico, muestra mejores calidades en las imágenes sin distorsiones y mejor resolución. (14)

### **6.11 Tipos de aparatos para CBCT**

En la actualidad diversos proveedores de tomógrafos promueven que sus dispositivos cumplen con la mejor calidad de imagen y al mismo tiempo limitar el tipo de exposición de radiación hacia los pacientes. El Consejo Nacional de medidas y protección radiológica (NCRP) enmarca un proceso denominado garantía de calidad donde se aborda específicamente como garantizar la estabilidad de las imágenes para una máxima información diagnóstica minimizando la radiación al paciente. (15) En la Tabla 2 se muestran algunos de los dispositivos más actuales que cumplen con las garantías del Consejo Nacional de Medidas y Protección Radiológica.

Los aparatos CBCT se han consolidado como dispositivos en radiología 3D como métodos auxiliares útiles, fiables y precisos de diagnóstico, y que solo deben utilizarse cuando la necesidad de imágenes en 2D no proporciona la información requerida para un diagnóstico certero. (16)

**Tabla 2.** Se muestran diferentes tipos de tomógrafos, tiempos de exposición y diferentes campos de visión. (15,16)

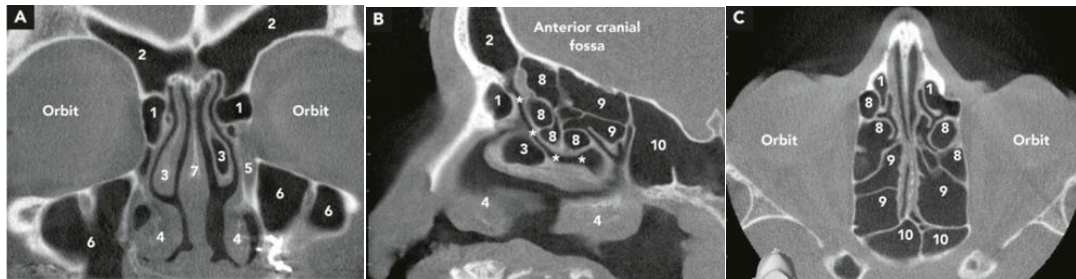
<b>Dispositivo</b>	<b>Tiempo de exposición</b>	<b>Campo de visión (FOV)</b>
3D Accuitomo 80	17.5 s	80x80 mm.
3D eXam	14.7 s	160x80 mm.
Veraviewepocs 3D R100	9.4 s	100x80 mm.
PaX-Duo3D	24 s	85x85 mm.
Sanora 3Dx	20 s	100x80 mm.
ProMax 3D Mid	12 s	80x80 mm.
Orthophos SL	14.2 s	80x80 mm.
Planmeca Promax 3D Mid	12 s	10x10 mm.
Morita 3D Accuitomo	17.5 s	8x8 mm.
PreXion3D Excelsior	7.7 s	10x8 mm.
Morita Veraviewepocs 3D R100	9.3 s	10x8 mm.
i-CAT FLX Series	4 s	16x10 mm.

## **6.12 Anatomía Macroscópica**

El conocimiento de las estructuras anatómicas es indispensable en la rama de medicina y odontología para diagnóstico y planificación del tratamiento. (17)

### **6.12 Cavidades nasales**

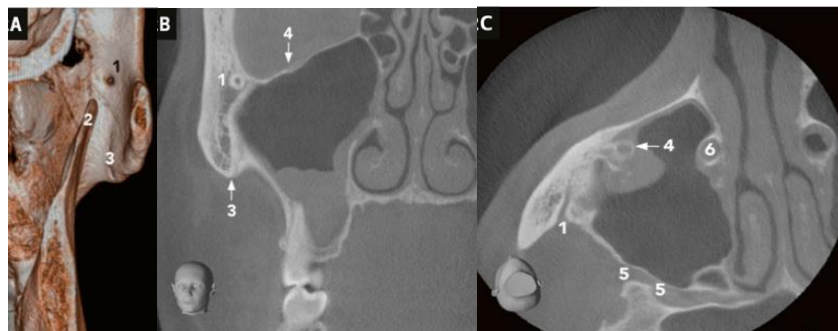
Son cavidades bilaterales (Figura 8) ubicadas en la parte media de la cara, inferiormente está ubicada sobre el paladar duro y en el techo se encuentran las láminas cribosas del hueso etmoides. (17) Existen variaciones anatómicas o patológicas que pueden inducir la obstrucción de las vías aéreas produciendo rinitis crónica. (18)



**Figura 8.** Vista de cavidades nasales, FOV 10x10 con vistas (A) Coronal (B) Sagital (C) Axial. 1) Celdas de agger. 2) Seno frontal. 3) Cornete medio. 4) Conducto nasolagrimal. 6) Seno maxilar. 7) Lamina perpendicular del Hueso etmoides. 8) Celdillas etmoidales anteriores. 9) Celdillas etmoidales posteriores. 10) Seno maxilar. (17)

### 6.12.2 Hueso Cigomático

Es una estructura del vicerocraneo que forma el componente óseo de las mejillas (Figura 9), es el hueso que se encuentra en una posición más lateral de la cara influyendo en la estética facial. (19)

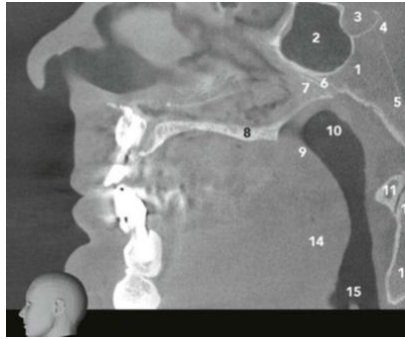


**Figura 9.** A) Reconstrucción en 3D B) Corte coronal C) Corte axial. 1) Foramen cigomaticotemporal. 2) Proceso coronoides de la mandíbula. 3) Sutura cigomaticomaxilar. 4) Conducto infraorbitario. 5) Fisura orbitaria inferior. 6) Conducto nasolagrimal. (19)

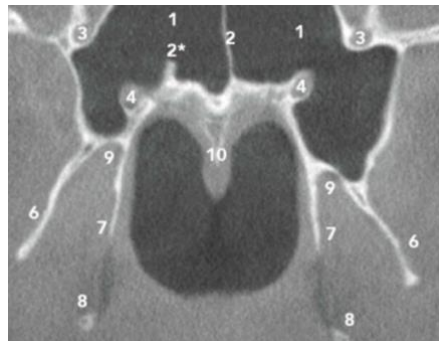
### 6.12.3 Hueso esfenoides

La anatomía es complicada ya que dicho hueso no es una estructura compacta (Figura 10,11) sino que presenta múltiples alas y procesos que se originan a partir

de un proceso central, además contiene fisuras, canales y agujeros donde transportan arterias, vasos y nervios. (20)



**Figura 10.** Imagen CBCT de corte sagital. 1) Cuerpo del hueso esfenoides. 2) Seno esfenoidal. 3) Silla turca. 4) Dorso de silla turca. 5) Clivus. 6) Sindesmosis esfenovomeriana. 7) Vómer. 8) Paladar duro. 9) Nasofaringe. 10) Paladar blando. 11) altas. 12) Diente del axis. 13) Cuerpo del axis. 14) Base de la lengua. 15) Epiglotis. (20)



**Figura 11.** Imagen de CBCT de corte coronal. 1) Seno esfenoidal. 2) Tabique del seno esfenoidal. 3) Foramen redondo. 4) Conducto vidiano. 6) Apófisis lateral del proceso pterigopalatino. 7) Apófisis medial del proceso pterigopalatino. 8) Hamulus pterigoideo. 9) Fosa pterigoidea. 10) Vómer. (20)

#### 6.12.4 Faringe

Se extiende desde la parte inferior de la base de cráneo hasta el esófago (Figura 12), el esfínter faringoesofágico se encuentra a nivel de la sexta vertebra cervical, conecta las cavidades nasales con la cavidad oral. La principal función de la faringe es la respiración, deglución y fonación.

### 6.12.5 Nasofaringe

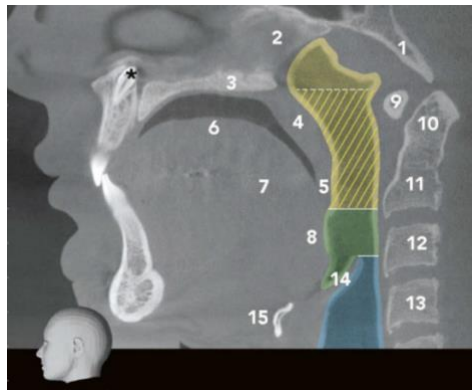
Es la porción superior de la faringe, se comunica con las coanas en la cavidad nasal.

### 6.12.6 Orofaringe

Se extiende desde el paladar blando hasta la epiglotis, se encuentra posterior a la cavidad oral y a la lengua.

### 6.12.7 Laringofaringe

Es la porción más inferior de la faringe y se encuentra por detrás de la laringe. (21)



**Figura 12.** Corte sagital. (amarillo) Nasofaringe (verde) Orofaringe (azul) Laringofaringe. 1. Hueso occipital 2. Vómer 3. Paladar duro 4. Paladar blando 5. Úvula 6. Dorso de la lengua 7. Cuerpo de la lengua 8. Base de la lengua 9. Atlas 10. Procesos odontoides C2 11. Cuerpo de C2 12. C3 13. C4 14. Epiglotis 15. Hueso hioides \*Diente supernumerario. (21)

### 6.12.8 Vértebras cervicales

Formada por siete vertebras C1-C7 (Figura 13). Las primeras dos vértebras cervicales atlas y axis presentan morfologías diferentes, las cinco vértebras restantes presentan morfología similar. Las vértebras se pueden usar como referencia para las posiciones de las estructuras faríngeas y valorar los picos de crecimiento de pacientes jóvenes. (21)

### 6.12.9 C1

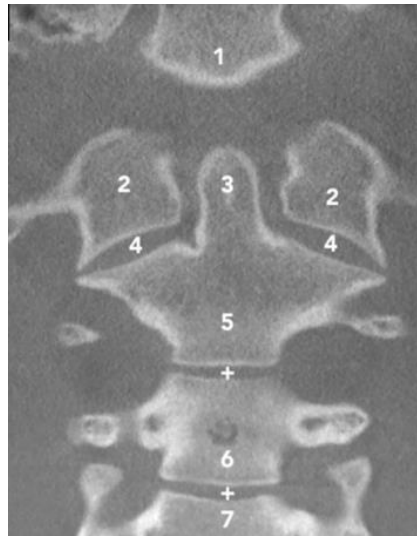
La primera vértebra también conocida como atlas, es la parte más superior de la columna vertebral y se articula con el hueso occipital mediante la articulación atlantooccipital, no presenta cuerpo ni apófisis espinosas. (21)

### 6.12.10 C2

Segunda vértebra también conocida como Axis, presenta una proyección superior denominada apófisis odontoides que se articula con el arco anterior de C1, proceso por el cual puede rotar el atlas. (21)

### 6.12.11 C3-C6

Presentan características típicas de las vértebras en general, es decir un cuerpo, apófisis transversas, apófisis espinosas, agujero vertebral. (21)

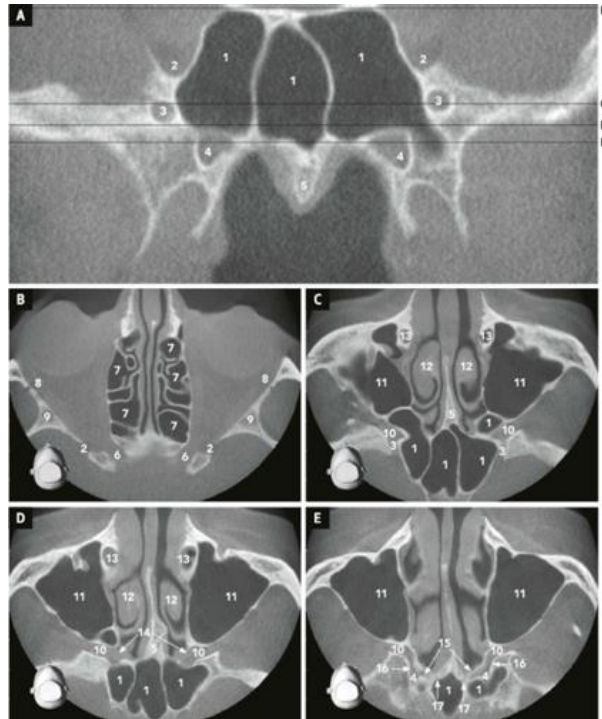


**Figura 13.** Imagen de CBCT de corte coronal. 1. Hueso occipital 2. Atlas 3. Apófisis odontoides 4. Articulación entre atlas y axis 5. Cuerpo del axis 6. Cuerpo de C3 7. Cuerpo de C4. + articulaciones entre vértebras cervicales. (21)

### 6.12.12 Fosa pterigopalatina

Es un espacio pequeño delimitado por tres huesos; el maxilar, el palatino y el esfenoides (Figura 14). Es una de las regiones anatómicas más complejas de

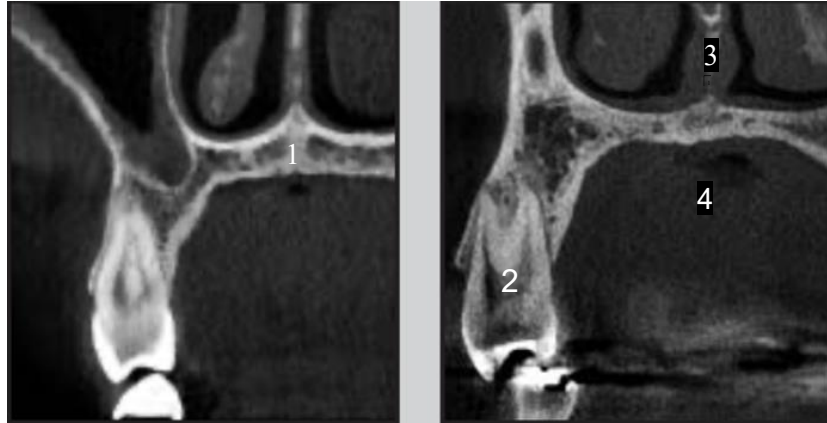
entender, tiene una forma piramidal con el ápice en dirección inferior de la tuberosidad del maxilar. (20)



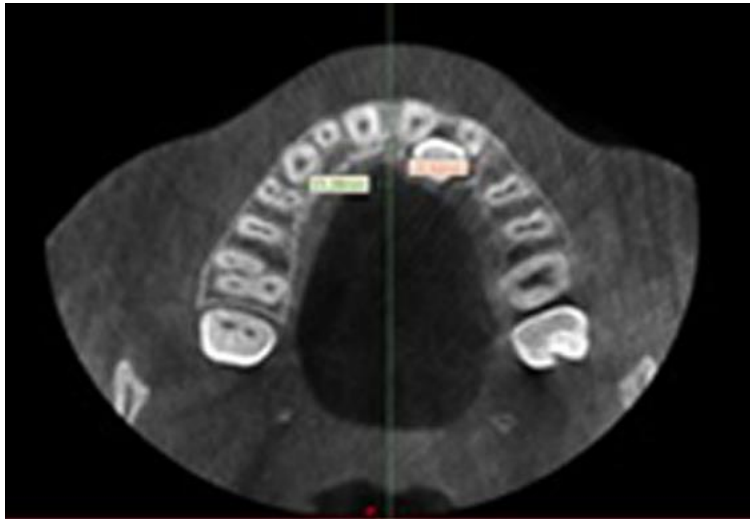
**Figura 14.** Imágenes CBCT cortes axial. (A) coronal. (B, C, D, E) que muestran la fosa pterigopalatina. 1) Seno esfenoidal. 2) Fisura orbitaria superior. 3) Foramen redondo. 4) Foramen lacerum. 5) Vómer. 6) Conducto óptico. 7) Celdillas etmoidales. 8) Foramen orbitario. 9) Ala mayor del esfenoides. 10) Fosa pterigopalatina. 11) Seno maxilar. 12) cornete medio. 13) Conducto nasolagrimal. 14) Foramen esfenopalatino. 15) Conducto palatovaginal. 16) Conducto vidiano. 17) Conducto vomerovaginal. (20)

### 6.12.13 Hueso maxilar

Hueso par (Figura 15,16) forma parte superior de la cavidad oral, se articula con el hueso frontal por medio de los procesos maxilares, por medio del proceso cigomático se articula con el hueso cigomático. (22)



**Figura 15.** Imágenes de CBCT de corte coronal. 1) Hueso maxilar. 2) Molar superior. 3) Cornete nasal inferior. 4) Cavidad oral. (23)



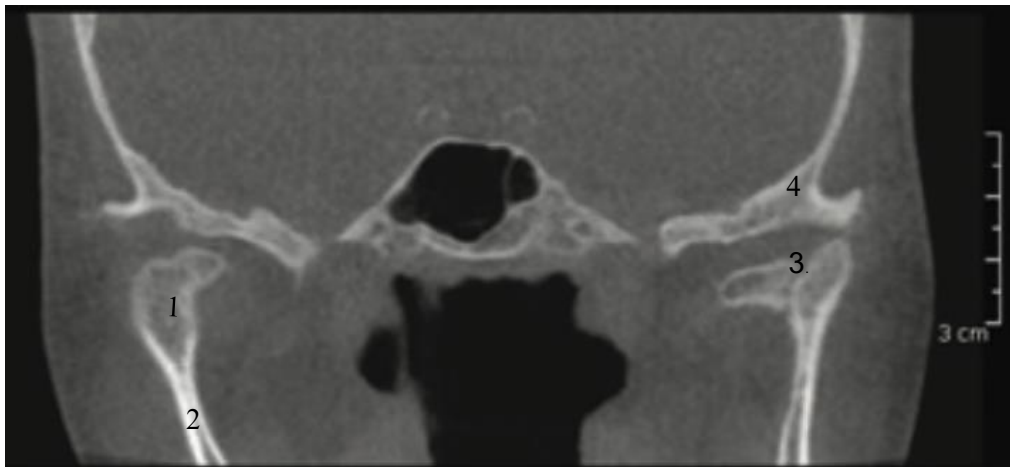
**Figura 16.** Maxilar superior corte axial. (24)

#### **6.12.14 Hueso mandibular**

Es un hueso impar (Figura 17-19) en forma de herradura que forma parte inferior de la cavidad oral, presenta un cuerpo y dos ramas, en la parte superior de las ramas presenta un cóndilo y una apófisis coronoides. (22)



**Figura 17.** A, B Y C) Imágenes CBCT en corte sagital. D) Imagen CBCT en corte coronal. 1) Cuerpo mandibular. 2) Rama mandibular. 3) Conducto alveolar inferior. 4) Gonión mandibular. 5) Sínfisis mentoniana. 6) Conducto mandibular. (25)



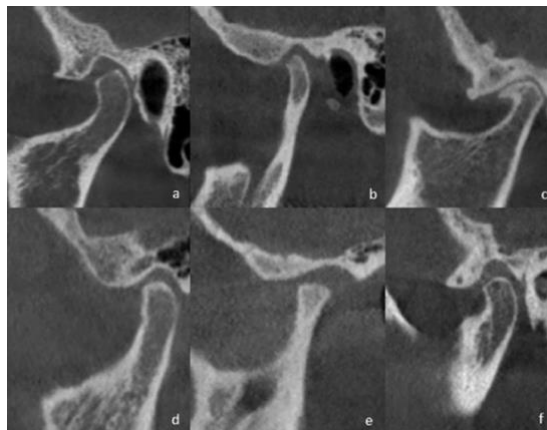
**Figura 18.** Imagen CBCT corte coronal. 1) Cóndilo mandibular. 2) Rama mandibular. 3) Fractura condilar. 4) Hueso temporal. (26)



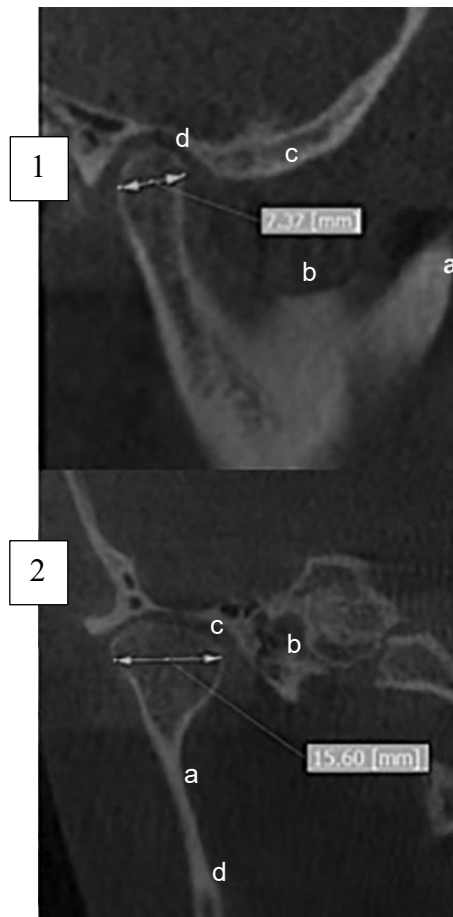
**Figura 19.** A) Cuerpo mandibular vista en corte axial. B) Ramas mandibulares. (27)

#### 6.12.15 C6ndilo mandibular

Es una estructura 6sea que presenta una forma elipsoidal o forma de bal6n de futbol americano (Figura 20,21), que se encuentra unido a la rama mandibular por medio del cuello del c6ndilo que es una estructura 6sea estrecha. Se articula con el hueso temporal por medio de una cavidad glenoidea, disco articular, capsula articular, m6sculos y ligamentos. (28)



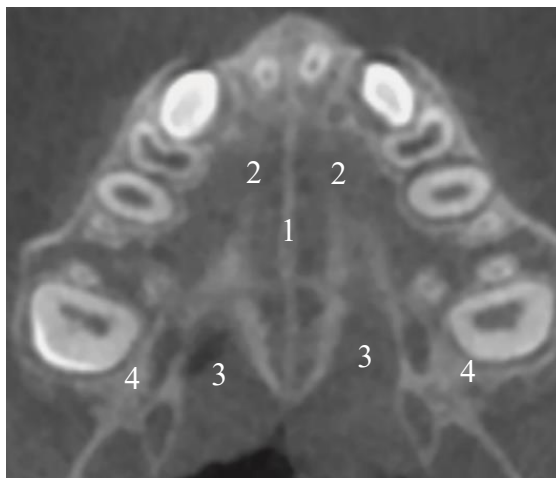
**Figura 20.** Im6genes CBCT corte sagital. A, B, C, D, E y F ejemplo de cambios degenerativos del c6ndilo mandibular. (29)



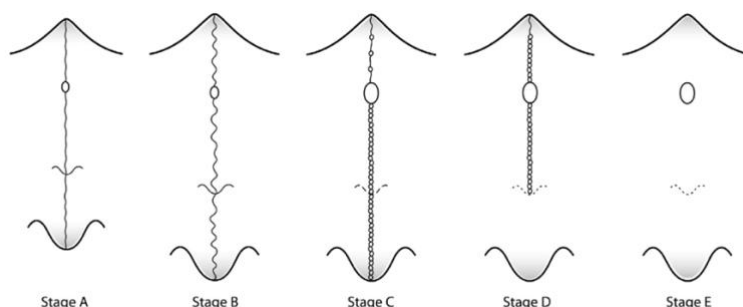
**Figura 21.** 1) Corte sagital, cóndilo mandibular de 7.32 mm en su ancho. A) Apófisis coronoides. B) Escotadura sigmoidea. C) Hueso temporal. D) Cavidad glenoidea. 2) Corte coronal, Cóndilo mandibular de 15.60 mm. A) Cuello del cóndilo. B) Porción mastoidea del hueso temporal. C) Cavidad glenoidea. D) Rama mandibular. (30)

#### 6.12.16 Sutura media palatina

Formada por los procesos palatinos del maxilar superior y lamina horizontal del hueso palatino (Figura 22,23). Estructura por la cual se puede realizar expansión maxilar para diferentes tratamientos como; mordidas cruzadas posteriores, aumentar el perímetro del arco superior en apiñamientos severos. (31)



**Figura 22.** Vista Axial del maxilar superior. 1) Sutura media palatina. 2) Procesos palatinos del hueso maxilar superior. 3) Laminas horizontales del hueso palatino. 4) Apófisis pterigoides del hueso esfenoides. (32)



**Figura 23.** Dibujo esquemático de las etapas de maduración de la sutura media palatina. Etapa A) Línea relativamente recta. Etapa B) Línea festoneada sobre la línea media. Etapa C) Se observan dos líneas paralelas festoneadas. Etapa D) Se observan dos líneas paralelas solo en la porción del Maxilar. Etapa E) No se identifica la sutura media palatina. (31)

### 5.12.17 Senos maxilares

Leonardo Da Vinci ilustró por primera vez a los senos maxilares en 1489, posterior a la fecha el inglés anatomista Nathaniel Highmore los documenta. También son conocidos como “antro de Highmore” y se encuentran dentro del hueso maxilar (Figura 24), se consideran dentro de los más grandes de los senos paranasales, la

principal función de los senos maxilares es drenar moco hacia la unidad ostiomeatal.  
(33)



**Figura 24.** Corte coronal. A) Senos maxilares. (34)

## 6.13 Aplicaciones Clínicas del Cone Beam

### 6.13.1 Diagnóstico en Ortodoncia

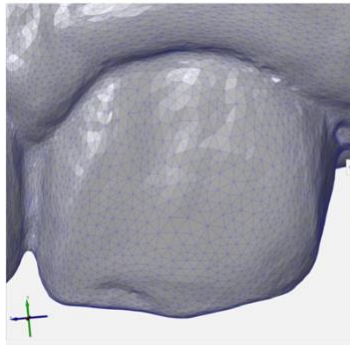
Las radiografías son una herramienta indispensable para la evaluación de las estructuras óseas de la cabeza y el cuello en el diagnóstico de Ortodoncia, Ryan J. *et al.* demostraron que los cefalogramas laterales, ortopantomografías, radiografías periapicales y de aleta de mordida proporcionan información suficiente, sin embargo, con la llegada del CBCT es posible evaluar los tejidos duros y blandos de la región maxilofacial en tercera dimensión y con reconstrucción de estructuras. (35) En Ortodoncia las imágenes tridimensionales ayudan a esclarecer la complejidad de las maloclusiones, favoreciendo al diagnóstico y planificación del tratamiento en casos específicos, la tecnología CBCT ha tenido una rápida evolución por sus imágenes tridimensionales precisas, reproducibles y seguras.

El uso del CBCT en la especialidad de Ortodoncia refuerza un amplio espectro de casos que van desde dientes impactados/retenidos hasta la morfología de la articulación temporomandibular proporcionando información clínicamente relevante. Es muy probable que a medida que los avances tecnológicos se

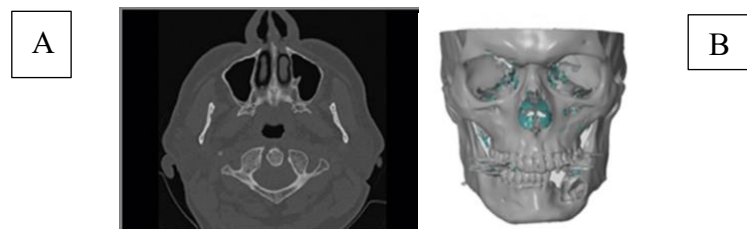
actualicen, surjan más aplicaciones en Ortodoncia permitiendo alcanzar mejores planes de tratamientos. (36)

### 6.13.2 Encajamiento de Archivos STL

Los archivos de gráficos tridimensionales o mejor conocidos como archivos STL creados por Charles Hull (por su abreviatura en inglés estereolitografía) se utilizan comúnmente para las impresiones de estructuras anatómicas en 3D. (37) Una enorme posibilidad que nos brinda el CBCT es la fabricación de modelos tridimensionales a partir de archivos DICOM tomados del paciente, el archivo STL ejecuta un serie de superficies geométricas, teseladas o divididas de manera lógica en una serie de triángulos (Figura 25) con los vértices convenientemente ordenados, usando un sistema cartesiano de coordenadas positivas. (38) Los archivos DICOM proporcionan información sobre las estructuras internas mientras que los archivos STL brindan información detallada de las estructuras externas (Figura 26). (39)



**Figura 25.** Representación geométrica en una serie de triángulos para la impresión 3D. (40)



**Figura 26.** A) Archivos DICOM, corte axial de CBCT donde se observan estructuras internas. B) Archivos STL, reconstrucción en 3D donde se observan estructuras externas. (41)

En la **Tabla 3** se muestran la recomendación de los algunos tipos de software que permiten convertir los archivos DICOM a STL para su futura impresión en 3D. (42)

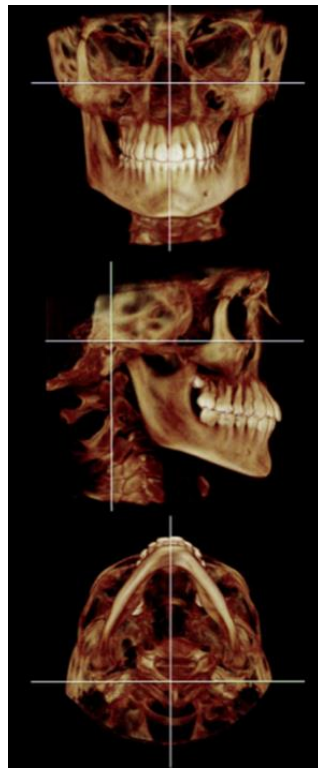
<b>Tabla 3.</b> Softwares para la conversión de archivos DICOM - archivos STL. (42)		
<b>Software</b>	<b>Versión</b>	<b>Desarrollador/Proveedor</b>
3D Slicer (3DS)	4.10.2	Harvard Medical School, Harvard University, MA, USA
3D View (3DV)	1.2	RMR Systems, East Anglia, UK.
Image J (IMJ)	1.48	National Institutes of Health, MD, USA
InVesalius 3 (IN3)	3.1.1	Renato Archer Information Technology, São Paulo, Brazil
Mimics <sup>a</sup> (MCS)	22.0.0.524	Materialise, Belgium
The Medical Imaging Interaction Toolkit (MIT)	2018.04.2	German Cancer Research Center, Germany
OsiriX Lite (OSX)	11.0.0	Pixmeo SARL, Switzerland
Seg3D (S3D)	2.4.4	Scientific Computing and Imaging Institute, Salt Lake City, USA
Volume Extractor 3.0 <sup>a</sup>	3.6.0.7	I-Plants Systems, Iwate, Japan

### **6.13.3 Asimetría de Estructuras**

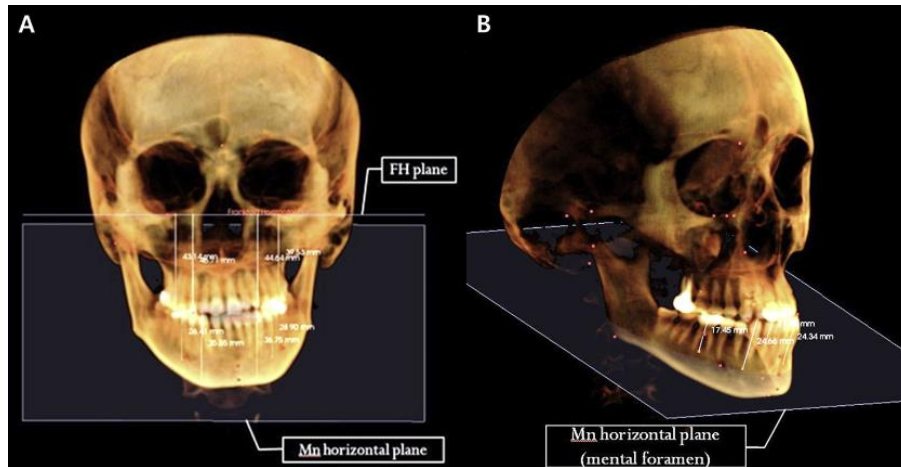
Actualmente las caras simétricas se distinguen como algo atractivo en los sujetos, en consecuencia, las personas evalúan sus rostros deseando corregir las discrepancias el 25 % de los casos se presentan asimetrías faciales en consultas

ortodóncicas. Severt *et al* demostraron que el 5% de asimetrías faciales se encuentran en el tercio superior y un 75% en la parte inferior de la cara, siendo la mandíbula con mayor frecuencia de asimetría, pudiendo ocurrir por la discrepancias verticales del cóndilo, ramas o diferencias en longitud del cuerpo. (43)

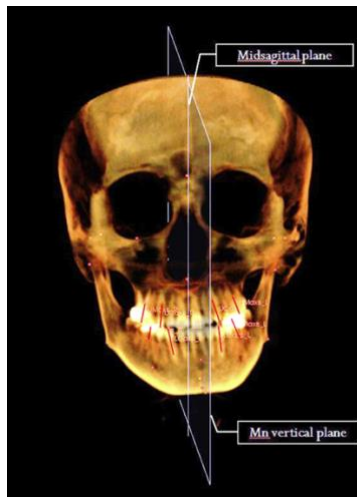
Las asimetrías faciales pueden plantear un gran desafío para cualquier tratamiento de ortodoncia, los diagnósticos precisos son la clave del éxito de todo tratamiento para localizar las asimetrías y determinar la estrategia de tratamiento adecuado, las deformidades faciales están relacionadas con trastornos dentofaciales como ejemplo macrosomía facial, hiperplasia hemimandibular, paladar hendido. La aparición del CBCT (Figura 27-29) ofrecen posibilidades de localización precisas de asimetrías, logrando detectar el grado de deformidad. (44)



**Figura 27.** Vista en tercera dimensión de CBCT con diferentes planos para mediciones de asimetrías. (44)



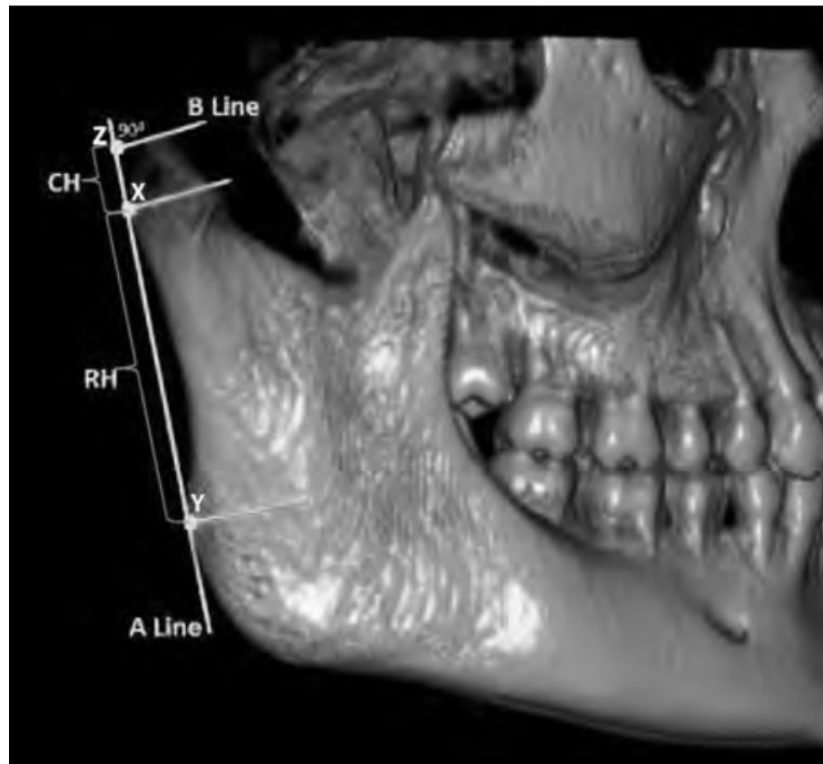
**Figura 28.** Vista en 3D de CBCT. A) Comparación del plano de Frankfurt FH y plano mandibular. B) Comparación del plano mandibular y mediciones dentales. (45)



**Figura 29.** Reconstrucción en 3D, comparación de la línea media sagital con la angulación de órganos dentales superiores e inferiores. (45)

Habets *et al.* Introdujeron un método sencillo para determinar las asimetrías entre los cóndilos y las ramas de la mandíbula. El cual consiste en trazar dos puntos más posteriores del cóndilo y de la rama, marcando como X y Y (Figura 30,31) se traza una línea que pase por los puntos antes mencionados y se determinó la línea A, se traza una segunda línea en el punto más superior del cóndilo, perpendicular a la línea A y se denomina línea B. La intersección de la línea A-B se denomina punto

Z, la distancia entre el punto X y Z miden la altura condilar (CH), la distancia entre el punto X y Y mide la altura de la rama (RH). (46)



**Figura 30.** Método de medición de Habets. (46)

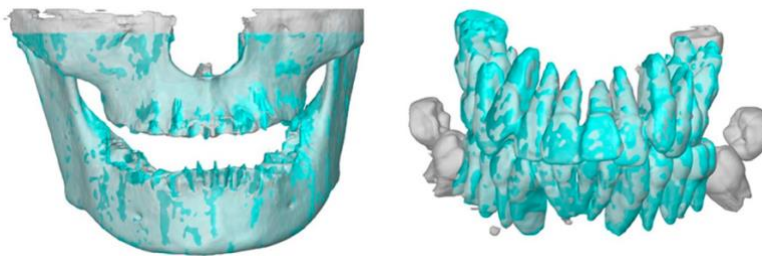


**Figura 31.** Reconstrucción en 3D en posición frontal, derecha e izquierda, con el método de medición de Habets para su comparación. (46)

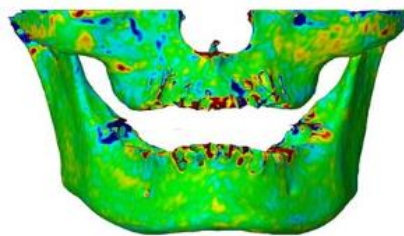
#### 6.13.4 Segmentación de Estructuras

En la odontología moderna la clave reside en la adquisición y segmentación de imágenes tridimensionales (Figura 32), el CBCT permite la adquisición de tejidos orales, óseos lo cual es de gran utilidad para el diagnóstico y planes de tratamientos más específicos, gracias a la segmentación con la identificación de un solo diente o un grupo de dientes permite realizar mediciones en longitudes radiculares, predicción de movimientos dentales.

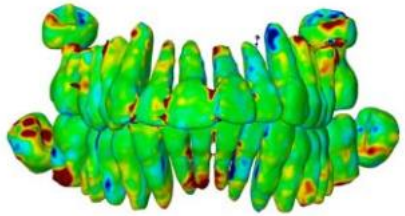
La segmentación consiste en extraer un grupo de voxeles del resto de los datos, conservando la integridad, sin embargo, es laboriosa a comparación de la segmentación de estructuras de gran tamaño (Figura 33), los dientes presentan más dificultad por la presencia de numerosos dientes por arcada (Figura 34), si presentan restauraciones o artefactos metálicos produciendo distorsiones, otra de las dificultades es que el diente presenta diferentes tejidos (esmalte, dentina, pulpa y cemento) y está en estrecho contacto con el hueso circundante por lo tanto se encuentra muy similar. (47)



**Figura 32.** Segmentación de organos dentales. (48)



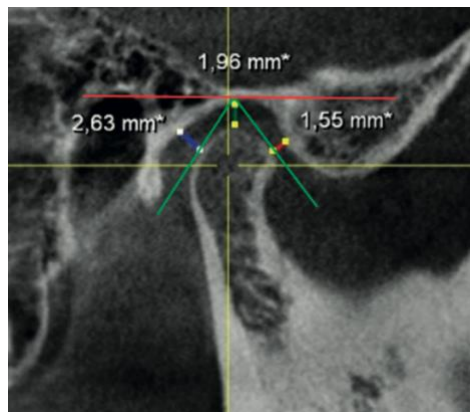
**Figura 33.** Segmentación de Mandibula y Maxilar. (48)



**Figura 34.** Segmentación de Dientes. (48)

### 6.13.5 Articulación Temporomandibular (ATM)

La ATM es una articulación compuesta y compleja del cuerpo humano que consta de dos huesos que no se encuentran en íntimo contacto (Figura 35), la mandíbula y el hueso temporal; presenta un disco, una cápsula articular, líquido sinovial, ligamentos y músculos. (49)

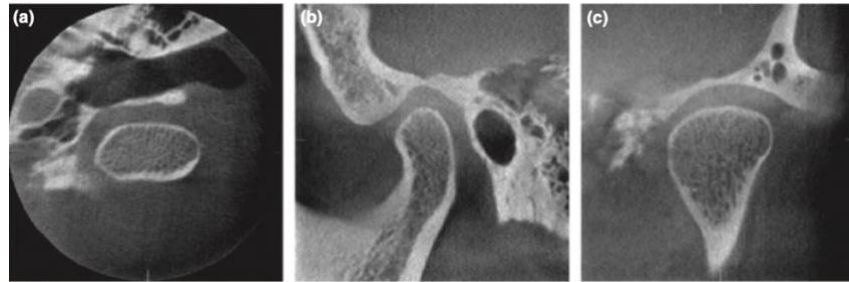


**Figura 35.** Corte sagital de CBCT. Se muestra los espacios adecuados que existen entre el hueso Temporal y Mandíbula. (50)

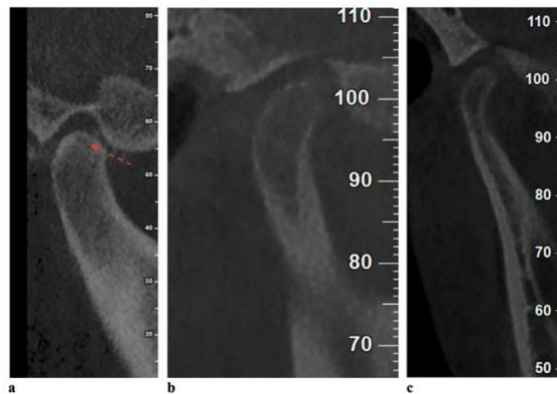
Se han utilizado diferentes modalidades para el diagnóstico de estos trastornos siendo el CBCT (Figura 36) uno de los preferidos entre los ortodoncistas.

Existen patologías que afectan a la articulación temporomandibular (Figura 37,38) y estas presentan un grupo heterogéneo de trastornos complejos de diferentes etiologías a menudo multifactoriales, estos trastornos pueden afectar a la musculatura, componentes óseos, componentes de tejidos blandos, al disco

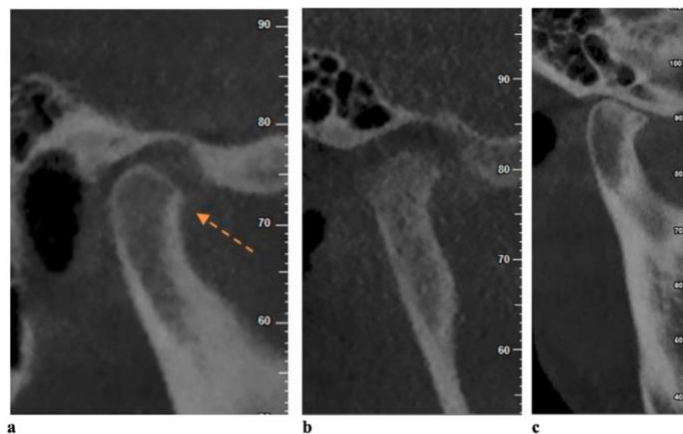
articular o ligamentos. Siendo la causa más común de dolores dentales, ruidos articulares, dolor de cabeza y oído. (51)



**Figura 36.** Articulación temporomandibular en posición de boca cerrada. A) Corte axial. B) Corte sagital. C) Corte frontal. (51)



**Figura 37.** Corte sagital de ATM. A) Quiste Ely. B) Erosión Endostica. C) Hipoplasia condilar. (52)



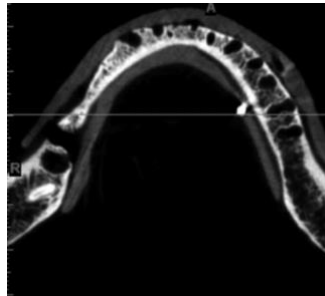
**Figura 38.** Corte sagital de ATM. A) Osteofito. B) Aumento es espacio articular y erosión del cóndilo. C) Reducción del espacio articular. (52)

### 6.13.6 Densidad ósea

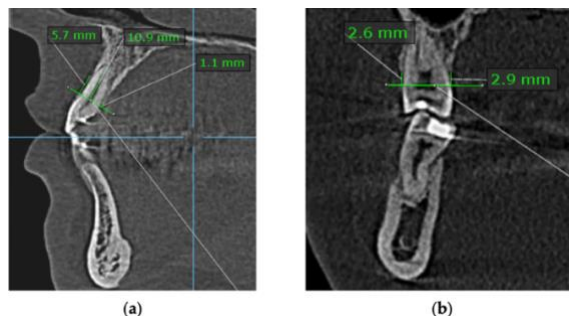
El CBCT es una herramienta que se usa ampliamente para la obtención de imágenes con buenas resoluciones, donde se pueden observar densidades óseas (Figura 39-41) con la ayuda de los rangos de grises y contrastes. (53)

Existen muchos factores que hacen que el proceso óseo de maxilar y mandíbula sufra una reabsorción, como la pérdida de órganos dentales, la edad, osteoporosis, desequilibrio hormonal, trastornos metabólicos, después de una extracción, y sobre todo los tratamientos ortodóncicos. (54)

Todo tratamiento ortodóncico produce cambios en los tejidos duros y blandos que rodean a los dientes por las fuerzas aplicadas, en especial la densidad ósea que cambia significativamente antes, durante y después del tratamiento, todo esto se debe a la compresión, los osteoclastos reabsorben el hueso y en el lado de tensión los osteoblastos se encargan de generar nuevo hueso. (55)



**Figura 39.** Rango de grises para la valoración del hueso cortical en la mandíbula. (53)



**Figura 40.** A) Corte sagital de CBCT donde se muestra la altura ósea en vestibular y palatino del insisivo central. B) Corte coronal de CBCT donde se observa la medición ósea de dientes posteriores. (56)

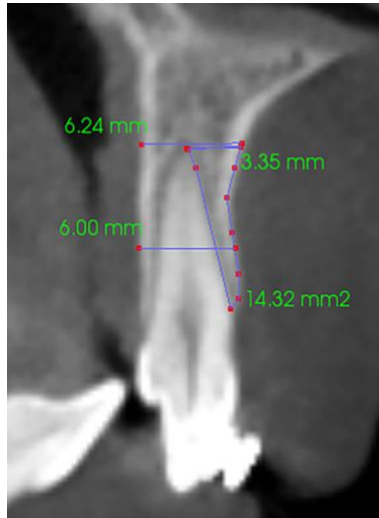


Figura 41. Corte sagital de CBCT donde se observa la densidad ósea de la tabla vestibular del incisivo superior en mm<sup>2</sup>. (57)

### 6.13.7 Análisis de la Posición Dental (TIP y TORQUE)

Representan una de las seis llaves de la oclusión introducidas por el Dr. Andrews, el torque representa la angulación vestibulo-palatina/lingual de las raíces de los dientes (Figura 42-44), el Tip representa la angulación mesio-distal de los ejes longitudinales de los dientes (Figura 45). El torque es fundamental dentro de los objetivos ortodóncicos, establece una guía anterior adecuada, resaltes apropiados, estética de la sonrisa y adecuada proyección de los labios. (58)

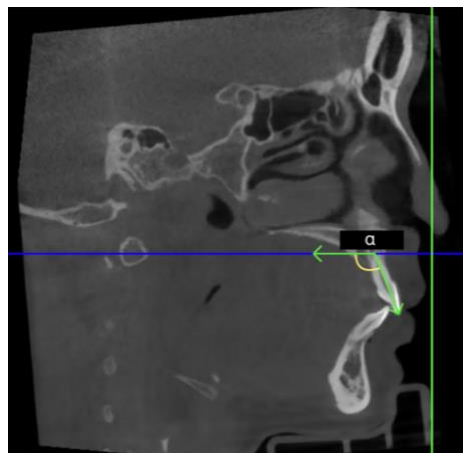
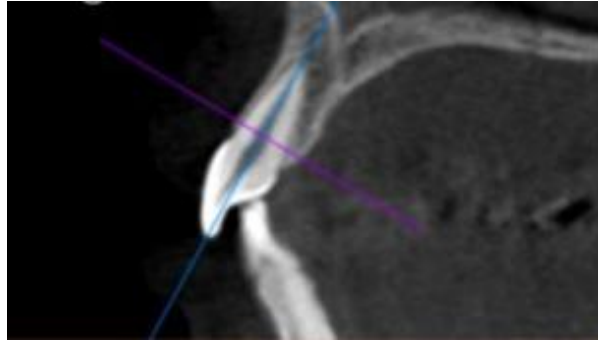
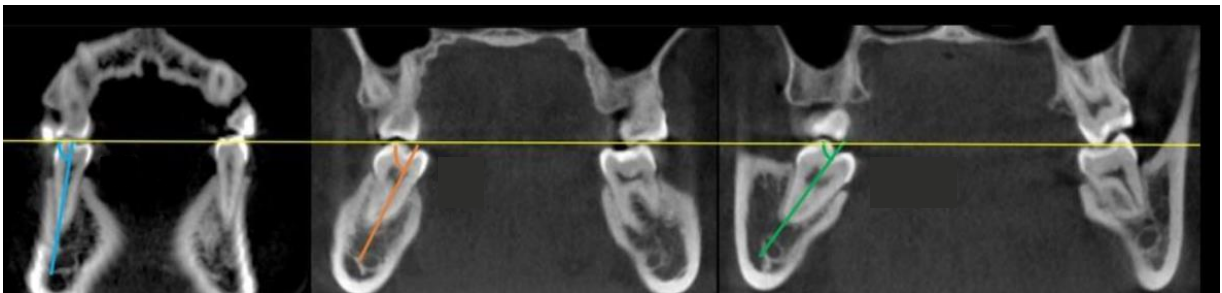


Figura 42. Corte sagital, torque del incisivo superior derecho. (58)



**Figura 43.** Corte sagital, torque del incisivo superior izquierdo. (59)



**Figura 44.** Corte coronal, línea amarilla plano oclusal se usa como plano de referencia para los torques de los molares. (60)



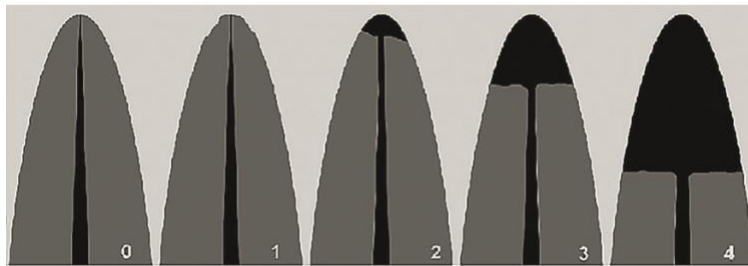
**Figura 45.** Representación del Tip del primer molar superior. (61)

### 6.13.8 Reabsorción radicular externa

La reabsorción radicular externa es la reducción de las raíces que afecta a todos los dientes y es una de las complicaciones más comunes en los tratamientos de ortodoncia, en todos los casos las reabsorciones son clínicamente insignificantes cuando los dientes no presentan ninguna patología periodontal, pero en otros casos

las reabsorciones radiculares en pacientes con problemas periodontales amenazan la longitud radicular causando movilidad o pérdida dental.

Existen factores complejos, incluidos los internos y externos. Los factores internos incluyen genética, género, nutrición, morfología radicular y densidad ósea, los factores externos (Figura 46) son principalmente causados por los tratamientos ortodóncicos, como el tipo de aparatología, fuerzas usadas durante el tratamiento, tipo de maloclusión, magnitud y dirección de la fuerza. (62)



**Figura 46.** Grados de reabsorción radicular basados en el índice de Levander y Malmgren. 0) Ausencia de cambios radiculares. 1) Contorno radicular irregular. 2) Reabsorción radicular < 2mm. 3) > 2mm de reabsorción radicular. 4) Reabsorción mayor de un 1/3 de la raíz. (63)

El diagnóstico se basa exclusivamente en estudios radiográficos, ya que los síntomas clínicos no se encuentran presentes y el aumento de la movilidad dental se observa solo en casos graves de pérdida dentoalveolar o con enfermedad periodontal, en general los métodos más utilizados son bidimensionales, en un estudio realizado por Samandra *et. al.* demostraron que los estudios radiográficos en 2D las reabsorciones radiculares encontradas eran menores de 0.60 mm al final de los tratamientos de ortodoncia, por lo tanto, las radiografías en 2D pueden enmascarar la verdadera reabsorción radicular, el método diagnóstico con mayor efectividad es el CBCT (Figura 47) que es capaz de reproducir imágenes en 3D, sin distorsión y con alta sensibilidad y especificidad, permitiendo mediciones tanto lineales como volumétricas. (64)



**Figura 47.** Medición de la longitud de incisivos superiores con corte sagital. A) Antes de la retracción 26.26mm. B) Después de la retracción 25.09mm. (65)

### 6.13.9 Dientes Retenidos y/o Impactados

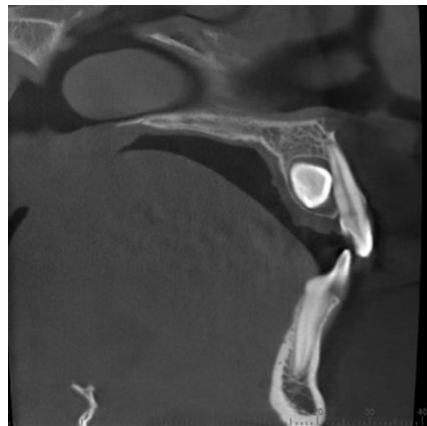
Dentro de las anomalías de erupción los dientes retenidos son los más frecuentes, se considera diente retenido aquellos dientes que una vez llegado el tiempo de erupción normal no lo han logrado y permanecen dentro de los huesos maxilares manteniendo su saco pericoronario intacto. (66) Por otra parte los dientes impactados es la pérdida parcial o total de la erupción de un órgano dental, esto ocurre después de la edad cronológica de erupción por consecuencia de factores locales como obstrucción mecánica (quistes, tumores, dientes), espacios insuficientes en las arcadas dentales, discrepancia en el tamaño de órganos dentales o presencia de dientes deciduos. (67)

#### 6.13.9.1 Caninos Impactados

Los caninos maxilares y mandibulares son los dientes considerados más importantes en las arcadas porque son esenciales en la oclusión dental, para la función y la estética. Desafortunadamente son los dientes que presentan mayor frecuencia de impactación, seguidos por los terceros molares. Lövgren *et al*, informaron que la prevalencia de caninos impactados oscila entre el 1.7 y 4.7 % con mayor prevalencia en las mujeres y se presenta con más frecuencia en maxilares que en mandíbula. En estudios recientes de Mazurová *et al*, informaron que la ubicación de impactación más frecuente de caninos maxilares se reporta en palatino

en un 85% (Figura 48) mientras que en vestibular es el 15%. No existe un factor etiológico pero la causa probable es multifactorial y la genética juega un papel muy importante. (68)

El uso de CBCT (Figura 49) es la mejor opción para un diagnóstico más preciso y exacto en la localización de caninos retenidos e impactados, y si existe reabsorción radicular de dientes adyacentes, Wriedt *et al.*, justifican el uso de CBCT cuando los caninos se encuentran en una posición de más de 30° para evitar dosis de radiación innecesaria. (69)



**Figura 48.** Corte sagital de CBCT, de un canino superior impactado por palatino. (70)

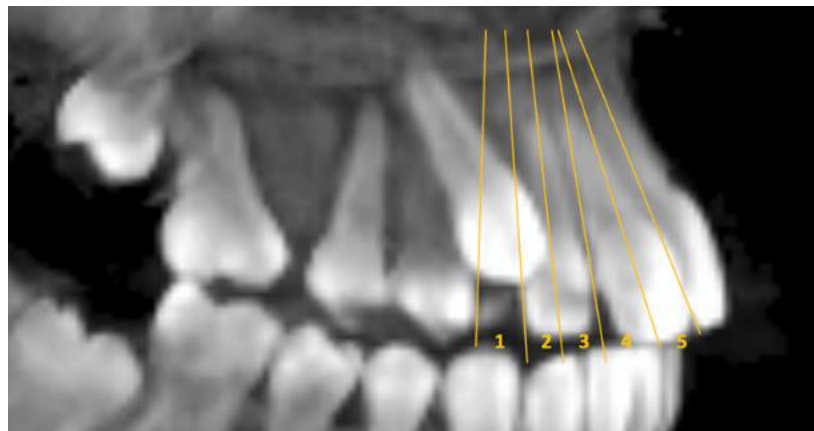


**Figura 49.** A) Reconstrucción 3D, canino superior impactado que cruza la línea media. B) Corte Axial del canino impactado donde se observa la relación que tiene con los ápices de los incisivos. (70)

El tratamiento de los caninos impactados o retenidos implica un enfoque multidisciplinario que requiere especialistas como cirujanos maxilofaciales, periodoncistas y ortodoncistas. Se debe evaluar clínica y radiográficamente la posición del canino impactado o retenido, considerando la edad del paciente, higiene bucal, la posición del canino (vertical, transversal, anteroposterior) de la corona y de la raíz lo cual influye en su pronóstico.

El pronóstico se considera malo o reservado cuando la ubicación del canino se encuentra cerca de la línea media sagital y en un ángulo mayor de  $45^\circ$  con respecto a la línea media, además para un tratamiento exitoso la raíz del canino no debe tener anquilosis y dilaceración. (71)

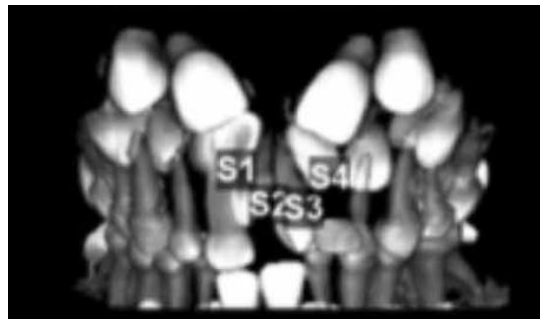
Kucukkaraca menciona que existen diferentes formas de evaluar la posición de los caninos maxilares retenidos, en la figura 50 hace referencia a algunos planos para la evaluación de la posición sagital del canino maxilar. (71)



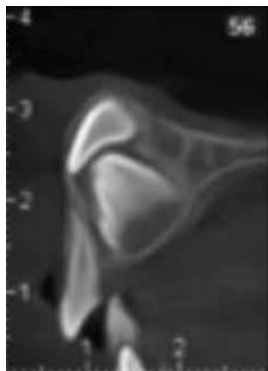
**Figura 50.** Plano 1: posición normal. Plano 2: plano que pasa por el eje medio de la raíz del incisivo lateral. Plano 3: plano tangente que pasa por la parte mesial de la raíz del incisivo lateral. Plano 4: plano tangente que pasa por la parte mesial de la raíz del incisivo central. Plano 5: posición horizontal del canino maxilar. (71)

### 6.13.10 Dientes Supernumerarios

Corresponden a una anomalía del desarrollo que también recibe el nombre de hiperodoncia, se presentan uno o más dientes adicionales (Figura 51,52) a los veinte en dentición primaria o 32 en dentición permanente, pudiendo estar relacionado con síndromes como los son Displasia Cleidocraneal, síndrome de Gardner o fisura labiopalatina entre otros. (72) Moradinejad *et al.* mencionan que existe una prevalencia de 0.1% a un 3.9% de esta alteración en dentición permanente y un 0.3% a un 1.8% en dentición temporal. (73) Primosch *et al.* clasificaron los dientes supernumerarios en eumórficos, siendo una duplicación de la serie dental normal y dismórficos, que son aquellos que tiene forma anormal o rudimentarios. (74)



**Figura 51.** CBCT con reconstrucción en 3D se observan dientes supernumerarios marcados con S1, S2, S3, S4. (73)



**Figura 52.** CBCT corte axial se observa un diente supernumerario en posición palatina. (73)

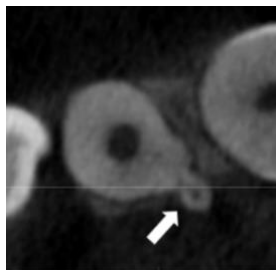
### 6.13.11 Dientes que presentan anomalías en forma

Las anomalías dentales en forma se describen como procesos anormales en el proceso natural de la odontogénesis, y la forma más común de estas anomalías son taurodontismo, fusión, concrescencia y geminación. (75)

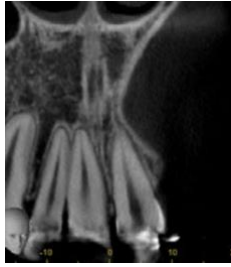
- 1- Taurodontismo: (Figura 53) Se presenta cuando la furca de la raíz es desplazada hacia apical.
- 2- Fusión: (Figura 54) Unión de dos dientes en la odontogénesis en una sola estructura, se puede observar entre dos dientes normal y/o diente supernumerario, presentan dos cámaras pulpares separadas.
- 3- Concrescencia; (Figura 55) Unión de dientes por el cemento ocurriendo cerca del ápice.
- 4- Geminación: (Figura 56) Intento de formación de dos dientes con un mismo germen dental, presentan una sola cámara pulpar. (76)



**Figura 53.** Corte coronal de CBCT. Molar con taurodontismo. (77)



**Figura 54.** Corte Axial de CBCT fusión de central con diente supernumerario. (78)



**Figura 55.** Corte coronal de CBCT. Concrecencia de centrales superiores. (79)

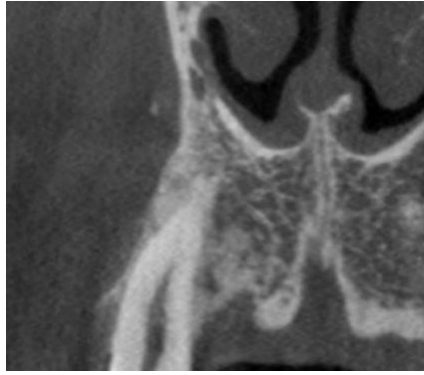


**Figura 56.** Corte coronal de CBCT. Geminación de dientes supernumerarios. (80)

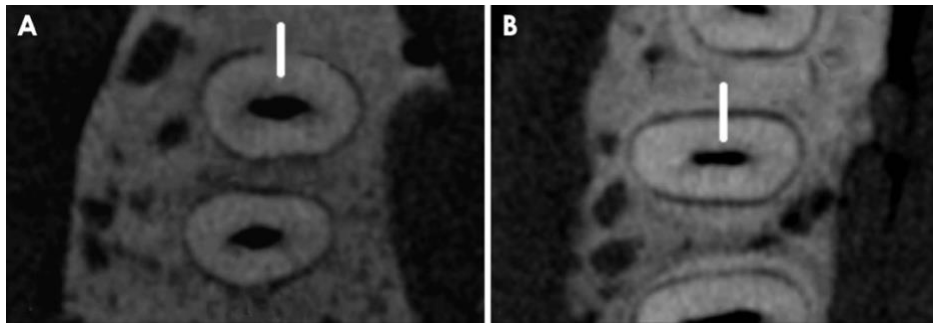
### **6.13.12 Anquilosis**

Hace referencia a la fusión anormal que da resultado como un defecto a la discontinuidad en el ligamento periodontal con el hueso alveolar, (Figura 57,58) es causada por diversos factores como lo son; alteraciones en el metabolismo, trauma mecánico o térmico, después de la erupción dental o genéticamente. (81) El diagnóstico de la anquilosis es relativamente fácil cuando clínicamente un diente no presenta movimientos cuando se le aplican fuerzas ortodónticas. (82)

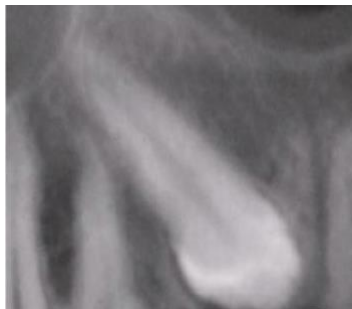
Michael Nemec y cols. mencionan que la prevalencia de anquilosis oscila entre 1-32% de dientes impactados, (Figura 59) y se asocia significativamente a dientes anteriores del maxilar y dientes unirradiculares. (83)



**Figura 57.** Corte coronal de CBCT, se observa la pérdida del ligamento periodontal del canino superior. (84)



**Figura 58.** Corte axial de CBCT, A) Representación de línea blanca señalando la zona de la anquilosis. B) Región no anquilosada. (82)

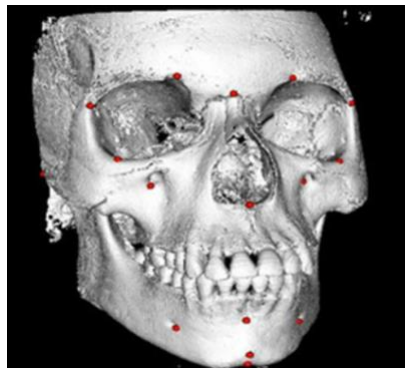


**Figura 59.** Corte Sagital de CBCT, se muestra la pérdida de ligamento periodontal del canino superior ocasionado por la impactación que presenta. (83)

### 6.13.13 Cefalometría 3D

Los análisis cefalométricos se introdujeron por primera vez en la década de 1930 por Hofrath en Alemania, y posterior a eso Broadbent en Estados Unidos. Son

análisis indispensables para planificación, diagnóstico y plan de tratamiento ortodóncico, la radiografía cefalométrica convencional representa una imagen bidimensional de las estructuras presentando desventajas como distorsión geométrica y superposición de estructuras. Hoy en día el CBCT se ha popularizado por los ortodoncistas porque permite visualizar las estructuras craneofaciales en tres dimensiones (Figura 60) lo cuales son precisas y comparables con las mediciones directas en los cráneos y superar el inconveniente de análisis cefalométrico 2D. (85)



**Figura 60.** Vista en reconstrucción 3D de CBCT, se observan los puntos cefalométricos. (86)

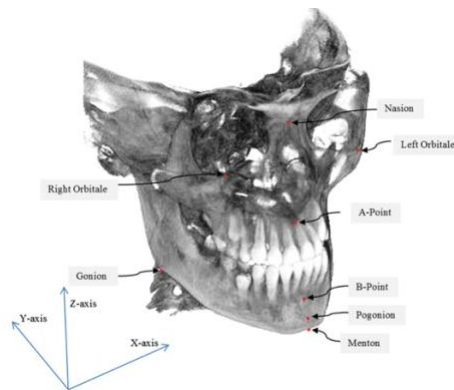
Con los recientes avances tecnológicos y la gran demanda de uso de computadoras en el campo del análisis cefalométrico utilizando softwares han ganado gran popularidad, estos programas (Tabla 4) han logrado eliminar grandes errores asociados a las cefalometrías manuales y consumen menos tiempo en realizar. (87)

**Tabla 4.** Algunos programas disponibles para cefalometría 3D. (87)

<b>Software</b>	<b>Creador</b>
Quick Ceph	Quick Ceph Systems, San Diego, California. USA
AOceph	American Orthodontics, Sheboygan, USA
Dolphin	Dolphin Imaging, Chatsworth, California, USA

VistadentTM	GAC International, Bohemia, NY, USA
ViewBox	dHAL Software, Kifisia, Grecia
JOE	RockyMountain Orthodontics, Denver, CO, USA
Faced	Ilexis AB, Linköping, Suecia
OnixCeph	Image Instruments GmbH, Frankfurt, Alemania
OrisCeph	Elite ComputerItalia, Viomadrone, Italia
Winceph	Rise CorpoRn, Sendai, Japón
Cef-X 2001 software	CDT, Cuiabá, Brasil
NemocephNX	Nemotec, Madrid, España
Smile ceph	GlanceSoftware, Imola, Italia

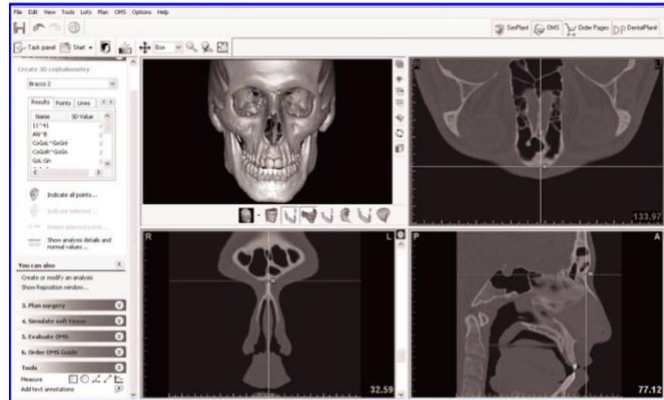
El CBCT resuelve de manera sencilla las limitaciones asociadas con las imágenes de cefalometrías en 2D y proporciona una precisión en el trazado de puntos de referencia (Figura 61) con una excelente confiabilidad y reproducibilidad. (88)



**Figura 61.** Puntos de referencia cefalométricos trazados en 3D. (88)

En todos los software de cefalometrías 3D actuales cuentan con los trazados más usados mundialmente como son; Tweed, Bjork, Downs, Steiner, Ricketts, Sassouni, Jaraback y es posible indicar los puntos de referencia manual o automáticamente, pero si el punto de referencia es incorrecto en la detección automática, es posible

mover el punto de referencia seleccionado (Figura 62) a la nueva ubicación corregida y visualizar la nueva posición del punto de referencia. (89)



**Figura 62.** Vista desde el ordenador del programa de cefalometría de la OMS, donde se pueden modificar los puntos de referencia para iniciar el nuevo trazado cefalométrico. (89)

#### 6.13.14 Articulador Virtual

Los articuladores juegan un papel importante en el diagnóstico y tratamiento dental en el aspecto de los movimientos articulares y oclusales, tradicionalmente el proceso involucra realizar modelos de estudio y posteriormente articularlos en un articulador mecánico (Figura 63) utilizando el arco facial lo cual requiere mucho tiempo de trabajo. (90)

En las últimas décadas gracias a la tecnología que se ha revolucionado a grandes pasos en la odontología se ha creado los articuladores virtuales (Figura 64) creados por Szentpetry en 1997, este dispositivo permite al odontólogo reproducir los movimientos articulares virtualmente en 3D, proporcionando medidas como ángulo del cóndilo, ángulo de Bennet, movimientos de retrusión, laterotrusión o protrusión. (91)



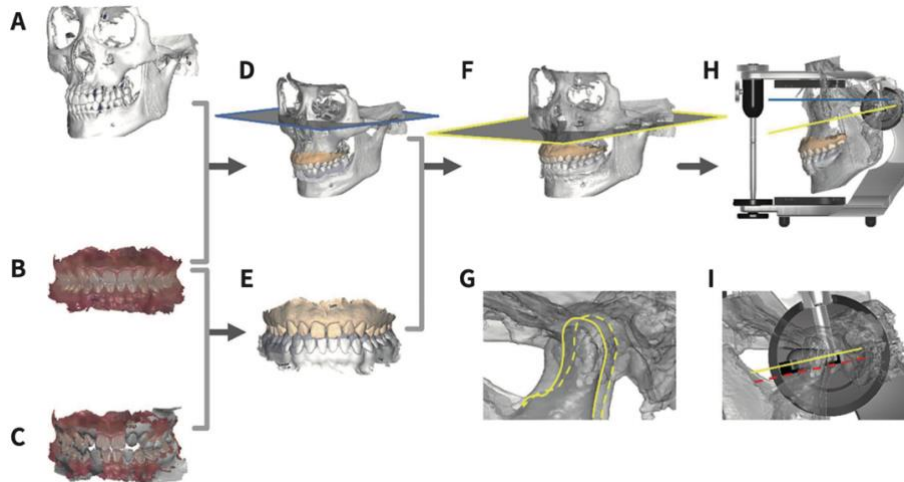
**Figura 63.** Articulador dental mecánico. (91)



**Figura 64.** Articuladores dentales virtuales. A) KaVo Protarevo. B) SAM 2. C) Artex CR. D) Stratos 300. (91)

Existen dos tipos de articuladores virtuales, el primero completamente ajustable que reproduce trayectorias de movimientos exactos de la mandíbula, la indicación de su uso es evaluar el plano oclusal durante los movimientos mandibulares para evitar interferencias, el segundo es el articulador simulado matemáticamente es un articulador de valor promedio que requiere de configuraciones adicionales para reproducir los movimientos mandibulares y la indicación es para reproducir la relación entre las arcadas. El articulador simulado matemáticamente es más fácil de usar y menos costoso. (92)

Recientemente se han introducido técnicas novedosas para transferir los modelos digitales a un articulador virtual, utilizando convencionales de escaneo intraoral, escaneo facial e imágenes por CBCT (Figura 65). (93)



**Figura 65.** Representación del proceso para articular modelos virtuales en articulador. A) Modelos en 3D de CBCT. B) Escaneo intraoral en máxima Intercuspidadación. C) Escaneo intraoral en posición protrusiva. D) Plano de Frankfurt como referencia para la articulación de modelos. E) Superposición de modelos escaneados en máxima Intercuspidadación. F) Modelo en 3D de CBCT donde la línea gris muestra el Plano FH y la línea amarilla la relación de los cóndilos en máxima Intercuspidadación. G) Posición exacta de los cóndilos, la línea discontinua muestra los cóndilos en máxima Intercuspidadación y la línea continua en posición protrusiva. H) Modelos digitales montados en el articulador virtual, la línea azul representa el plano FH y la línea amarilla representa la trayectoria condilar. I) Se muestra la trayectoria condilar de rotación y traslación. (93)

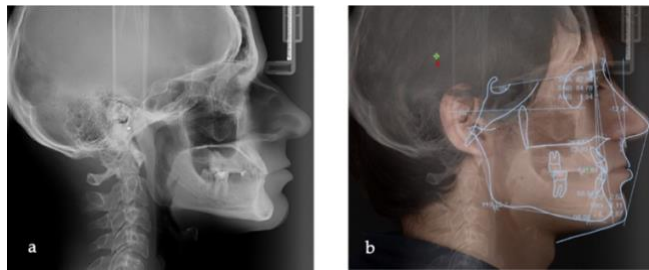
### 6.13.15 Planificación Virtual del Tratamiento (VTO)

Los pacientes que buscan algún tratamiento de Ortodoncia pretenden mejorar su aspecto facial, pero antes de comenzar cualquier tratamiento les surgen dudas respecto a los objetivos finales, la planificación virtual del tratamiento (VTO) es una herramienta que ayuda a obtener imágenes visuales y evaluar el progreso del tratamiento (Figura 66,67). (94)

Ricketts menciona que un VTO se define como un plan virtual para el pronóstico del crecimiento normal del paciente y mejoras anticipadas del tratamiento. (95)

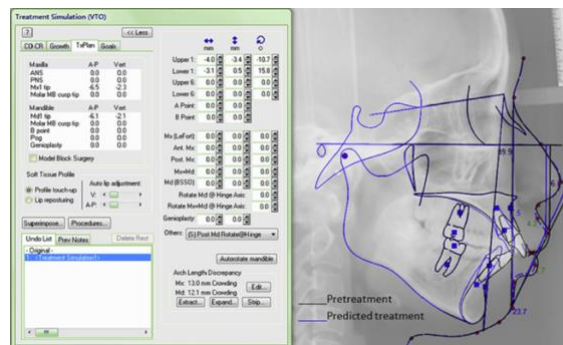


**Figura 66.** A) Fotografía de paciente clase II esquelética. B) Planificación virtual VTO. (96)



**Figura 67.** A) CBCT. B) VTO con trazado cefalométrico 3D. (97)

Existen programas que facilitan la predicción del tratamiento como lo son Dolphin Imaging, DentoFacial Planner Plus, Orthoplan, Quick Ceph Image. El programa Dolphin Imaging (Figura 68) se usa más habitualmente para la medición, análisis cefalométrico y el objetivo visual del tratamiento (VTO) se puede simular todo el proceso del tratamiento con imágenes vividas, simples y evidentes. (98)



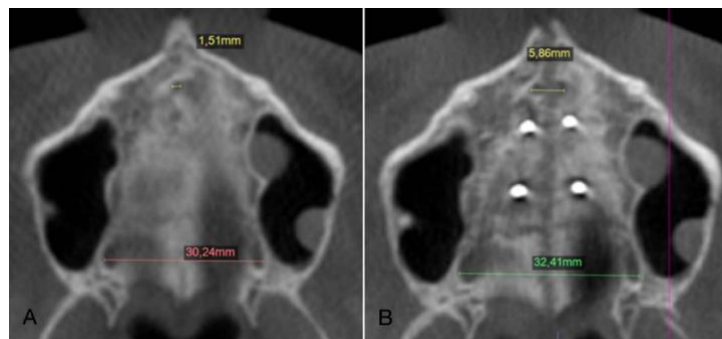
**Figura 68.** Simulación de tratamiento VTO con Dolphin Imaging que muestra los cambios previstos en los tejidos blandos (línea azul) incluido los movimientos

dentales a partir de una superposición cefalométrica. En la imagen derecha se observa la simulación del tratamiento para generar los resultados. (98)

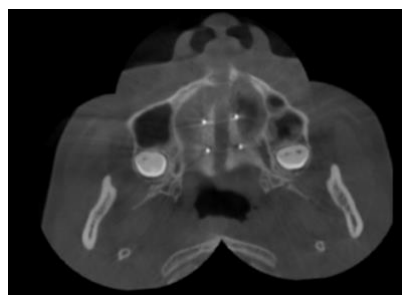
### 6.13.16 Análisis de Expansión Maxilar Asistida por M.A.R.P.E

En 1860 se documentó por primera vez la primera deficiencia transversal maxilar, y con bases biomecánicas se logró la separación ortopédica de las dos mitades de los maxilares (Figura 69,70) ejerciendo fuerzas de expansión en las suturas palatinas, así es como surgió la expansión rápida asistida por mini implantes (MARPE). Actualmente su uso ha demostrado que es eficaz para la corrección de mordidas cruzadas posteriores y discrepancias en los arcos. (99)

Oliveira *et al.* mencionan que se ha observado una tasa del éxito del 86% y una recidiva de 0.07% en tratamientos con uso de MARPE en pacientes adultos jóvenes que presentan deficiencia transversal maxilar. (100)



**Figura 69.** A y B corte axial. A) Procesos palatinos antes de la expansión. B) Después de la expansión palatina. (100)

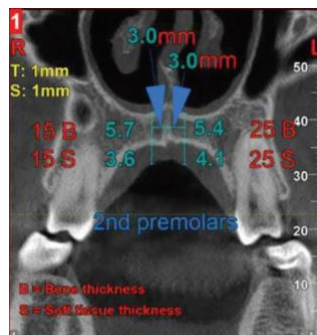


**Figura 70.** Corte axial, se observa la separación de los procesos palatinos. (101)

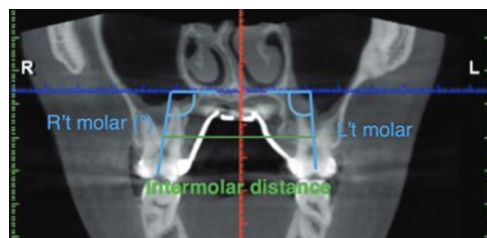
Las deficiencias transversales del maxilar (Figura 71) son muy comunes en la especialidad de Ortodoncia que puede presentarse de varias maneras: los pacientes presentan mordidas cruzadas bilaterales posteriores con apiñamiento dental, mordida cruzada posterior bilateral, causando asimetría facial, trastornos en la articulación temporomandibular y respiradores orales. E.H Angell popularizó el procedimiento de expansión maxilar en 1860. (102)

Proffit *et al.* mencionan que el 30% de la población adulta presenta discrepancias transversales, afortunadamente la expansión platina rápida asistida por micro implantes (Figura 72) se puede utilizar en pacientes que ya terminaron su crecimiento y conseguir los resultados de corrección ortopédica a edades tardías. (103)

Moon recomendó un régimen de activaciones dependiendo la edad de los pacientes como se muestra en la Tabla 5. (103)



**Figura 71.** Corte coronal de CBCT se muestra la mordida cruzada posterior. (102)

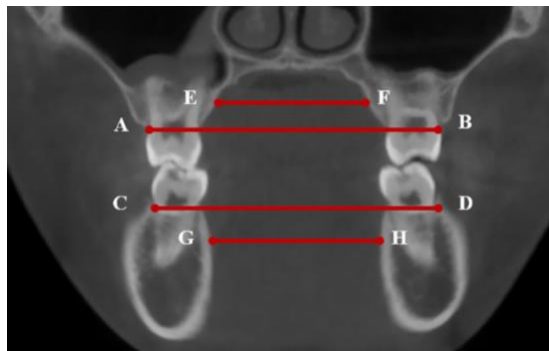


**Figura 72.** Corte coronal de CBCT. Distancia intermolar de los primeros molares superiores y angulación molar. (103)

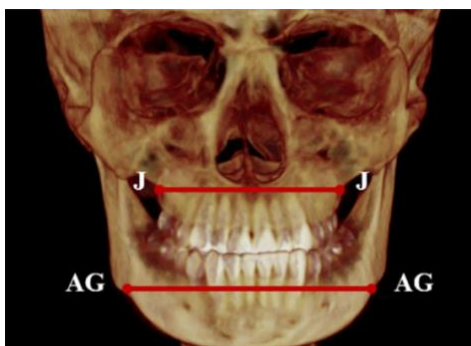
**Tabla 5.** Activación del MARPE sugeridas por Moon. (103)

Rango de edad	Sugerencia de activación
Comienzo de la adolescencia	3-4 activaciones a la semana
Término de la adolescencia	1 activación al día
Adultos menores de 25 años	2 activaciones por día
Adultos mayores de 25 años	2 activaciones o más por día

En el diagnóstico de las deficiencias transversales del maxilar el uso del CBCT (Figura 73,74) es el más utilizado con frecuencia, McNamara *et al* sugirieron un rango promedio del ancho transpalatino (Tabla 6). Sin embargo, algunos investigadores enfatizaron que debe de existir una relación entre el maxilar y la mandíbula, Batwa *et al.* sugieren que existe una relación transversal 1:1 y una relación inferior indica expansión palatina. Otro gran investigador como Andrews *et al.* proponen que si la diferencia del ancho transversal entre la mandíbula y el maxilar es menor a 5 mm el paciente es candidato para diagnosticarlo con deficiencias transversales. (104)



**Figura 73.** Corte coronal de CBCT. Medición transversal: A-B representa el ancho maxilar en la cresta alveolar bucal, C-D ancho mandibular en la cresta alveolar bucal, E-F representa el ancho maxilar a nivel medio de la raíz palatina de primeros molares, G-H representa el ancho mandibular a nivel de la raíz lingual. (104)



**Figura 74.** Reconstrucción en 3D. J-J) representa el ancho del proceso yugal, AG-AG representa el ancho de la escotadura antigonial. (104)

**Tabla 6.** Sugerencia de rangos normales en mediciones maxilares y mandibulares propuesta por McNamara. (104)

<b>Índice de ancho transversal</b>	<b>Sugerencia de rangos</b>
Ancho maxilar en la cresta alveolar	56.96 mm (+-) 4.63 mm
Ancho maxilar a nivel medio de la raíz palatina	28.91 mm (+-) 4.60 mm
Ancho del proceso yugal	63.64 mm (+-) 7.01 mm
Diferencia del ancho maxilomandibular en la cresta alveolar	2.43 mm (+-) 3.22
Diferencia del ancho maxilomandibular a nivel medio de la raíz palatina-lingual	2.59 mm
Diferencia del ancho entre el proceso yugal y el ancho de la escotadura antigonial	16.69 mm

### **6.13.17 Sitios para la colocación de Dispositivos de Anclaje Temporal (TAD's)**

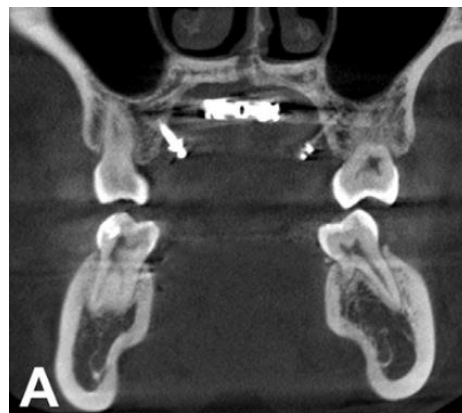
El anclaje esquelético temporal con el uso de los TAD's (Figura 75) es una técnica de la ortodoncia contemporánea. Una de las mayores ventajas es que es una técnica mínimamente invasiva, proporciona anclaje absoluto y no requiere la colaboración del paciente. La localización más frecuente de los TAD's es el hueso

alveolar, seguido del paladar por la excelente densidad ósea que proporcionan para la estabilidad primaria. (105)

En la tabla 7 se muestran algunas de las indicaciones más frecuentes para el uso de los TAD's. (106)

**Tabla 7.** Indicaciones del uso de TAD's. (106)

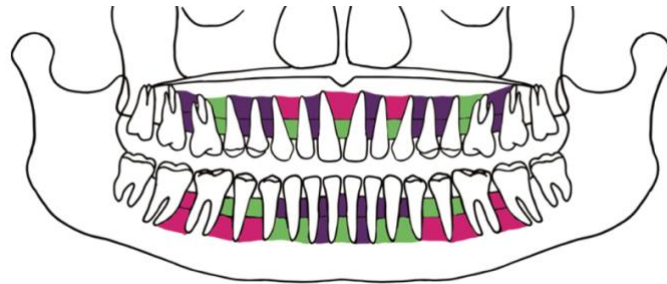
Indicaciones del uso del anclaje temporal
1. Anclaje absoluto
2. Retracción en masa
3. Retracción de caninos o dientes retenidos
4. Retrusión bimaxilar
5. Distalización de molares
6. Intrusión
7. Correcciones del canteo oclusal
8. Corrección de maloclusiones clase II y III



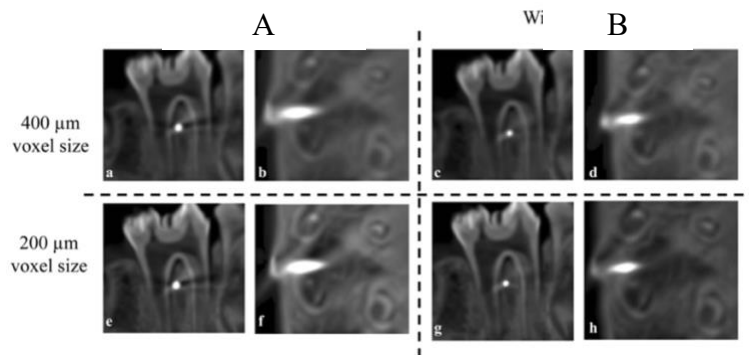
**Figura 75.** Imagen de CBCT corte coronal, se observan la posición de los TAD's en zona palatina. (107)

La mayoría de los lugares de colocación de los TAD's se encuentra en zonas interradiculares (Figura 76), esto presenta una desventaja con uso del CBCT porque los objetos metálicos absorben gran cantidad de radiación, lo cual imposibilita observar claramente los bordes del TAD's con la raíz dental, porque aparecen rayas oscuras en la imagen dando diagnósticos erróneos. Los fabricantes de CBCT

(Promax 3D Mid) más actuales comenzaron a desarrollar algoritmos que reducen o incluso eliminan esta interferencia dando imágenes más claras (Figura 77). Este algoritmo lo denominaron MAR (Reducción de Artefactos Metálicos) los usuarios pueden optar por activar o desactivar esta opción o ajustarlo manualmente reduciendo el tamaño de los voxeles desde 200 $\mu$ m a 400 $\mu$ m. (108)

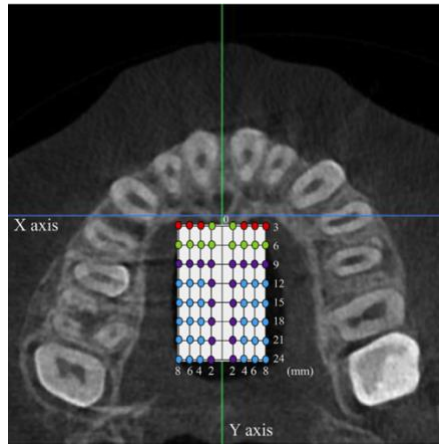


**Figura 76.** Representación de espacios maxilares y mandibulares seguros para colocación de TAD's interradiculares. Zonas rosas existen 3 mm o más de distancia interradicular, Verde igual o mayor de 1.6 mm de distancia interradicular, Morado menor de 1.6 mm de distancia interradicular. (109)



**Figura 77.** Vista de CBCT corte axial y coronal. A) Imágenes sin algoritmo MAR. B) Imágenes con algoritmo MAR. (108)

Las primeras colocaciones de TAD's en la zona del paladar (Figura 78) fue reportada en la década de los noventa por Wehrbein, desde entonces ha sido una zona muy recomendada como sitios ideales para la colocación de micro tornillos de ortodoncia debido a la gran cantidad de hueso y estabilidad que proporcionan.



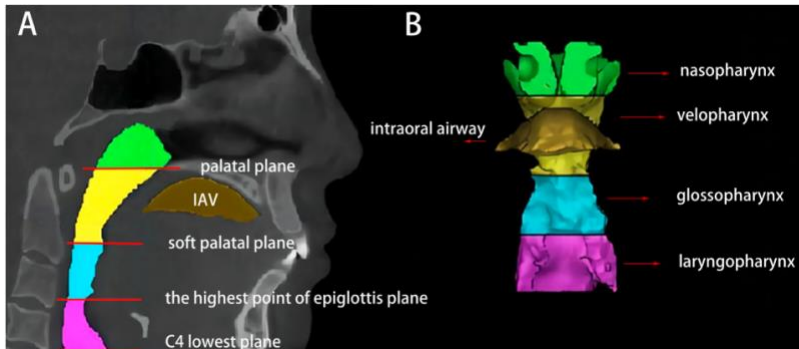
**Figura 78.** Corte axial de CBCT. Zonas seguras de colocación de TADS en paladar. Línea azul (X) representa la zona más posterior del agujero incisivo, y la línea verde (Y) representa la línea media. Círculos rojos zona de precaución (3 mm posterior al agujero incisivo y 4-8 mm lateral a la línea media), Círculos verdes zona segura (6 mm posterior al agujero incisivo y 2-8 mm laterales a la línea media), Círculos azules, zonas más posteriores al agujero incisivo (12 mm posterior al agujero), Círculos morados, denominada zona T y considerada más segura para colocación de TAD's. (110)

### 6.13.18 Vías Aéreas.

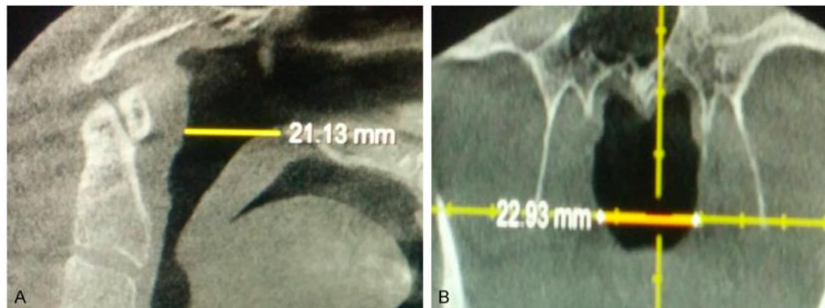
Las principales causas de respiración bucal en pacientes tratados con ortodoncia son la rinitis alérgica, hipertrofia de las adenoides existiendo una relación muy estrecha con maloclusiones, los efectos más comunes reportados en la literatura son resalte aumentado, mordida cruzada anterior y posterior. La característica principal esquelética de es la reducción transversal del maxilar superior y pacientes con maloclusión clase II. (111)

Anteriormente la evaluación de las vías aéreas se realizaba mediante la utilización de la radiografía lateral de cráneo, sin embargo, tiene grandes limitaciones ya que se puede observar cambios dimensionales sagitales, descuidando las dimensiones volumétricas y transversales de las vías aéreas. (112)

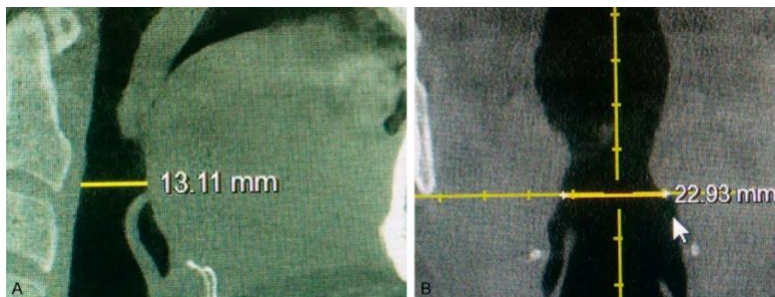
Con las nuevas tecnologías actuales como el uso de CBCT (Figura 79-82) para la evaluación de las vías aéreas ha atraído mucho la atención recientemente en el área del campo de la ortodoncia. (113)



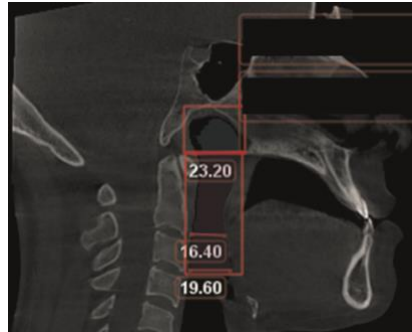
**Figura 79.** A) Vista sagital de vía aérea superior. B) Modelo en 3D de la vía aérea superior y el espacio entre la lengua y el paladar (café), verde espacio nasofaríngeo área desde el techo de la vía aérea hasta el plano de la espina nasal posterior, Amarillo segmento velofaríngeo área comprendida desde la espina nasal posterior hasta el paladar blando, Azul espacio glossofaríngeo segmento desde el paladar blando hasta la epiglotis y Rosa espacio laringofaríngeo espacio comprendido desde la epiglotis hasta c4. (114)



**Figura 80.** A) Vista sagital de la orofaringe con longitud de 21.13 mm. B) vista axial de la orofaringe con una longitud de 22.93 mm. (115)



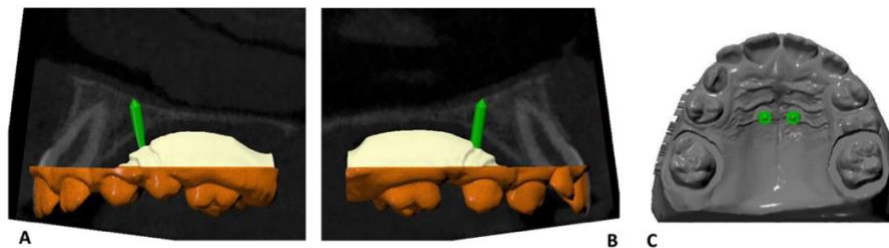
**Figura 81.** A) Vista sagital de la orofaringe con una longitud de 13.11 mm. B) Vista axial de la orofaringe con una longitud de 22.93 mm. (115)



**Figura 82.** Corte sagital, se muestran valores de vía aérea en paciente clase III. (116)

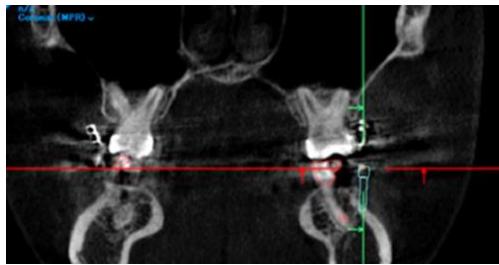
#### 6.13.19 Diseño de guía para dispositivos de anclaje temporal

Las implementaciones de nuevas tecnologías en el campo de ortodoncia han aportado significativamente en muchos aspectos para la práctica clínica, uno de los grandes avances tecnológicos fue la digitalización de los procedimientos guiados para la inserción de TAD's con la ayuda del CBCT mejorando la planificación y el uso de las guías quirúrgicas para las colocaciones más precisas, disminuyen el tiempo de trabajo y minimizan el riesgo de dañar estructuras importantes. Las ventajas del uso de CBCT para las guías de orto implantes es planificar la posición de los mini tornillos bicorticales (Figura 83) que muestran mayor estabilidad y mejores resultados mecánicos y menor porcentaje de fractura. (117)

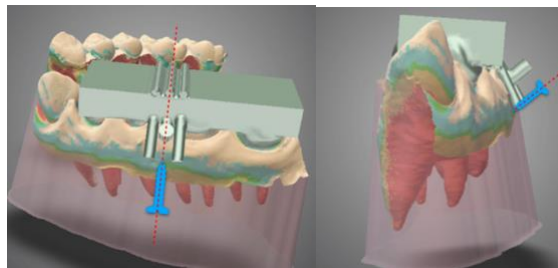


**Figura 83.** Planificación digital de la inserción bicortical de dos TAD's en paladar. A-B) Posición virtual de TAD's en modelos digitales. C) Vista superior del modelo con la posición de los TAD's. (117)

La importancia de usar guías quirúrgicas para la colocación de TAD's nos brinda una mayor posibilidad de éxito en los tratamientos y también a evitar zonas críticas que provoquen traumatismo en la raíz del diente o daños en la membrana periodontal, estas complicaciones ocurren mayormente en la colocación interradicular, el diámetro promedio de los TAD's es de 1.4 y 1.8 mm y, a menudo el hueso interdental no permite esta colocación sin daño alguno a las raíces. (118) El proceso de la guía consiste en valorar las imágenes CBCT (Figura 84) y determinar el lugar de la inserción del TAD para posteriormente extraer los datos DICOM y guardarlos en un formato STL, con escáner intraoral se realiza el escaneo de coronas dentales y encía adherida (Figura 85) y estos datos también se guardan en archivos STL, se diseña la guía quirúrgica en base a los datos STL usados en CBCT y escaneo intraoral para su posterior impresión 3D (Figura 86). (119)



**Figura 84.** Corte coronal CBCT. Se muestra la posición deseada del TAD en color verde. (118)



**Figura 85.** Escaneo intraoral. (119)



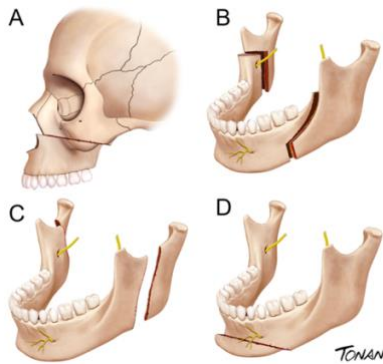
**Figura 86.** Guía para colocación de Orto-implantes. (118)

### 6.13.20 Planificación para tratamientos con Cirugía Ortognática

La Cirugía Ortognática es un procedimiento quirúrgico en el que se segmentan y reposicionan parte de las estructuras faciales (Figura 87) para corregir deformidades dentofaciales congénitas, del desarrollo o adquiridas, mejorando la función, estética y autoestima de los pacientes. Es un trabajo multidisciplinario donde los ortodoncistas están muy vinculados a este tipo de tratamientos, ayudando al diagnóstico, planificación de movimientos de los segmentos óseos, dentales y ejecutar la cirugía. Existen softwares que ayudan a planificar los procedimientos quirúrgicos denominados cirugía ortognática asistida por ordenador estática (SCAOS) como se muestra en la tabla 8. (120)

**Tabla 8.** Softwares disponibles para realizar planificación de Cirugía Ortognática. (120)

Software	Creador
Dolphin 3D Surgery	Dolphin Imaging Solutions, California, USA
IPS CaseDesigner	KLS Martin Manufacturing, Florida, USA
NemoFAB	Nemotec, Madrid, España
ProPlan CMS	Materialize, Bélgica
VSP Orthognathics	3D Sistem, South California, USA
Romexis CMF	Planmeca, Helsinki, Finlandia
AnatomicAligner	Houston Methodist, USA



**Figura 87.** Representación esquemática de cirugía Ortognática. A) Osteotomía Lefort I. B) Osteotomía bilateral de rama mandibular. C) Osteotomía vertical de rama. D) Genioplastia. (121)

Después del tratamiento Ortodóntico prequirúrgico se obtienen imágenes CBCT (Figura 88) e impresiones dentales digitales con escáner intraoral como resultado del tratamiento prequirúrgico. Con este método se puede evaluar la precisión de la configuración previa al tratamiento en tercera dimensión lo que permite una planificación ortognática más predecible desde antes de comenzar con la cirugía. (122)



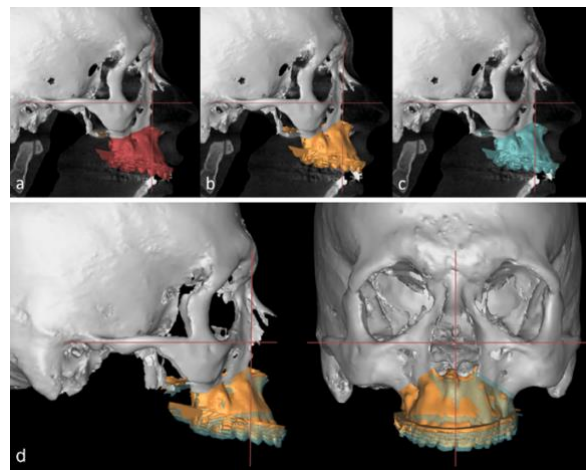
**Figura 88.** Paciente clase III esquelética, planificada para osteotomía bimaxilar. (122)

La planificación virtual de la cirugía ortognática requiere de menos tiempo y es menos costoso que una planificación de cirugía convencional, el procedimiento de este tipo de tratamiento se realiza escaneando al paciente en oclusión y arcadas dentales individuales, los modelos dentales escaneados se alinean con los datos DICOM del escáner CBCT, se procede a realizar osteotomías virtuales

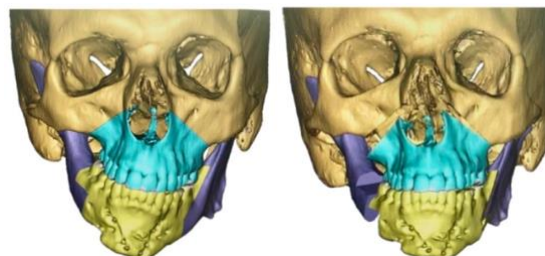
y/o del complejo maxilomandibular (Figura 89-91), se mueven en la posición deseada de acuerdo al plan del tratamiento y se diseñan férulas virtuales. Luego se exportan los archivos a STL y se fabrica su impresión (Figura 92). (123)



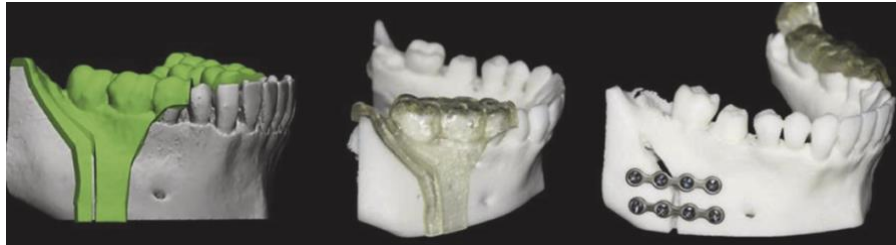
**Figura 89.** Reconstrucción en 3D de CBCT, las flechas muestran las osteotomías diseñadas en cirugía Lefot I con avance maxilar. (121)



**Figura 90.** Reconstrucciones en 3D. A) CBCT posición preoperatoria el maxilar. B- C) Posición del maxilar lograda después del tratamiento ortodóntico. D) Superposición de la posición maxilar planificada (amarilla) y lograda con tratamiento de ortodoncia (verde). (123)



**Figura 91.** Reconstrucción en 3D, a la izquierda de muestra un paciente que presenta laterognacia, a la derecha se muestra la planificación virtual de la corrección de la deformidad. (124)



**Figura 92.** Modelos quirúrgicos de osteotomía sagital parcial bilateral guiada por plantilla (color verde), con cortes bucales y sagitales y fijación con mini placas y tornillos. (125)

## VII. Discusión

El presente proyecto terminal abarca las aplicaciones más recientes del Cone Beam en Ortodoncia, destacándose como una de las herramientas diagnósticas y de planificación tridimensional. El contenido de la presente revisión sistemática se mencionan las ventajas del uso del CBCT a diferencia de las técnicas convencionales como la ortopantomografía y radiografía lateral de cráneo presentando limitaciones como las distorsiones y superposición de las estructuras anatómicas, por el contrario, el uso de CBCT proporciona imágenes tridimensionales en alta resolución que nos permite una mejor evaluación precisa de tejidos duros y blandos, facilitando el diagnóstico.

A pesar de todos los beneficios que nos brinda el CBCT no está exento a exposición de radiaciones ionizantes, aunque las dosis de radiación sean bajas en comparación con una TAC helicoidal, aún sigue siendo un factor crítico, especialmente en pacientes pediátricos quienes son los más susceptibles a cambios celulares, siempre el uso de esta técnica debe de estar justificado.

Otra limitación es un alto coste a diferencia de las técnicas radiográficas convencionales, lo cual pudiera limitar el uso en algunos pacientes. Costos adicionales es la capacitación del clínico para la interpretación de las imágenes 3D y manejo del software, lo que puede representar una barrera para esta nueva implementación diagnóstica.

Con la llegada de la inteligencia artificial (IA) la integración del CBCT para la detección automática de puntos cefalométricos o planificaciones quirúrgicas asistidas por algoritmos promete revolucionar aún más la Ortodoncia, sin embargo, no se considera que sea una solución para reducir tiempos ya que la IA detectaría puntos automáticos siendo que hay variaciones anatómicas entre pacientes.

## VIII. Conclusión

El CBCT (Cone Beam Computed Tomography) en Ortodoncia contemporánea es una herramienta que se ha consolidado necesaria en la actualidad, pues brinda una visión tridimensional que nos ofrece la información necesaria para analizar y planificar tratamientos. A diferencia de las técnicas radiográficas convencionales el CBCT logra brindar una precisión de las estructuras anatómicas, posiciones dentoalveolares, posición de cóndilos mandibulares, vías aéreas y localización de dientes retenidos y/o impactados, lo que nos facilita un correcto diagnóstico. Esta revisión sistemática no solo brinda un panorama actualizado de las aplicaciones del Cone Beam más plausibles en el área de ortodoncia, sino que también reflexiona su uso en casos complejos, a pesar de sus múltiples ventajas el uso del CBCT debe estar justificado por su relación costo-beneficio y por la necesidad clínica específica de cada paciente, minimizando la exposición de dosis de radiación.

El CBCT representa un gran avance en la precisión y calidad de los tratamientos ortodóncicos, marcando una diferencia en la práctica clínica para contribuir al desarrollo de una ortodoncia más precisa.

## IX. Referencias Bibliográficas

1. Hans MG, Palomo M, Valiathan M. History of imaging in orthodontics from Broadbent to cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2015.148(6):914–21.
2. Onur Kadioglu, G. Fräns Currier. Imágenes craneofaciales en 3D. Procedimientos actuales en ortodoncia, cirugía oral y maxilofacial. In Medellín, Colombia: AMOLCA; 2022.3–21.
3. Ruiz-Imbert AC, Cascante-Sequeira D. Grayscale Values in Cone Beam Computed Tomography: Scope and Limitations. Vol. 23, *Odvotos - International Journal of Dental Sciences*. Universidad de Costa Rica; 2021.52–62.
4. Velázquez Ortega Flor Ivonne. La Tomografía como auxiliar de diagnóstico en variaciones anatómicas de molares inferiores. Tesis de licenciatura de Cirujano dentista. Universidad Nacional Autónoma de México; 2020.1-52
5. Carlos Bóveda Z., Jacqueline López G., Tatiana Clavel D. Tomografía Volumétrica Digital - TVD [Internet]. 2012 [cited 2024 Aug 22]. Available from: <https://www.carlosboveda.com/tvd.htm>
6. Abdelkarim A. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics. *dentistry journal* 2019; 7:2–31.
7. Enrique González García. Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de Aplicaciones en Odontología. Segunda Edición. Vol. 1. AMOLCA; 2014
8. Gu Q, Prodduturi N, Jiang J, Flotte TJ, Hart SN. Dicom\_wsi: A Python Implementation for Converting Whole-Slide Images to Digital Imaging and Communications in Medicine Compliant Files. *Journal of Pathology Informatics*. 2021.1(21):1–4.
9. Serna-Serna W, Trujillo-Lemun JP, Rivera-Piedrahita JH. Descripción del estándar DICOM para un acceso confiable a la información de las imágenes médicas. *Scientia Et Technica*. 2010.16(45):289–94.
10. Chrz K, Bruthans J, Ptáčník J, Štuka Č. A Cost-Affordable Methodology of 3D Printing of Bone Fractures Using DICOM Files in Traumatology. *Journal of Medical Systems*. 2024.48(66):57–66.
11. Obrul D, Liu Y, Žalik B. Progressive Visualization of Losslessly Compressed DICOM Files Over the Internet. *J Med Syst*. 2012; 36:1927–33.

12. Fialho-Rodrigues A, Farinazzo-Vitral RW. Aplicações da Tomografia Computadorizada na Odontologia. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria. 2007;7(3):317–24.
13. Wendler G, Nunes-Nassif PA, Malafaia O, Wendler E, Torres-Wendler IB, Marcelli Cirpiani L. Helical Computerized Tomography Can Measure Subcutaneous, Visceral and Total Fat Areas? ABCD Arq Bras Cir Dig. 2021;34(3):1–6.
14. Fu J, Willner M, Chen L, Tan R, Achterhold K, Bech M, et al. Helical differential X-ray phase-contrast computed tomography. Physica Medica. 2014; 30:374–9.
15. Shahbazi-Moghaddam A, Kats J, Katkar R, R Diogenes A, Yeh CK. Implementation of a modified quality assurance protocol for CBCT machines within Ut health San Antonio school of Dentistry. Dentomaxillofacial Radiology. 2020; 49:1–10.
16. Wolf TG, Fischer F, Schulze RK. Correlation of objective image quality and working length measurements in different CBCT machines: An ex vivo study. Scientific Reports. 2020; 10:1–7.
17. Von-Arx T, Lozanoff S, Bornstein MM. Extraoral anatomy in CBCT - a literature review. Part 1: Naso ethmoidal region. SWISS DENTAL. 2019;129(10):804–15.
18. Gruszka K, Aksoy S, Różyło-Kalinowska I, Gülbeş MM, Kalinowski P, Orhan K. A comparative study of paranasal Open Access sinus and nasal cavity anatomic variations between the Polish and Turkish Cypriot Population with CBCT. Head & Face Medicine. 2022;18–37.
19. Von-Arx T, Lozanoff S, Bornstein MM. Extraoral anatomy in CBCT - a literature review. Part 2: Zygomatic-orbital region. SWISS DENTAL. 2020;130(2):126–38.
20. Von-Arx T, Lozanoff S, Bornstein MM. Extraoral anatomy in CBCT - a literature review. Part 3: Retromaxillary region. SWISS DENTAL. 2020;130(3):216–28.
21. Von-Arx T, Lozanoff S, Bornstein MM. Extraoral anatomy in CBCT - a literature review. Part 4: Pharyngocervical region. SWISS DENTAL JOURNAL. 2020;130(10):768–84.
22. Neiza-Rodriguez N. Guía De Práctica De Anatomía Ósea De La Cabeza Dirigida A Estudiantes. Documentos de docencia. 2017; 39:6–17

23. Bornstein M, Buser D. Thickness of the Anterior Maxillary Facial Bone Wall— A Retrospective Radiographic Study Using Cone Beam Computed Tomography. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2011;31(2):125-31
24. Yassaei S, Safi Y, Valian F, Mohammadi A. Evaluation of maxillary arch width and palatal volume and depth in patients with maxillary impacted canine by CBCT. *Heliyon*. 2022;8(10):1–4.
25. Zhou X, Gao X, Zhang J. Bifid mandibular canals: CBCT assessment and macroscopic observation. *Surg Radiol Anat*. 2020.42(9):1073-1079.
26. Shintaku WH, Venturin JS, Azevedo B, Noujeim M. Applications of cone-beam computed tomography in fractures of the maxillofacial complex. *Dent Traumatol*. 2009.25(4):358-66.
27. Alshomrani F. Cone-Beam Computed Tomography (CBCT)-Based Diagnosis of Dental Bone Defects. *Diagnostics*. 2024;14(1404):1–18.
28. Yalcin ED, Ararat E. Cone-Beam Computed Tomography Study of Mandibular Condylar Morphology. *The Journal of Craniofacial Surgery*. 2019;30(8):2621–4.
29. Kotanlı S, Uluisık N, Ergin MO. The relationship between bony changes of the mandibular condyle and Eichner index. *Journal of Clinical Densitometry: Assessment & Management of Musculoskeletal Health*. 2024; 27:1–7.
30. Khursheed- Alam M, Kumar -Ganji K, Srinivas -Munisekhar M, Saleh- Alanazi N, Naif -Alsharif H, Iqbal A, et al. A 3D Cone Beam computed tomography (CBCT) investigation of mandibular condyle morphometry: Gender determination, disparities, asymmetry assessment and relationship with mandibular size. 2021. 33:687–92.
31. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Gonçalves JR, Nieri M, Wolford LM, et al. Cone beam computed tomography evaluation of midpalatal suture maturation in adults. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;1–5.
32. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Bueno-Silva B, McNamara Jr. JA. Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. *Dental Press J Orthod*. 2016 Nov-Dec;21(6):115-25.
33. Whyte A, Boeddinghaus R. The maxillary sinus: physiology, development and imaging anatomy. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019; 48:1–15.
34. Miranda-Viana M, Freitas DQ, Machado AH, Gomes AF, Nejaïm Y. Do the dimensions of the hard palate have a relationship with the volumes of the

- upper airways and maxillary sinuses? A CBCT study. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):2–13.
35. Hodges RJ, Atchison KA, White SC. Impact of cone-beam computed tomography on orthodontic diagnosis and treatment planning. *AJODO*. 2013;143(5):665–74.
  36. Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2015; 44:2–19.
  37. Hwang JJ, Jung YH, Cho BH. The need for DICOM encapsulation of 3D scanning STL data. *Imaging Science in Dentistry*. 2018; 48:301–2.
  38. Becerro A, Calderón PM, Ramos B, Sánchez D. ¿Cómo obtener un modelo de una tomografía axial computarizada? *Labor Dental*. 2021; 21:36–46.
  39. Orhan K, Sanders A, Ünsal G, Ezhov M, Misirli M, Guasarev M, et al. Assessing the reliability of CBCT-based AI-generated STL files in diagnosing osseous changes of the mandibular condyle: a comparative study with ground truth diagnosis. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2023; 52:1–17.
  40. Bueno JM, Gouveia CG, Mundim MBV, Franco A, Junqueira JLC. Effect of decompression and online transmission on the dimensional changes of .stl files generated by intra-oral scanning. *PLOS ONE*. 2022;1–8.
  41. Huutilainen E, Jaanimets R, Valásek J, Marcián P, Salmi M, Tuomi J, Mäkitie A, Wolff J. Inaccuracies in additive manufactured medical skull models caused by the DICOM to STL conversion process. *Elsevier*. 2013;1–7.
  42. Kamio T, Suzuki R, Asaumi R, Kawai T. DICOM segmentation and STL creation for 3D printing: a process and software package comparison for osseous anatomy. *3D Printing*. 2020;6(17):1–24.
  43. Nur RB, Çakan DG, Arun T. Evaluation of facial hard and soft tissue asymmetry using cone-beam computed tomography. *AJODO*. 2016;149(2):225–37
  44. Sanderes DA, Chandhoke TK, Uribe FA, Rigail PH, Nanda R. Quantification of skeletal asymmetries in normal adolescents: cone-beam computed tomography analysis. *Springer*. 2014; 15:1–22.
  45. Kim HJ, Hong M, Park HS. Analysis of dental compensation in patients with facial asymmetry using cone-beam computed tomography. *AJODO*. 2019;156(4):493–501.

46. Halicioglu K, Celikoglu M, Yavuz I, Sekerci AE, Buyuk SK. An evaluation of condylar and ramal vertical asymmetry in adolescents with unilateral and bilateral posterior crossbite using cone beam computed tomography (CBCT). *Australian Orthodontics Journal*. 2014;30(1):11–8.
47. Polizzi A, Quinzi V, Ronsivalle R, Venezia P, Santonocito S, Lo Giudice A, et al. Tooth automatic segmentation from CBCT images: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*. 2023; 27:3363–78.
48. Wang H, Minnema J, Batenburg KJ, Forouzanfar T, Hu FJ, Wu G. Multiclass CBCT Image Segmentation for Orthodontics with Deep Learning. *Journal of Dental Research*. 2021;100(9):943 – 949
49. Dhabale GS, Bhowate RR. Cone-Beam Computed Tomography for Temporomandibular Joint Imaging. *Cureus*. 2022;14(11):1–8.
50. Guerrero-Aguilar A, Flores-Araque ME, Flores-Carrera E. Condylar position and Temporomandibular Joint Space analysis with Cone-beam tomography. *Revista Odontología Vital*. 2021;2(32):6–16.
51. Barghan S, Tetradis S, Mallya SM. Application of cone beam computed tomography for assessment of the temporomandibular joints. *Australian Dental Journal*. 2012; 57:109–18.
52. Shahidi S, Salehi P, Abedi P, Dehbozorgi M, Hamedani S, Berahman N. Comparison of the Bony Changes of TMJ in Patients with and Without TMD Complaints Using CBCT. *J Dent Shiraz Univ Med Sci*. 2018;19(2):142-149.
53. Cassetta M, Stefanelli LV, Carlo DI, Pompa G, Barbato E. The accuracy of CBCT in measuring jaws bone density. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 2012; 16:1425–9.
54. Hassan NA, Al-Jaboori ASK, Al-Radha ASD. Evaluation of Cortical Bone Thickness of Posterior Implant Sites Using CBCT in Iraqi Population. *International Journal of Dentistry*. 2022;1–9.
55. Conde-López S, Fiori-Chicano GA, Llaguno-Rubio J, Arriola-Guillen LE. Use of the cone beam computed tomography for the study of bone density in orthodontic treatment. A review of the literature. *AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA*. 2021;37(4):152–9.
56. Pop SI, Cerghizan D, Mitariu L, Jánosi KM, D'Andrea A . CBCT Evaluation of Alveolar Bone change and root Resorption often Orthodontics Treatment: A Retrospective Study. *Diagnostics*. 2024; 14:2–24.

57. Sadek MM, Gaber RM. Alveolar bone changes around maxillary incisor after intrusion and retraction with controlled tipping versus bodily. *Journal of Orofacial Orthoedics*. 2023;1–30.
58. Hong Y, Zhou MG, Cai CY, Han J, Ning N, Kang T, Chen XP. Efficacy of upper-incisor torque control with clear aligners: a retrospective study using cone-beam computed tomography. *Clinical Oral Investigation*. 2023; 27:3863–73.
59. Maspero C, Gaffuri F, V IO, Lanteri V, Ugolini A, Farronato M. Correlation between Dental Vestibular–Palatal Inclination and Alveolar Bone Remodeling after Orthodontic Treatment: A CBCT Analysis. *Materials*. 2019; 12:2–11.
60. Hong H, Zhou J, Fan Q, Jiao R, Kuang Q, Zhou H, et al. Characteristics of Spatial Changes in Molars and Alveolar Bone Resorption among Patients with Loss of Mandibular First Molars: A CBCT-Based Morphometric Study. *Clinical Medicine*. 2023; 12:2–15.
61. Elfouly D, El-Harouni N, Ismail HA, El-Bialy T, Ghoneima A. Tip, torque and rotation of maxillary molars during distalization using Invisalign: a CBCT study. *BMC Oral*. 2024; 24:1–16.
62. Deng Y, Sun Y, Xu T. Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis. *BMC Oral*. 2018;18(116):2–14.
63. Chandorikar H, Bhad WA. Impact of micro-osteoperforations on root resorption and alveolar bone in en-masse retraction in young adults: A CBCT randomized controlled clinical trial. *International Orthodontics*. 2023; 21:1–10.
64. Samandara A, Papageorgiou SN, Ioannidou-Marathiotou I, Kavvadia-Tsatala S, Papadopoulos MA. Evaluation of orthodontically induced external root resorption following orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Orthodontics*. 2018;1–13.
65. Sadek MM. Root resorption of maxillary incisors after en masse intrusion and retraction with controlled tipping versus bodily movement in adults. *J Orthodont Sci*. 2023;12(67):1–7.
66. Mayarí GT, Gyaami K, Newman- Nartey MA, Akuetteh T. Prevalencia de dientes retenidos en pacientes de Ortodoncia de la Facultad de Estomatología, Universidad de Ghana. *Convención Internacional de Salud, Cuba Salud*. 2022;1–6.
67. Cruz VA, Puebla L. Caninos impactados. Una revisión de la literatura moderna. *RELIGACIÓN*. 2023;8(38):2–16.

68. Horáček M, Dostálová T, Urbanová P, Eliášová H, Špidlen M, Hlišáková P. Maxillary Sinus Volume and Its Effect on Treated Impacted Canines. Prague medical report. 2023;124(2):151–65.
69. Pakbaznejad E, Ilo AM, Waltimo-Sirén J, Ekholm M. Minimum size and positioning of imaging field for CBCT scans of impacted maxillary canines. Clinical Oral Investigations. 2020; 24:879–905.
70. Caroline S, Bornstein MM, Mock L, Heuberger BM, Dietrich T, Katsaros C. Impacted maxillary canines and root resorptions of neighboring teeth: a radiographic analysis using cone-beam computed tomography. European Journal of Orthodontics. 2013; 35:529–38.
71. Kucukkaraca E. Characteristics of Unilaterally Impacted Maxillary Canines and Effect on Environmental Tissues: A CBCT Study. Children. 2023; 10:1–12.
72. Fuentes R, Álvarez G, Garay I, Arias A, Dias FJ. Dientes Supernumerarios Suplementarios en un Paciente Adulto Parcialmente Dentado: Reporte de Caso. Revista internacional de morfología. 2018;36(2):478–82.
73. Stierling C, Ramírez D, Lazo S. Múltiples Dientes Supernumerarios en Paciente Pediátrico No Sindrómico. Una Revisión de la Literatura y Presentación de Caso Clínico. Int J Odontostomat. 2023;17(3):255–63.
74. Oropeza MP. Dientes supernumerarios. Reporte de un caso clínico. Revista Odontológica Mexicana. 2013;17(2):91–6.
75. Jabali AH, Chourasia HR, Wasli, AS, Alkhayrat AM, Mahnashi, HM, Kamly MJ, et al. Taurodontism in maxillary and mandibular molars using cone beam computed tomography in a dental center in Saudi Arabia. ANN SAUDI MED. 2021;41(4):232–7.
76. Sosa MM, Rodríguez H, Landa I, Hernández M. Anomalías dentales. Gaceta Médica Espirituana. 2006;8(1):1–4.
77. Aydın H, Mobaraki S. Comparison of root and canal anatomy of taurodont and normal molar teeth: A retrospective cone-beam computed tomography study. ELSEVIER. 2021; 130:1–9.
78. Akimoto T, Kasaka S, Usuda M, Kametani M, Kaneki A, Nishimura T, et al. Fusion of a tooth with a supernumerary tooth: A case report and literature review of 35 cases. Children. 2024;11(6):1–32.
79. Aristizábal-Eejalde D, Casanova-Sarmiento JA, Guerrero ME, Aliaga-del Castillo A, Ruiz-Mora GA, Rodríguez-Cárdenas YA. Concrescence in anterior

- teeth assessed by cone beam computed tomography. a case report. revista científica odontológica. 2022;10(1):1–8.
80. Herrera-Plasencia PM, Mamani AM, Castillo EA. Exodoncia de diente supernumerarios geminado en maxilar superior. Revista cubana de Medicina Militar. 2023;52(4):1–9.
  81. Giraldo-Mira JF, Velásquez-Velásquez M. Alternativas Ortodónticas-Quirúrgicas para dientes anquilosados. Rev. Nac. Odontol. 2013;75–82.
  82. Cano LA, Moura D, Queiroz D, Olivera ML. A novel method of objectively detecting tooth ankylosis using cone-beam computed tomography: A laboratory study. Imaging Science in Dentistry. 2023; 53:61–7.
  83. Nemeč M, Garzarolli-Thurnlackh G, Lettner S, Nemeč-Neuner H, Gahleitner A, Stavropoulos A, et al. Prevalence and characteristics of and risk factors for impacted teeth with ankylosis and replacement resorption- a retrospective, 3D-radiographic assessment. Progress in Ort. 2024;25–34
  84. Krasny M, Krasny K, Wojtowicz A. Long term outcomes of en-block autotransplantation of a tooth. Springer. 2023; 24:67–73.
  85. Pittayapat P, Limchaichana-Bolstad L, Willems G, Jacobs R. Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review. Orthod Craniofac Res. 2014; 17:69–91.
  86. Ed-Dhahraouy M, Riri H, Ezzahmouly M, Bourzgui F, El A. A new methodology for automatic detection of reference points in 3D cephalometry: A pilot study. International Orthodontics. 2018; 297:1–10.
  87. Mahto RK, Kharbanda OP, Duggal R, Sardana HK. A comparison of cephalometric measurements obtained from two computerized cephalometric software with manual tracings. J Indian Orthod Soc. 2016; 50:162–70.
  88. Gupta A, Kharbanda OP, Sardana V, Balachandran R, Sardana HK. A knowledge-based algorithm for automatic detection of cephalometric landmarks on CBCT images. Int J CARS. 2015;1173–6.
  89. Frongia G, Piancino MG, Bracco AA, Crincoli V, Debernardi CL, Bracco P. Assessment of the Reliability and Repeatability of Landmarks Using 3-D Cephalometric Software. 3-D CEPHALOMETRIC EVALUATION. 2011;255–63.
  90. Wang Y, Wang X, Li L, Cao M. Evaluating sagittal condylar inclination: a comparative analysis of various digital workflow measures. Head & Face Medicine. 2024;20(69):471–9.

91. Özdemir G, Albayrak B, Yüzbaşıoğlu E, Ölçer- Us Y. Virtual articulators, virtual occlusal records and virtual patients in dentistry. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*. 2021; 38:129–35.
92. Lepidi L, Galli, M, Mastrangelo F, Venezia P, Joda T, Wang HL, et al. Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? *Journal of Prosthodontics*. 2020;1–12.
93. Ma L, Liu F, Mei J, Chao, J Wang Z, Shen J. A comparative study to measure the sagittal condylar inclination using mechanical articulator, virtual articulator and jaw tracking device. *The Journal of Advanced Prosthodontics*. 2023; 15:1–11.
94. Sankrit S, Gupta A, Tiwari DK, Chandana AK, Bhattacharya Pbhandari R, et al. Reliability of Software Prediction of Post Orthodontic Treatment Changes. *Journal of Indian Orthodontic Society*. 2023;57(4):246–51.
95. Khan K, Shaheed S, Khan A, Ul-Hassan F, Mushtaq N, Iftikhar A. Comparison of Positive Clinical and Computerized Visual Treatment Objectives in Prediction of Soft Tissue Profile of Skeletal Class II Patients. *Egyptian Orthodontic Journal*. 2024; 65:129–40.
96. Sawant HR, Jawdekar AM, Gangurde PV, Dhone SA. Esthetic Twin Block Approach for Correction of Developing Class II Division 1 Malocclusion of an 11-year-old Female Patient: A Case Report. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2024;1182–8.
97. Pop SI, Procopciuc A, Mitariu L, Pop RV. Personalized and Complex Esthetic Oral in a Case of Non-Syndromic Oligodontia. *J Pers Med*. 2024;14(1–30).
98. Zhang X, Mei L, Yan X, Wei J, Li Y, Li H, et al. Accuracy of computer-aided prediction in soft tissue changes after orthodontic treatment. *AJODO*. 2019; 156:823–31.
99. Chun J, Regal de Castro AC, Oh S, Kim KH, Choi SH, Nojima LI, et al. Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and Mini screw-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. *BMC Oral Health*. 2022;22(114):2–14.
100. Oliveira CB, Ayub P, Angelieri F, Murata WH, Suzuki SS, Ravellif DB, et al. Evaluation of factors related to the success of Mini screw-assisted rapid palatal expansion. *Angle Orthodontics*. 2020;91(2):187–94.
101. Shih S-N, Ho KH, Wang KL, Hsieh SC, Chang HM. Management of Class III Malocclusion and Maxillary Transverse Deficiency with Micro Implant-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE): A Case Report. *Medicina*. 2022; 58:2–13.

102. Yalda FA, Chawshli OF, Al-Talabani SZ, Ali SH, Shihab OI Evaluation of Palatal Thickness for the Placement of MARPE Device among a Cohort of Iraqi-Kurdish Population: A Retrospective CBCT Study. *International journal of Dentistry*. 2024;2–20.
103. Liao YC, Ho KH, Wang CW, Wang KL, Hsieh SC, Chang HM. Skeletal and dental changes offer micro implant-assisted rapid palatal expansion (MARPE)- a Cephalometric and Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) study. *Clinical and Investigative Orthodontics*. 2022;8(12):84–92.
104. Ye G, Li Q, Guo Z, Yu X, Xu Y, Ding W, et al. Comparative evaluation of transverse width indices for diagnosing maxillary transverse deficiency. *BMC Oral*. 2024;24(808):2–19.
105. Eigen-Willig P, Ludwig B, Bumann A. Safe and Precise TAD Placement in the Anterior Palate with Simple and Inexpensive TAD Guides. *Temporary Anchorage Devices in Clinical Orthodontics*. 2020;577–86.
106. Umalkar SS, Jadhav VV, Paul P, Reche A. Modern Anchorage Systems in Orthodontics. *Cureus*. 2022;14(11):2–10.
107. Becker K, Unland J, Wilmes B, Tarraf NE, Drescher D. Is there an ideal insertion angle and position for orthodontic mini implants in the anterior palate? A CBCT study in humans. *AJODO*. 2019;156(345–54).
108. McLaughlin V, Liu J, Kalim S, Nguyen K, Kim DG, Sun Z. Application of metal artifact reduction algorithm for CBCT diagnosis of temporary anchorage device–tooth root contact: inadequate to reduce false- positive rate. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2023; 52:1–8.
109. Figueroa M, Zafe F, Cortínez SC, Gallardo V. Sitios anatómicos para la inserción de micro tornillos interradiculares como dispositivos de anclaje temporal en tratamientos de ortodoncia. *Odontol Sanmarquina*. 2021;24(1):61–8.
110. Changa CJ, Lin WCH, Chen MY, Chang HCh. Evaluation of total bone and cortical bone thickness of the palate for temporary anchorage device insertion. *Journal of Dental Sci*. 2021; 16:636–42.
111. Festa P, Mansi N, Varricchio AM, Savoia F, Calì C, Marraudino C, et al. Association between upper airway obstruction and malocclusion in mouth-breathing children. *ACTA OTORHINOLARYNGOLOGICA ITALICA*. 2021; 41:436–42.
112. Steegman RM, Renkema AM, Schoeman A, Kuijpers-Jagtman AM, Ren Y. Volumetric changes in the upper airway on CBCT after dentofacial

- orthopedic interventions - a systematic review. *Clinical Oral Investigations*. 2023; 27:5737–54.
113. Elagib T, Kyung HM, Hung BQ, Hong M. Assessment of pharyngeal airway in Korean adolescents according to skeletal pattern, sex, and cervical vertebral maturation: A cross-sectional CBCT study. *THE KOREAN JOURNAL OF ORTHODONTICS*. 2022;52(5):345–53.
  114. Liu Y, Chen W, Wei Y, Zhang G, Zhang X, Sharhan HM et al. The effect of orthodontic vertical control on the changes in the upper airway size and tongue and hyoid position in adult patients with hyperdivergent skeletal class II. *BMC Oral Health*. 2022; 22:2–11.
  115. Jafari-Pozve N, Kiani H, Aryanezhad SS. Comparing dimensions of upper airway in patients with nasal septal deviation and healthy people in CBCT. *Am J Nucl Med Mol Imaging*. 2022;12(1):33–40.
  116. Vidal-Manyari PA, Arriola-Guillen LE, Jimenez-Valdivia LM, Dias-Da-Silveira HL, Boessio-Vizzotto M. Upper airways evaluation in young adults with an anterior open bite: A CBCT retrospective controlled and cross-sectional study. *International Orthodontics*. 2020; 18:276–85.
  117. Pozzan L, Migliorati M, Dinelli L, Riatti R, Torelli L, Di Leonardo R, et al. Accuracy of the digital workflow for guided insertion of orthodontic palatal TAD's: a step-by-step 3D analysis. *Progress in Orthodontics*. 2022;23–7.
  118. Aonuma M, Shirahama S, Shimizu A, Romanec C, Anka G. The Surgical Guides for TADs: The Rational and Laboratory Procedures. *PrePrints*. 2023; 1:3–16.
  119. Ikenaka R, Koizumi S, Park H, Shimura M, Seimiya K, Fuchida S, et al. Accuracy of Orthodontic Anchor Screw Placement Using a 3D-Printed Surgical Guide. *Cureus*. 2024;16(8):2–13.
  120. Apostolakis D, Michelinakis G, Kamposiora P, Papavasiliou G. The current state of computer assisted orthognathic surgery: A narrative review. *ELSEVIER*. 2022; 119:1–11.
  121. Loureiro RM, Collin J, Sumi DV, Araújo LC, Murakoshi RW, Gomes RLE, et al. Postoperative CT findings of orthognathic surgery and its complications: A guide for radiologists. *J Neuroradiol*. 2021;1–16.
  122. De-Waard O, Baan F, Bruggink R, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM, Ongkosuwito EM. The Prediction Accuracy of Digital Orthodontic Setups for The Orthodontic Phase before Orthognathic Surgery. *J Clin Med*. 2022; 11:1–24.

123. Quast A, Santander P, Kahlmeir T, Moser N, Schliephake H, Meyer-Marcotty P. Predictability of maxillary positioning: a 3D comparison of virtual and conventional orthognathic surgery planning. *Head and Face Medicine*. 2021;17–27.
124. Kerkfeld V, Schorn L, Depprich R, Lommen J, Walkat M, Kübler N, et al. Simultaneous PSI-Based Orthognathic and PEEK Bone Augmentation Surgery Leads to Improved Symmetric Facial Appearance in Craniofacial Malformations. *Journal of Personalized Medicine*. 2022; 12:2–19.
125. Shujaat S, Da-costa O, Shaheen E, Politis C, Jacobs R. Visual and haptic perceptibility of 3D printed skeletal models in orthognathic surgery. *Journal of Dentistry*. 2021;2–8.

## X. Anexos



La Universidad Autónoma del Estado de México  
El Cuerpo Académico Salud • Enfermedad Bucal de la Facultad de Odontología de la UAEMex,

otorga la presente

# Constancia

a: **Arnoldo Flores Muñoz, Rogelio José Scougall Vilchis,  
Miguel Felipe García Blanquel, Claudia Centeno Pedraza**

Por la presentación del trabajo de Especialidad Investigación titulado

**Aplicaciones del cone beam en ortodoncia contemporánea.  
Revisión sistemática**

**XVI** COLOQUIO  
**Nacional**

COLOQUIO  
**Internacional IV**

**de Investigación en Salud-Enfermedad Bucal**

Toluca, Estado de México

**PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO**

*2025, 195 Años de la Apertura del Instituto Literario en la Ciudad de Toluca*

**9 y 10 de abril de 2025**



**Doctor en Ciencias de la Salud**  
**Ulises Velázquez Enriquez**  
Director  
Facultad de Odontología



**Doctora en Odontología**  
**Rosalía Contreras Bulnes**  
Líder del Cuerpo Académico

