



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

ANÁLISIS CEFALOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL;  
AUXILIAR DE DIAGNÓSTICO EN ORTODONCIA.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

ALEJANDRA PATRICIA HERNÁNDEZ CAMPOS

TUTORA: Mtra. GLADYS GUADALUPE TOLEDO HIRAY

MÉXICO, D.F.

2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



**ESTE TRABAJO LO DEDICO Y LE AGRADEZCO A:**

*Agradezco a Dios por tantas bendiciones recibidas; por haberme permitido llegar a realizar este logro.*

*A mi Universidad Nacional Autónoma De México que con orgullo llevare en mi corazón y me dio la oportunidad de ser parte de ella.*

*A la facultad de Odontología porque en ella encontré mi segundo hogar y por todo el conocimiento obtenido en sus aulas, por poner a nuestro alcance profesores que dan lo mejor para que sus alumnos tengan el conocimiento y realicen su práctica profesional con ética.*

*A mis profesores que estuvieron a lo largo de mi carrera, gracias por sus consejos y enseñanzas. De cada uno obtuve un conocimiento esencial para mi formación como profesional.*

*A la Esp. Fabiola Trujillo Steves por sus enseñanzas y compromiso en este seminario.*

*A mi tutora la Mtra. Gladys Guadalupe Toledo Hiray por guiarme en la realización de este proyecto tan importante, por compartirlo conmigo, por el tiempo brindado, por sus enseñanzas, consejos y paciencia. ¡Gracias Doctora!*

*A C.D Karla Aizpuru Gutiérrez por despertar el interés hacia esta hermosa profesión, porque en usted encontré un ejemplo que seguir, por hacer que me enamorara de la odontología al ver la dedicación, amor y paciencia que le pone a su práctica.*

*Doctora muchas gracias por ser mi apoyo desde el primer momento en que entre a esta carrera hasta el día de hoy, es parte fundamental en mi formación, gracias por estar ahí siempre, jamás olvidare todo lo que ha hecho por mí, le tengo un cariño inmenso. ¡Gracias de todo corazón!*

*A mis amigos Vero, Carlos, Fanny, Wendy por todas las experiencias que vivimos juntos a lo largo de estos años de carrea.*

*A Miguel Angel Sandoval Esquivel por tu apoyo en cada momento, por tus consejos, por estar a mi lado siempre, por compartir conmigo todos mis triunfos y fracasos, por aguantar mis enojos, y tener esas palabras de aliento cuando las necesite. Gracias por el cariño que me has brindado.*

*Gracias a mi familia por estar en las buenas y en las malas, por todos esos momentos que hemos vivido de alegría y tristeza, por lo que aprendemos juntos y por todo lo bueno que vendrá. Gracias por ser mi familia y cada uno de ustedes tienen un lugar especial en mi corazón.*



*A mi segunda mamá Viky por tu cariño y cuidado incondicional que siempre me has dado, porque siempre cuento con tus abrazos y besos. Te amo con todo mi corazón.*

*A mi hermanito César por ser la mejor compañía, por todas esas travesuras, peleas, locuras y regaños que hemos vivido juntos. Te quiero hermanito.*

*A mis padres Martha Patricia Campos Luna y Alejandro German Hernández Lucas, las personas más importantes de mi vida. Gracias por ser incondicionales, por el esfuerzo que hicieron para que mi sueño se cumpliera, por su cariño, comprensión y por todo lo que siguen haciendo por mí. A ustedes les debo todo lo que ahora soy, gracias por brindarme la oportunidad de estudiar, por educarme como una persona de bien y guiar siempre mi camino. ¡Los amo!*

*Este logro no es mío, es de nosotros.*

*Para una persona muy especial, Chuchuy, sé que te sientes orgulloso. Aún recuerdo tu promesa de nunca dejarme sola y estar en estos momentos a mi lado; las promesas se cumplen, ahora entiendo que tú lo hiciste porque jamás me has dejado eres mi ángel y vas a estar conmigo en este y otros momentos de mi vida. Tú siempre estarás en mi corazón. Te extraño tanto...*

*Al término de esta etapa de mi vida, quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad.*

*Alejandra Patricia Hernández Campos.*



---

***No te rindas, por favor no cedas, aunque el frío queme, aunque el miedo muerda, aunque el sol se esconda, y se calle el viento, aún hay fuego en tu alma, aún hay vida en tus sueños. Porque la vida es tuya y tuyo también el deseo, porque cada día es un comienzo nuevo, porque esta es la hora y el mejor momento.***

*Mario Benedetti*

---





## **ÍNDICE**

<b>CONTENIDO.</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Propósito.....</b>	<b>9</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>9</b>
<b><u>CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.</u></b>	
1.1 Röntgen y el descubrimiento de los rayos X.....	10
1.2 Rayos X en odontología.....	11
1.3 Hounsfield y la tomografía computarizada.....	14
1.4 Evolución de la tomografía computarizada.....	15
1.5 De la antropometría a la cefalometría.....	17
<b><u>CAPÍTULO 2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.</u></b>	
2.1 Tecnología de la Tomografía Computarizada.....	22
2.2 Tipos de tomógrafos computarizados.....	24
2.3 Tomografía computarizada de haz cónico.....	25
<b><u>CAPÍTULO 3. TOMOGRAFÍA CONE BEAM APLICACIONES CLÍNICAS EN ODONTOLOGÍA.</u></b>	
3.1 Diagnóstico de caries.....	27
3.2 Evaluación periodontal.....	28
3.3 Endodoncia.....	28
3.4 Identificación de fracturas dentarias.....	29
3.5 Anomalías en la forma y el número de dientes.....	30
3.6 Lesiones patológicas del hueso.....	30
3.7 Implantología.....	31
<b><u>CAPÍTULO 4. TOMOGRAFÍA CONE BEAM APLICACIONES CLÍNICAS EN ORTODONCIA.</u></b>	
4.1 Cefalometría 3D.....	34
4.2 Desarrollo de la oclusión en 3D.....	35
4.3 Densidad ósea radicular.....	35



4.4	Dientes retenidos e impactados.....	36
4.5	ATM.....	37
4.6	Determinación del volumen, forma y posición de los huesos.	40
4.7	Evaluación de injerto de hueso alveolar en pacientes con hendidura palatina.....	41
4.8	Vías respiratorias.....	41
4.9	Modelos virtuales.....	42
4.10	Superposiciones.....	43
4.11	Planificación de TAD.....	43

### **CAPÍTULO 5. CEFALOMETRÍA TRIDIMENSIONAL.**

5.1	Principios de obtención de imágenes.....	46
5.2	Análisis cefalométrico 3D.....	47
5.3	Planos de referencia.....	47
5.4	Puntos sobre el tejido blando.....	53
5.5	Puntos esqueléticos.....	56
5.6	Puntos dentales.....	59
5.7	Medidas lineales.....	61
5.8	Puntos necesarios en el análisis cefalométrico.....	62
5.9	Aplicaciones de los análisis cefalométricos 3D.....	67
5.10	Comparación imágenes 2D y 3D.....	68
5.11	Software para cefalometría 3D.....	71
5.12	Ventajas y desventajas de la cefalometría 3D.....	75
	<b>Conclusiones.....</b>	<b>76</b>
	<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>77</b>



## INTRODUCCIÓN.

La cefalometría, etimológicamente proviene del griego kephal “cabeza” y metría “proceso de medir” que significa “proceso de medir la cabeza”. Las medidas se realizan generalmente con radiografías y es basada en la localización de puntos óseos, heredados de mediciones antropométricas (craneométricas) aplicadas en cráneos, que son fácilmente reconocibles, para poder medir ángulos o dimensiones lineales del cráneo y la cara. Tiene un interés importante en estomatología, sobre todo en ortodoncia ya que uno de los métodos diagnósticos más empleados en esta especialidad es el análisis cefalométrico.

La cefalometría radiográfica, medición de la cabeza con rayos X, consiste en aplicar las técnicas radiográficas al estudio de la cabeza humana. Permite ver lo oculto, lo no visible y es una herramienta clave tanto para la medición del cráneo, la cara, los maxilares, la posición dentaria y sus respectivas relaciones espaciales, como para establecer un diagnóstico, valorar la evolución y resultado final del tratamiento o para valorar el crecimiento y el desarrollo en la forma de la cara.

Sin embargo el análisis radiográfico cefalométrico tiene una serie de limitaciones puesto que reduce a dos dimensiones (2D) una estructura que es tridimensional (3D) y por tanto proyecta sobre una misma placa todas las estructuras. Cuando se realiza una telerradiografía de cráneo lateral, posteroanterior o basilar se produce una superposición de las diferentes estructuras, creando dificultades a la hora de identificar y de realizar un análisis adecuado. Además, tiene una serie de limitaciones técnicas ya que las imágenes que se obtienen pueden sufrir algún tipo de magnificación o distorsión bien por errores asociados a los aparatos de rayos X o por errores de orientación de la cabeza del paciente que dependen de él mismo o del profesional que las realiza si no ha sido previamente instruido de un modo correcto en la toma de las mismas.



Los problemas anteriores se solucionaron con la aparición de la tomografía computarizada médica convencional (TC) como elemento diagnóstico que nos permitía analizar las estructuras tridimensionales en las tres dimensiones del espacio, proporcionando una imagen más real, aunque los elevados costes económicos y de reconstrucción en 3D y las altas dosis de radiación que recibían los pacientes limitaban su uso en la práctica clínica diaria.

Consecuencia de la búsqueda por obtener una reducción en estas dosis de radiación a las que se exponía el paciente, por lograr una elevada resolución espacial y por conseguir una reducción de los costes económicos que suponía el TC, surgió un nuevo tipo de tomografía computarizada de haz cónico (Cone Beam Computed Tomography- CBCT).

De este modo las dosis de radiación se consiguieron minimizar, siendo estas más similares a las dosis recibidas al realizar las radiografías diagnósticas convencionales. Además, los cortes obtenidos son más finos que con un TC, proporcionando una mayor precisión en los tres planos del espacio. Todas estas características han aumentado la disponibilidad y accesibilidad a la realización de este registro diagnóstico.

Los sistemas modernos de CBCT aplicados a la región oral y maxilofacial, suponen una herramienta diagnóstica de gran ayuda en odontología y en concreto en ortodoncia.

La introducción de herramientas diagnósticas como el CBCT y su aplicación clínica a la imagen craneofacial en 3D es una de las materias más interesantes y más novedosas actualmente en odontología y, por ello, hace necesaria la actualización y la investigación en esta materia ya que una de las cuestiones que se plantean en el diagnóstico ortodóncico, es conocer la posibilidad de guiarse por la cefalometría 3D sin necesidad de realizar los trazados convencionales en 2D.

Puesto que con esta nueva tecnología se han conseguido eliminar las superposiciones de estructuras que aparecían en las radiografías convencionales y que servían para definir una serie de puntos radiológicos, es



absolutamente necesario el entrenamiento del clínico y su adaptación a la localización de los puntos cefalométricos que representan únicamente estructuras anatómicas y no radiológicas en cada uno de los cortes que existen en los tres planos del espacio.

Permitiendo la selección de aquellos puntos que sean interesantes en este tipo de registros tridimensionales y la introducción de líneas y planos de referencia que permitan el estudio preciso de las diferentes estructuras craneofaciales y de sus relaciones mediante la creación de análisis cefalométricos adecuados a la realidad tridimensional.



## **PROPÓSITO:**

- ⊙ Dar a conocer la cefalometría tridimensional como auxiliar diagnóstico en el plan de tratamiento ortopédico y ortodóntico.

## **OBJETIVO GENERAL:**

- ⊙ Conocer una herramienta de diagnóstico capaz de reproducir la morfología craneofacial del paciente en las tres dimensiones del espacio de forma estática y dinámica.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO:**

- ⊙ Conocer los antecedentes históricos de la tomografía computarizada, sus evoluciones y tipos de tomografías existentes.
- ⊙ Describir las aplicaciones de las imágenes tridimensionales en odontología.
- ⊙ Definir un grupo de puntos y planos referencia que nos ayudan a la obtención de medidas lineares, angulares y volumétricas del análisis cefalométrico tridimensional.
- ⊙ Examinar las ventajas y desventajas del análisis cefalométrico tridimensional con el análisis cefalométrico convencional.



## CAPÍTULO I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

### 1.1 Röntgen y el descubrimiento de los rayos X.

El viernes 8 de noviembre de 1895, Wihcilm Conrad Röntgen estaba experimentando con los tubos de rayos catódicos, diseñados principalmente por los científicos Crookes, Hittorf y Lenard, cuando notó que si hacía pasar corriente de alta tensión por uno de estos tubos de vacío, previamente recubierto con pedazos de cartón negro para eliminar su intensa luminosidad, se producía simultáneamente una luz fluorescente en una pantalla de platino-cianuro de bario colocada a cierta distancia en un banco.<sup>1</sup>

Röntgen colocó la mano de su esposa en un cassette cargado con una placa fotográfica e hizo una exposición de quince minutos. En la placa revelada, aparecieron claramente los huesos de su mano, dentro de la sombra oscura de los tejidos blandos circundantes y también los anillos que llevaba puestos (Figura 1).<sup>1</sup>

A estos rayos, por desconocer sus características los llamo "X".

Por este descubrimiento le fue otorgado el premio Nobel de Física el 10 de diciembre de 1901. Fallece en Munich, el 10 de febrero de 1923 a la edad de 78 años.<sup>2</sup>



**Fig. 1 Wihcilm Conrad Röntgen.**

Fuente: <http://imagenesespc.blogspot.mx/2011/10/historia-de-los-rayos-x.html>



## 1.2 Rayos X en Odontología.

Posterior al descubrimiento de Röntgen, varios personajes colaboraron en el aporte que tendrían los rayos X en la Odontología.<sup>3</sup>

- Friedrich Otto Walkhoff (1860-1934).

Utilizo una placa de vidrio fotográfica ordinaria envuelto en un dique de goma como un receptor de imagen.

Fritz Giesel, hizo una imagen radiográfica de Walkhoff de molares con un tiempo de exposición de 25 minutos.<sup>3</sup>

Otto Walkhoff (Figura 2) y Fritz Giesel establecieron el primer laboratorio radiológico dental en el mundo. En 1898, Walkhoff logró hacer radiografías extra orales con un tiempo de exposición de 30 minutos. La pérdida de cabello se observó en el lado de la cabeza de algunos de los pacientes después de la irradiación. En 1927, Fritz Giesel murió de metástasis carcinoma causado por exposición a la radiación pesada de las manos.<sup>3</sup>



**Fig. 2 Friedrich Otto Walkhoff**

Fuente: <http://www.kumc.edu/dc/pc/walkhoff.jpg>

- Wilhelm Konig.

El 2 de febrero de 1896, el físico Wilhelm Konig de Alemania, hace 14 imágenes dentales de su propia boca. Cada imagen requiere un tiempo de exposición de 9 minutos. Imágenes de Konig mostraron claramente las obturaciones en los dientes y era de buena calidad, ya que utilizó un "tubo de



enfoque", que dio como resultado una producción más la penetrante, enfocando los rayos x. Esta concentración de rayos requiere un tiempo de exposición notablemente más corto. <sup>3</sup>.

- William James Morton, (1845-1920).

Morton, un médico de Nueva York, hizo una radiografía dental en 1896. Más tarde, en la reunión de la Sociedad Odontológica de Nueva York, describió su aparato radiográfico y exponen las radiografías que mostraron restauraciones. Comentó sobre las quemaduras por radiación y lesiones causadas por radiografía, "tan grande era el impulso para investigar el descubrimiento de Röntgen, que un grupo de aparatos ineficientes se colocó en manos ineficientes. Las quemaduras, necrosis dérmica y la depilación registrados fueron invariablemente debido a exposiciones largas, o la cercanía del paciente al tubo debido al aparato de rayos X ineficiente".<sup>3</sup>.

- Charles Edmund Kells, (1865-1928).

La primera radiografía dental en un paciente fue hecho por Edmund Kells (Figura 3) de Nueva Orleans en 1896; para mantener la película en su sitio dentro de la cavidad oral, Kells inventó el primer soporte de película de aluminio y gutapercha. En julio de 1896 Kells señaló que era esencial que la placa de la película o el vidrio se colocará lo más cerca posible del objeto y al mismo tiempo, en paralelo a sus superficies planas para evitar la distorsión. Así fue el primer defensor del ángulo recto o técnica paralela en la toma de radiografías intraorales. Edmund Kells se convirtió en el primer dentista en usar la radiografía en la terapia de conducto radicular. Kells tenía más de treinta inventos y patentes. Uno de sus inventos que le ha ganado la gratitud eterna de los cirujanos de todo el mundo es el aparato de succión para la aspiración de fluidos y el riego de las cavidades en el cuerpo humano durante los procedimientos quirúrgicos. En 1906, Kells se dio cuenta de la presencia de queratosis en sus manos. Durante los próximos 14 años las úlceras



(dermatitis ulcerosa) aparecieron en sus manos. Más tarde, varios carcinomas epidermoides comenzaron a crecer en su piel. En 1926, los cirujanos en el Hospital Johns Hopkins amputaron el brazo izquierdo. El carcinoma como resultado de la radiación X realizó metástasis en su corazón y pulmones. El 7 de mayo de 1928, después de años de dolor insoportable, se quitó la vida por arma de fuego.<sup>3</sup>



**Fig. 3 Charles Edmund Kells.**

Fuente: <http://www.danieldemers.com/Ouch-ouch-ouch-Page1.php>

- William Herbert Rollins, (1852-1929).

Poco después del descubrimiento de los rayos X, William Herbert Rollins comenzó a investigar las propiedades del haz de rayos X. En julio de 1896, diseñó y utilizó una cámara intraoral (casete) y un fluoroscopio oral. Además, inventó un brazo de rayos X y el soporte para el consultorio dental aunque nunca fue fabricado comercialmente. En enero de 1898, mientras realizaba la exposición de la mano a un tubo de gas evacuado de alta tensión, Rollins sufrió una quemadura grave. Esto despertó su interés en la protección contra las radiaciones y se convirtió en el principal defensor de la protección radiológica. El exhortó a los radiólogos para utilizar una exposición más pequeña que podría cumplir la tarea de diagnóstico. Sus experimentos revelaron efectos



fisiológicos adversos asociados con la exposición de rayos X. Recomendó tres medidas cautelares:

- 1) El uso de gafas Radiopacas (con plomo).
- 2) Encerrar el tubo de rayos X en plomo (u otro no radiable).
- 3) Sólo irradiar el área de interés del paciente y ocultar todas las áreas adyacentes con materiales radiopacos.

En 1903, Rollins sugirió el uso de la filtración selectiva del haz de rayos x. <sup>3</sup>

- William D. Coolidge, (1874-1975).

El ingeniero electricista William D. Coolidge, creó el primer tubo caliente de rayos X catódicos en el año de 1913. Se trataba de un dispositivo de alto vacío que contenía un filamento de tungsteno. Este tubo se convirtió en el prototipo de todos los tubos modernos de rayos X y revolucionó la forma de generar dichas radiaciones.

En 1923, la empresa Víctor X-Ray Corporation colocó una versión miniatura del tubo de rayos X dentro de la cabeza de un aparato sumergiéndola en aceite y tal dispositivo se convirtió en el precursor de todos los aparatos modernos de radiología dental. Años más tarde, General Electric introdujo un nuevo aparato con características mejoradas y, a partir de entonces, las variaciones en los aparatos fueron mínimas hasta que en 1957 se introdujo un prototipo con kilovoltaje variable. <sup>3</sup>

### **1.3 Hounsfield y la tomografía computarizada.**

En julio de 1972, el ingeniero eléctrico Sir Godfrey Newbold Hounsfield publicó un artículo en la Revista British Journal of Radiology, donde describía una técnica basada en rayos X, llamada tomografía computarizada, que utilizaba métodos matemáticos que A.M. Cormack había desarrollado una década antes (Figura 4). El método de Hounsfield dividía la cabeza en varias tajadas, cada una de las cuales era irradiada por sus bordes. De esta manera, la radiación podía ser confinada dentro de la misma porción. A diferencia de la

técnica convencional de rayos X, la información obtenida no se veía afectada por variaciones del material, que se presentaran a ambos lados de la tajada en cuestión.<sup>4, 5.</sup>

Hounsfield buscaba superar tres limitaciones de la radiología convencional:

- La imposibilidad de mostrar en una imagen radiológica bidimensional toda la información contenida en una escena tridimensional, debido a la superposición de los objetos en la imagen que se obtenía.
- La limitada capacidad para distinguir tejidos blandos.
- La imposibilidad de cuantificar las densidades de los tejidos.

Procesos patológicos que previamente solo podían demostrarse, en forma indirecta, eran ahora demostrados en forma directa.<sup>4,5.</sup>



**Fig. 4 Sir Godfrey N. Hounsfield (1919-2004).**

Fuente: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/1979/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1979/)

## 1.4 Evolución de la tomografía computarizada.

### ♦ Primera generación.

El primer escáner comercializado en 1973 fue el EMI Mark I, representó una revolución en el campo de la radiología (Figura 5).

Sus imágenes contaban con una muy baja resolución espacial, una matriz de 80x80 píxeles, y tardaba nueve horas en total para cubrir un cerebro humano.<sup>4.</sup>

En los tomógrafos de primera generación, se producían rayos paralelos gracias a un movimiento de traslación a largo del objeto, y este proceso se repetía con pequeños incrementos rotacionales hasta barrer 180 grados.<sup>4.</sup>



**Fig. 5 Paciente ubicado en un tomógrafo EMI Mark I, el primero instalado en los Estados Unidos en 1973.**

Fuente:  
Ramírez G J C, Arboleda C C, McCollough C H. Tomografía computarizada por rayos X: fundamentos y actualidad.

♦ Segunda generación.

Los equipos funcionaban bajo un principio de traslación-rotación; podían realizar el proceso un poco más rápido, gracias al uso de un mayor número de detectores, y una fuente que emitía rayos en forma de abanico.<sup>4</sup>

♦ Tercera generación.

Aparecieron los equipos en 1975; en este tipo de escáneres, el tubo de rayos X y el detector rotan simultáneamente, cubriendo al paciente con un haz de rayos X en forma de abanico. Los primeros prototipos de tercera generación contaban con arreglos (unidimensionales) de hasta 250 detectores y permitían tiempos de adquisición de sólo 5 segundos.<sup>4</sup>

♦ Cuarta generación.

En 1976, aparecieron los tomógrafos de cuarta generación, que consistían en un arreglo estacionario de detectores en forma de anillo, que rodeaban completamente al paciente, de modo que la rotación se limita al tubo de rayos X.<sup>4</sup>



- ♦ Quinta generación.

En 1980 se introdujo la tomografía por rayo de electrones EBCT (del inglés Electron Beam CT), que constituye la quinta generación. El EBCT utiliza una arquitectura estacionaria (sin rotación), donde un rayo de electrones hace un barrido a lo largo de cuatro placas semicirculares que rodean al paciente. La mayor innovación de este escáner fue su alta resolución temporal, suficiente para tomar imágenes del corazón. <sup>4</sup>

- ♦ Sexta generación.

1989, Kalender y sus colaboradores inventaron la tomografía en espiral (o helicoidal) utiliza la arquitectura de tercera generación, pero se caracteriza porque hay un movimiento continuo de la camilla a través del gantry (parte del tomógrafo en continua rotación que contiene el tubo de rayos X y el arreglo de detectores). <sup>4</sup>

- ♦ Séptima generación.

En 1998, llevó a la introducción de tomógrafos multi-tajadas (MSCT, del inglés Multi-Slice Computed Tomography), también llamados multi-detectores (MDCT, del inglés Multi-Detector Computed Tomography). Estos equipos se caracterizan, principalmente, por tener arreglos multidimensionales (varias líneas de detectores) y se basan en la geometría de tercera generación, el rayo tiene forma de cono (del inglés cone-beam). <sup>4</sup>

## **1.5 De la antropometría a la cefalometría.**

La antropometría fue la ciencia que primero se ocupó de observar y medir el esqueleto y otros órganos del hombre. Estudia el patrón morfológico humano, y se sirve de una serie de puntos de referencia desde los que se mide el cráneo, la cara y los dientes a través de ángulos, distancias o proporciones somáticas. <sup>6</sup>

Hipócrates (460-357 a.C), pionero en la antropología, hace referencia a las diferentes formas que puede tener el cráneo. <sup>6</sup>

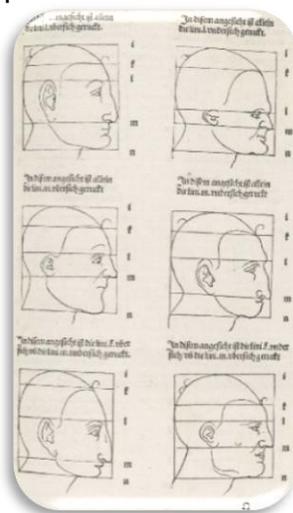
Durante el siglo XV es cuando empiezan a utilizarse mediciones específicas para poder comparar los cráneos y las cabezas. Leonardo da Vinci (1452-1519) fue uno de los primeros en aplicar las mediciones craneales. Empleó líneas relacionadas con estructuras craneales específicas, empleó una línea cercana a la línea Silla-Nación y otra línea que era tangente al punto más inferior del ala de la nariz y al borde inferior del lóbulo de la oreja (Figura 6). <sup>6</sup>



**Fig. 6 Cráneo y Cerebro.  
Leonardo Da Vinci.**

Fuente:  
<http://blogs.ua.es/cienciaytecnologiadelxvi/files/2012/12/craneoda-vinci.jpg> fundamentos y actualidad.

En 1528, Durero publicó un tratado “Vier Bücher von menschlicher proportion” sobre medidas craneales (Figura 7) donde consideraba cuales eran las proporciones adecuadas de la morfología humana. En el tratado fue donde por primera vez se relacionó la antropometría con la estética. <sup>6</sup>

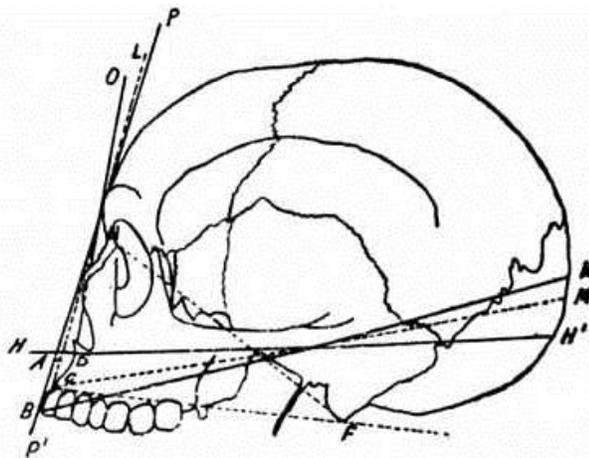


**Fig. 7 Medidas craneales.  
Durero.**

Fuente:  
[http://www.nlm.nih.gov/exhibition/historicalanatomies/Images/1200\\_pixels/durer\\_pg-175.jpg](http://www.nlm.nih.gov/exhibition/historicalanatomies/Images/1200_pixels/durer_pg-175.jpg)

En el siglo XVI, Spiegel hizo el primer intento científico y estableció cuatro líneas craneométricas. En función de sus mediciones establecía si el cráneo guardaba o no buenas proporciones. <sup>6</sup>

En el siglo XVIII, con el intento de diferenciar las razas humanas, Camper (1791) en su tratado “Dissertation sur les variétés naturelles de la physionomie” estableció medidas angulares como el “triángulo de Camper” (Figura 8) para determinar las dimensiones faciales. Está formado por una línea que desde la base de la nariz se dirige al meato auditivo externo, y por una línea tangente al perfil facial (ángulo facial) que pasa tangente al hueso frontal y por la parte más anterior del incisivo superior, en el cráneo, o el punto de contacto entre los labios en el ser vivo. Pero este ángulo, aunque muy empleado en las esculturas griegas, no tenía en cuenta la participación de la mandíbula en la forma de la cara. <sup>6</sup>



**Fig. 8 Triángulo de Camper.**

Fuente:  
<http://psychclassics.yorku.ca/Baldwin/Dictionary/defs/F1defs.htm>

Deschamps, describió el triángulo cefálico. <sup>6</sup>

Numerosos craneólogos en esta época como Spix, Doornik, Oken, etc., propusieron métodos para el análisis de cráneos de animales y humanos.

Ya a finales del siglo XVIII, Daubenton, describió el ángulo occipital, mediante la obtención de la posición relativa del foramen magnum. Esta línea de investigación fue a su vez seguida por Sir Charles Bell, que estudió la diversidad de la morfología craneal entre los individuos de raza negra y caucásica, y por Soemmerring en 1785 y Gibson en 1909. <sup>6</sup>

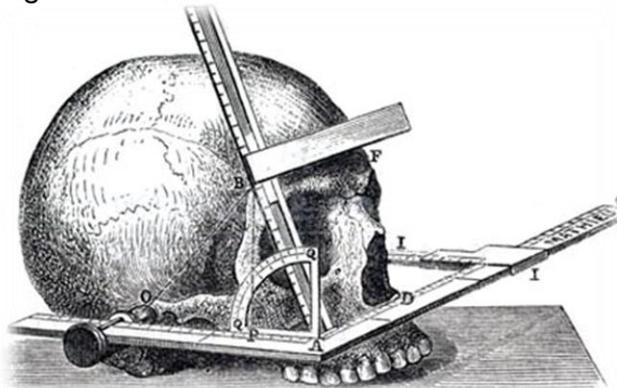


Posteriormente, Retzius propuso el “index cefálicus” y nos dejó las bases de los métodos de craneometría que se emplean actualmente.

No fue hasta la llegada de Barclay cuando se incorporó por primera vez la mandíbula en las medidas. Además, este autor describió dos nuevos ángulos como parámetros craneométricos. <sup>6</sup>

En el siglo XIX aparecieron tres hombres relevantes en la historia de la craneología; Huxley, en 1876 describió el “ángulo facial”.

Broca describe instrumentos craneométricos, como el craneostato (Figura 9) y define puntos y planos. Además introdujo una línea base nueva: “el plano del alveolo condíleo” que pasa a través del punto alveolar y es tangente a las superficies inferiores de los cóndilos occipitales. Fundó la sociedad de Antropología de París y fue el primer craneologista que desarrolló una técnica precisa para poder comparar los cráneos. Topinard empleó el craneostato pero con algunas modificaciones. <sup>6</sup>



**Fig. 9 Craneostato.  
Paul Broca.**

Fuente:  
<http://antiquescientifica.com/catalog7.htm>

En agosto de 1882, debido a la inquietud que suponía la estandarización de los distintos métodos craneométricos, se celebró un congreso antropológico en Frankfurt- am –Maine.

En este décimo tercer congreso de la Sociedad Alemana de antropología es donde se describió el plano horizontal de Frankfurt. <sup>6</sup>

A principios de los años 30, Hellman fue el primero que incorporó los métodos antropométricos a la ortodoncia y que más tarde sirvieron de base para la craneometría radiográfica. <sup>6</sup>



Blumenbach, en 1975, describió un método de posicionar el cráneo para poder ser medido de una manera reproducible y estandarizada. Rechazó el método de líneas y ángulos y la idea de ver la cabeza en Norma Lateralis y empleó la Norma Verticalis. <sup>6</sup>

En un primer momento, la antropología física fue una disciplina de tipo descriptivo, donde se analizaban las características del ser humano y se veían las diferencias entre los grupos de diferente edad, sexo, raza y se daba importancia a las observaciones morfológicas, quedando en segundo lugar la estructura o la función. <sup>6</sup>

Otra rama que surgió para facilitar la comunicación entre los antropólogos, y que consideró el papel de la función en la repercusión de las diferentes estructuras óseas del cuerpo humano, fue la osteometría. Es una ciencia descriptiva, que permite cuantificar objetivamente los huesos humanos y así estudiar los rasgos morfológicos del hombre, aplicando el método científico.

La somatometría, nos da la posibilidad de medir al ser vivo y analizar los cambios evolutivos del hombre, así como las diferencias entre razas o diferentes zonas geográficas. <sup>6</sup>

De la osteometría deriva la craneometría (arte de medir cráneos de animales para describir diferencias específicas) y de la somatometría, la cefalometría (arte de medir la cabeza, incluyendo sus tejidos blandos).

La cefalometría está basada en la localización de puntos o relieves óseos, heredados de mediciones antropométricas (craneométricas) aplicadas en cráneos adultos, que son fácilmente reconocibles para poder medir ángulos o dimensiones lineales del cráneo y la cara. Sin embargo, se diferencia de su predecesora, en que se aplica al estudio en vivo del crecimiento de la cara como fenómeno morfológico. Ninguna estructura en crecimiento es absolutamente estable y por ello ha sido necesario recurrir a estructuras de referencia, que sean las que menos se afecten por el cambio, o en las que cese antes su crecimiento local. <sup>6</sup>



## **CAPÍTULO 2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA.**

La tomografía computarizada (TC), es un método imagenológico de diagnóstico médico, que permite observar el interior del cuerpo humano, a través de cortes milimétricos transversal al eje céfalo-caudal, mediante la utilización de los rayos X. <sup>4</sup>

### **2.1 Tecnología de la Tomografía Computarizada.**

El fundamento básico de la tecnología de la tomografía computarizada (TC) es que utiliza rayos X, pero no impresionan la película directamente, existen dos diferencias fundamentales con la radiografía:

- La imagen latente no es captada por una película impregnada con sales de plata, la película radiográfica, sino por unos sensores conectados a un ordenador.
- El tubo emisor de la radiación no permanece estático como en la radiografía, sino que se mueve alrededor del área de interés.<sup>7</sup>

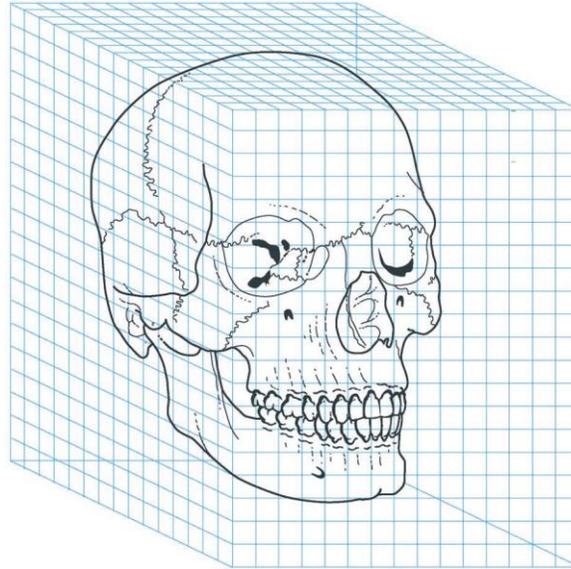
Estas dos circunstancias determinan las características fundamentales de la imagen de la TC:

- ◆ *Es una imagen tridimensional.* El área explorada se convierte en un volumen constituido por una matriz de volúmenes más pequeños denominados vóxeles (la imagen radiográfica digital es una imagen plana que está constituida por unas unidades mínimas de superficie denominadas píxeles) (Figura 10).<sup>7</sup>

Los tipos de vóxeles son:

- × Vóxeles monoisotrópicos, que tienen dos lados iguales, pero el tercero (plano Z) es de una anchura que varía entre 0,5 mm -1 cm, o incluso más. (Tomografía convencional).<sup>7</sup>

- × Vóxeles isotrópicos, que tienen los lados iguales y con dimensiones conocidas (0,15-0,60 mm). (CBCT).<sup>8</sup>



**Fig. 10 Diagrama marcando los vóxeles del conjunto de datos tridimensional.**

Fuente:  
Arana F M, Buitrago V E, Benet I, Tobarra P. Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales.

- ◆ *Mayor sensibilidad y poder de discriminación de la atenuación sufrida por el rayo X.* Frente al rango tradicional con que se describen las diferentes densidades en la radiografía tradicional (aire, grasa, hueso, metal), el procesado mediante ordenador permite discriminar muchos más grados de atenuación.

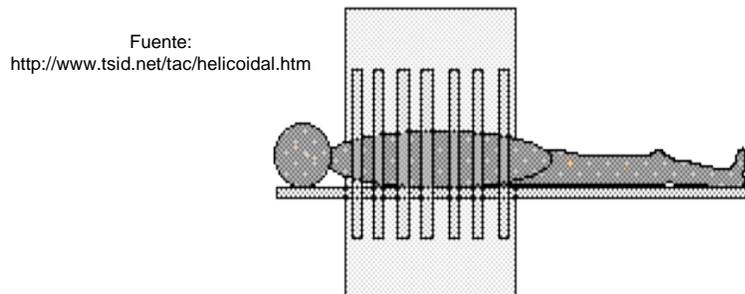
Estos valores de atenuación son medidos en una escala denominada de unidades Hounsfield (UH) que, dependiendo del equipo de TC, se sitúan entre -1000 UH de la densidad aire a +1000 UH de la densidad hueso cortical.<sup>7</sup>

## 2.2 Tipos de tomógrafos computarizados.

### ➤ Tomógrafo Computarizado médico convencional de un solo corte.

Desde una fuente de rayos X se emitía un rayo a través del objeto hacia un paquete único de detectores. El foco y el detector estaban siempre en el plano de corte que se quería examinar y el haz electromagnético escaneaba sólo ese corte. El proceso de reconstrucción de imágenes era bidimensional.

El paciente está siempre en la misma posición (normalmente tumbado y quieto) mientras el tubo emisor y los sensores giran a su alrededor. Una vez obtenida una sección se desplaza al paciente para conseguir el siguiente corte y así hasta completar de forma secuencial la zona a explorar. Dependiendo de la capacidad de resolución del aparato, el grosor de la sección explorada es mayor (poca resolución) o menor (mayor resolución), aplicándose la calificación de TC de alta resolución cuando el grosor de la zona explorada es de 1,5 mm o menor. (Figura 11).<sup>7</sup>

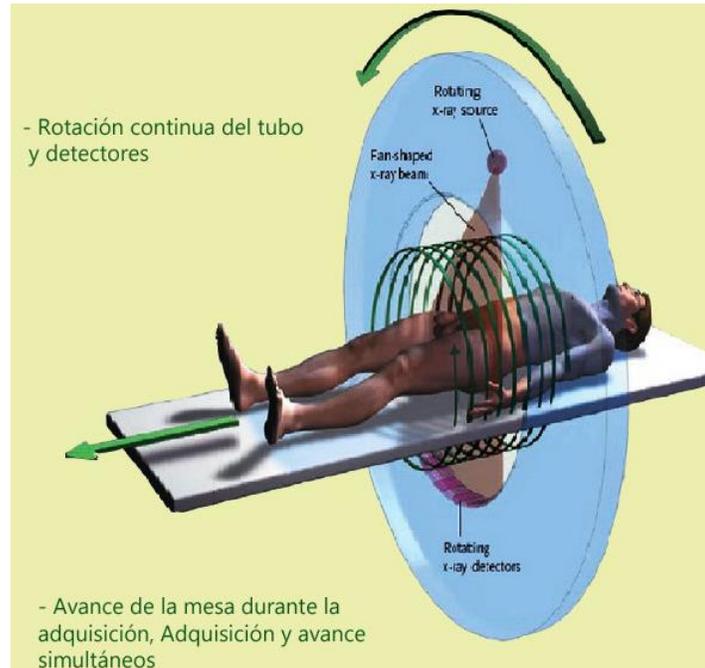


**Fig. 11 Tomógrafo Computarizado médico convencional.**

### ➤ Tomógrafo Computarizado médico moderno o helicoidal de múltiples cortes.

Permite la adquisición de múltiples cortes simultáneamente, por el empleo de paquetes de detectores adyacentes. En 2004, este número de paquetes varió de 2 a 64 cortes. La fuente de rayos X es un ánodo generador de alta potencia. Rota sobre una estructura de soporte en una cámara que contiene el tubo de rayos X y un detector, mientras que el paciente se mueve a través de dicha estructura de soporte, en una camilla (Figura 12). Esta tecnología implica una imagen más rápida y con menor radiación. Se obtiene un

escaneado secuencial y espiral. Para capturar la imagen, emplea un abanico de haz de rayos desde la fuente y guarda los datos en detectores de imagen sólidos, colocados alrededor del paciente cubriendo los 360°. El escáner realiza múltiples giros y en cada giro toma una imagen.<sup>9</sup>



**Fig. 12 Tomógrafo computarizado helicoidal.**

Fuente:  
<http://lawebdeltomografo.blogspot.mx/>

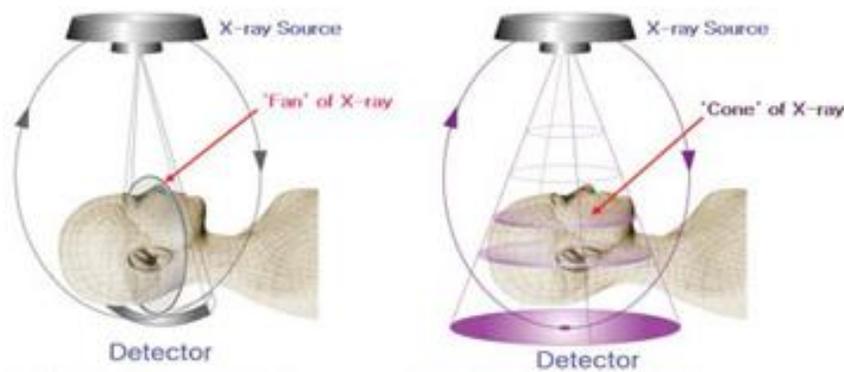
### 2.3 Tomografía computarizada de haz cónico.

La tomografía computarizada de haz cónico, en inglés "Cone Beam Computed Tomography" (CBCT) se desarrolló a fines de los años 90s con el objetivo de obtener escáneres tridimensionales del esqueleto maxilofacial, con una dosis de radiación mucho más baja que para la tomografía convencional.<sup>10</sup>

Este sistema emplea un ánodo de baja energía dentro de un tubo fijo. Para capturar la imagen emplea un haz de rayos en forma de cono, que es más estrecho. Además, emplea una sola rotación del tubo de rayos X de 194° a 360°, tomando en cada grado una o dos imágenes alrededor de la cabeza del paciente, para adquirir directamente los datos (similar a la del aparato de ortopantomografía) en lugar de múltiples rotaciones como el TC (Figura 13).

La CBCT su proyección es ortogonal. Esto indica que los haces de rayos X son paralelos entre sí. Puesto que el objeto se encuentra cercano al sensor, se produce muy poco efecto de error proyección, resultando mediciones de escala 1:1.<sup>11</sup>

La CBCT trabaja con vóxeles isotrópicos que tienen las mismas dimensiones en los tres ejes del espacio. Debido a esto, los errores de malposición del paciente durante el escaneado pueden ser corregidos y ajustados posteriormente de manera interactiva sin que existan problemas de distorsión.<sup>8</sup>



**Fig. 13 Diferencias en el tipo de escaneado: haz plano (TC) y haz de tipo cónico (CBCT).**

Fuente:

[http://www.revistadeortodoncia.com/files/2011\\_41\\_1\\_031-037.pdf](http://www.revistadeortodoncia.com/files/2011_41_1_031-037.pdf)

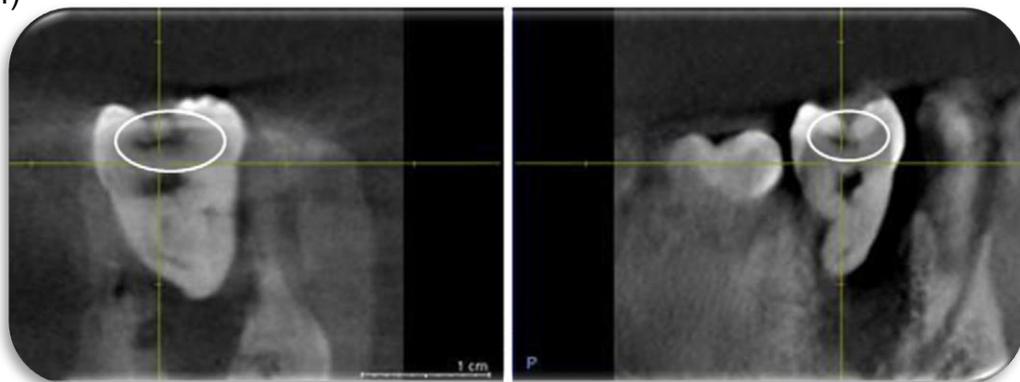
## CAPÍTULO 3. TOMOGRAFÍA CONE BEAM APLICACIONES CLÍNICAS EN ODONTOLOGÍA.

Se ha presenciado una evolución en los fundamentos diagnósticos de la odontología clínica al avanzar hacia una tendencia tridimensional (3D) auxiliándose de la utilización de la CBCT. Ésta tecnología tiene diversas aplicaciones importantes en diferentes especialidades que incluyen imágenes de la articulación temporomandibular (ATM), cirugía maxilofacial (CMF), defectos maxilares, rehabilitación con implantes dentales, endodoncia, ortodoncia, etc.<sup>12</sup>.

### **3.1 Diagnóstico de caries.**

En el diagnóstico de caries con técnicas radiográficas convencionales se producen con frecuencia efectos de adición no deseados de las estructuras anatómicas que se encuentran en la trayectoria del haz. Por esa razón, para el diagnóstico de caries pueden resultar de utilidad las técnicas tomográficas tridimensionales.<sup>13</sup>

La proyección de imágenes tridimensionales mejora de la evaluación de detección y profundidad de caries en proximal y lesiones oclusales. (Figura 14)<sup>14</sup>.



**Fig. 14 Caries oclusal (círculo) vista en un molar longitudinal y transversalmente.**

Fuente:

Tyndall D.A., DDS, MSPH, PhD. Cone-Beam CT Diagnostic Applications: Caries, Periodontal Bone Assessment, and Endodontic Applications.

### 3.2 Evaluación periodontal.

La radiografía convencional bidimensional presenta varias limitaciones a la hora de determinar los niveles de hueso en las zonas bucal y lingual así como la pérdida parcial del grosor de hueso interdental. Con CBCT se resuelven los problemas de proyección de las radiografías periapicales y de aletas de mordida. (Figura 15)<sup>15</sup>.

Esta técnica hace posible tanto el estudio de bolsas intraóseas de una, dos o tres paredes como la clasificación de la afectación de furca.<sup>13</sup>.



**Fig. 15 Imagen transversal que muestra las corticales vestibular y palatina.**

Fuente:  
Lenguas, A.L., Ortega, R., Samara, G., López, M.A. Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas.

### 3.3 Endodoncia.

Aunque la radiografía convencional es más práctica y adecuada para los procedimientos habituales de endodoncia, el CBCT aporta una visión axial, coronal (Figura 16) y sagital que con la RX convencional no se obtiene. La capacidad de reducir o eliminar la superposición de las estructuras circundantes la hace muy ventajosa en su aplicación endodóntica.

El escáner CBCT identifica con mayor exactitud los canales radiculares, además de aportar información sobre la configuración y la permeabilidad de los conductos radiculares y facilitar de ese modo la planificación del tratamiento.<sup>13, 15</sup>.



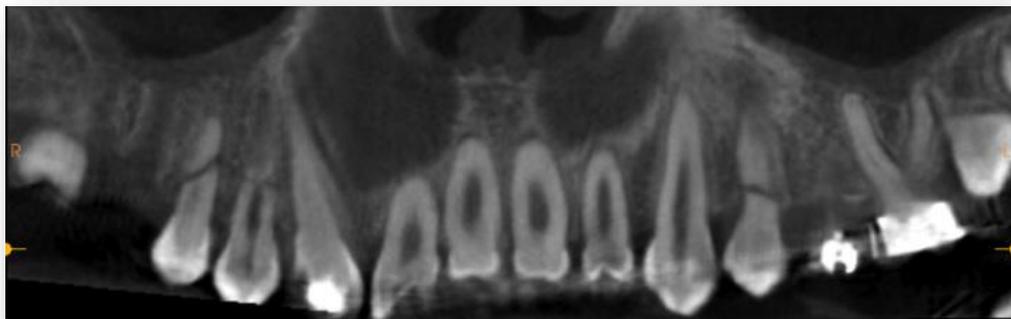
**Fig. 16 Imagen CBCT mostrando lesión periapical en raíz palatina primer molar superior.**

Fuente:

Lenguas, A.L., Ortega, R., Samara, G., López, M.A. Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas.

### 3.4 Identificación de fracturas dentarias.

El diagnóstico de algunas fracturas radiculares en radiografías convencionales puede ser complicado, debido a la falta de signos y síntomas clínicos específicos. Una limitación es la superposición de otras estructuras adyacentes la cual limita la sensibilidad en la detección de fracturas longitudinales. Sin embargo al realizar exploraciones con imágenes de la CBCT se puede observar con nitidez las múltiples fracturas que puede presentar el caso (Figura 17).<sup>16</sup>



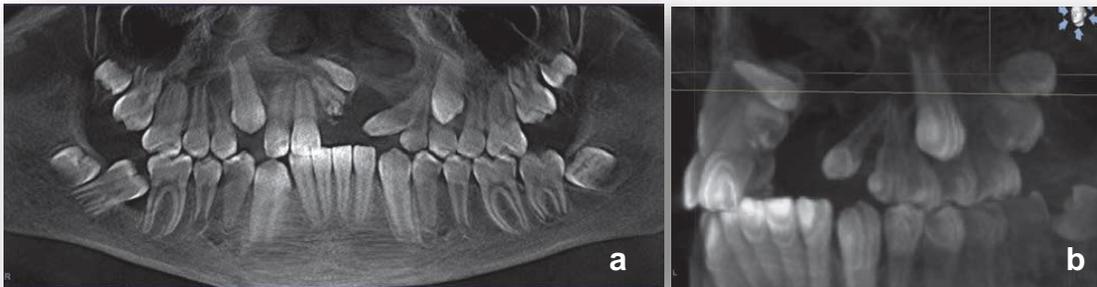
**Fig. 17 Tomografía Cone Beam mostrando las fracturas radiculares de varias piezas dentarias.**

Fuente:

Oviedo M P, Hernández A J F. Tomografía computerizada Cone Beam en endodoncia.

### 3.5 Anomalías en la forma y el número de dientes.

Las tomografías tridimensionales permiten localizar los dientes erupcionados y la posición de todos los gérmenes dentarios sin superposiciones, y evaluar su fase de desarrollo. Se pueden identificar de forma precoz potenciales complicaciones de la futura erupción dentaria. Las imágenes en 3D permiten localizar con precisión mesiodens, que en la radiografía panorámica, en cambio, no suelen aparecer de forma nítida, dado que se encuentran fuera del corte reproducido y además quedan ocultos por la superposición de la columna vertebral. La representación de paramolares y distomolares en el CBCT se produce en sentido mesiodistal y, además, en sentido vestibulolingual. Esto permite planificar el tratamiento con precisión y adoptar las medidas terapéuticas correspondientes sin necesidad de utilizar otros sistemas de generación de imagen (Figura 18).<sup>13</sup>



**Fig. 18 Dientes supernumerarios situados a ambos lados de la fisura labiopalatina, junto a un diente 21 incluido. TC panorámica (a) y reconstrucción tridimensional en “proyección de máxima intensidad” (b).**

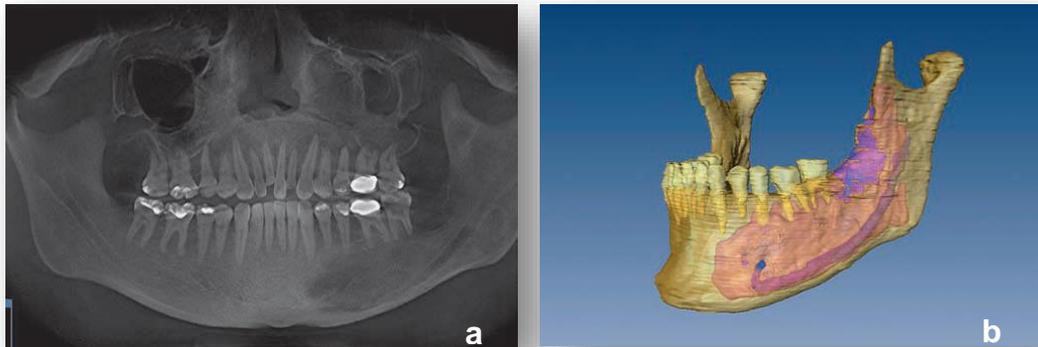
Fuente:

Mischkowski R, Scherer P, Neugebauer J, Ritter L, Scheer M, Zöllner J. Tomografía volumétrica digital: ¿perspectivas para el odontólogo general?

### 3.6 Lesiones patológicas del hueso.

La evaluación de alteraciones inflamatorias (tumores osteogénicos y odontogénicos malignos y benignos y de alteraciones no neoplásicas, como la displasia fibrosa o bien la necrosis ósea a vascular) se hace mucho más sencilla gracias a las imágenes tridimensionales, ya que, se puede analizar la estructura ósea en tres dimensiones.<sup>13</sup>

Para la planificación del tratamiento puede resultar especialmente útil realizar una radiografía tridimensional por medio de una CBCT cuando la alteración se encuentra cerca de estructuras anatómicas importantes como el suelo de las fosas nasales, los senos maxilares y el nervio dentario inferior (Figura 19).<sup>13</sup>



**Fig. 19 TC para la planificación preoperatoria de un tumor odontogénico quístico queratinizante en mandíbula izquierda. TC panorámica (a) y segmentación tridimensional de la mandíbula, de la lesión quística y del nervio dentario inferior (b).**

Fuente:

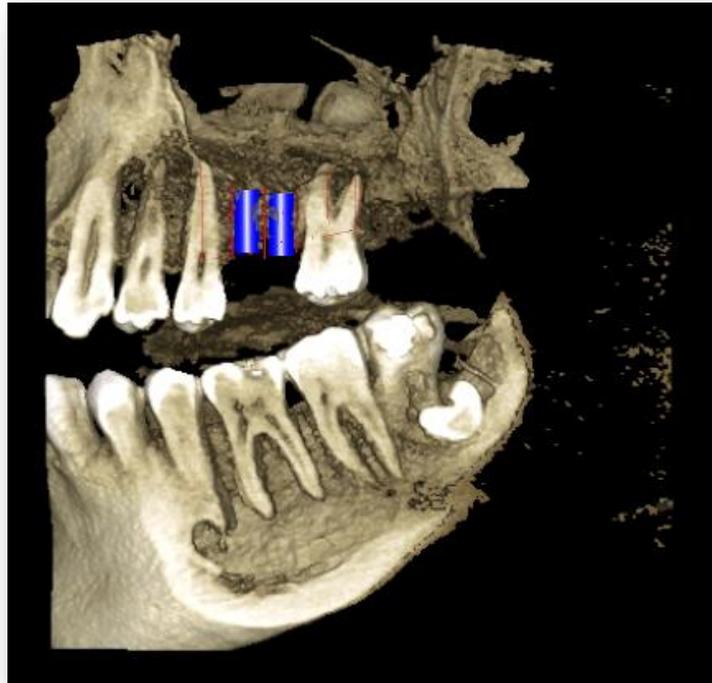
<http://www.ortoface.com/pdfs/Tomografia%20volumetrica%20digital.pdf>

### 3.7 Implantología.

El escáner CBCT en 3D optimiza el plan de tratamiento con implantes dentales, con los usos y beneficios que se exponen a continuación:

- Para localizar y determinar la distancia a las estructuras anatómicas vitales.
- Medir la anchura del hueso alveolar y visualizar el contorno del hueso.
- Determinar si es necesario un injerto de hueso o un levantamiento de seno.
- Seleccionar el tamaño y el modelo de implante más adecuado.
- Optimizar la localización del implante y su angulación.
- Reducir los tiempos quirúrgicos.

- Si además se utiliza la localización de implantes con una guía basada en escáneres TC de 3D, todos los beneficios anteriores aumentan (Figura 20).<sup>15</sup>



**Fig. 20 Vista 3D con barrido óseo y proyección, implante prototipo.**

Fuente:

<http://cbmf.com.ar/servicio-de-imagenes/imagenes-3d/>



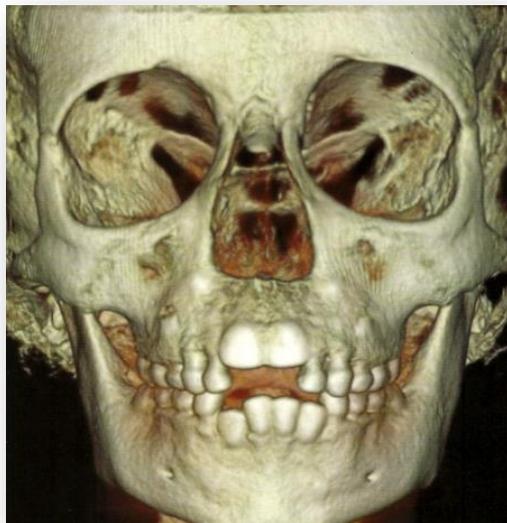
## **CAPÍTULO 4. TOMOGRAFÍA CONE BEAM APLICACIONES CLÍNICAS EN ORTODONCIA.**

El estudio radiográfico ortodóncico se suele realizar sobre dos tipos de radiografías: la radiografía panorámica y la telerradiografía lateral.

La posibilidad de obtener imágenes tridimensionales de las estructuras craneofaciales mediante CBCT permite en el campo de la ortodoncia una precisión y una fiabilidad mayor de los procesos de simulación.

El diagnóstico basado en imágenes 3D permite analizar con exactitud malposiciones dentoalveolares en sentido mesiodistal o vestibulolingual e incluir dicho análisis en el plan de tratamiento (Figura 21). No es necesario realizar radiografías oclusales o radiografías periapicales. La representación tridimensional de la situación permite diagnosticar las causas de las malposiciones de grupos dentarios.

En el área de las desviaciones esqueléticas, las imágenes tridimensionales ofrecen nuevas posibilidades en el análisis de las estructuras craneofaciales, y proporcionan una mayor precisión en los diagnósticos diferenciales. <sup>13</sup>.

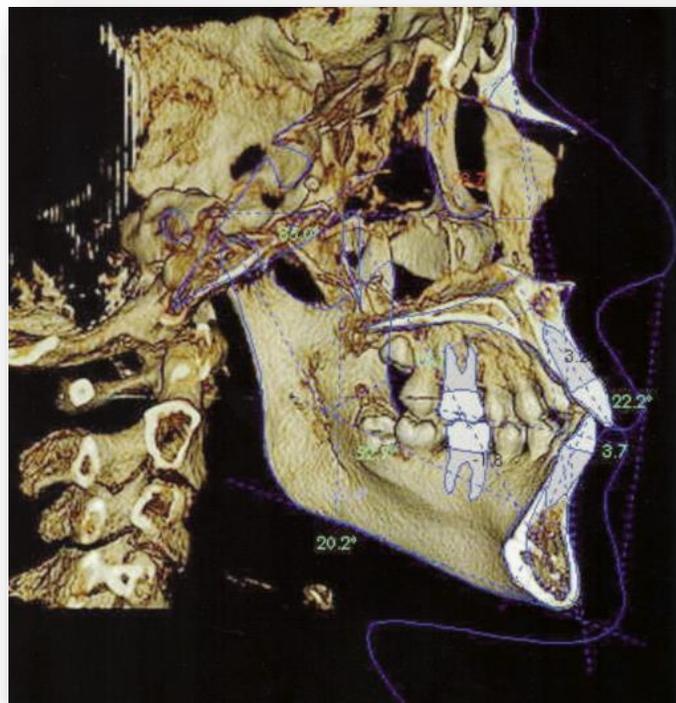


**Fig. 21 Reconstrucción 3D dentición mixta frontal.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

#### 4.1 Cefalometría 3D.

Con la aparición de la tomografía computarizada, se pueden obtener medidas reales y se puede producir la imagen espacial de las estructuras craneofaciales, las estructuras internas se pueden observar removiendo la superficie exterior, y también varios órganos y estructuras se pueden observar independientemente, cambiando la densidad del tejido. Una imagen 3D muestra también la asimetría del tercio medio de la cara y la base craneana, difícil de observar con las radiografías convencionales. El concepto fundamental de imagen 3D es que resulta de un volumen que se puede reformatear, previendo infinitas perspectivas. De esta manera, la cefalometría a partir de CBCT puede ser una poderosa herramienta de diagnóstico con diversas ventajas, que se destaca en la evaluación volumétrica de los tejidos duros tegumentos del cráneo y de la cara, en tamaño real y sin superposición de estructuras anatómicas, además de la obtención de medidas confiables (Figura 22).<sup>17</sup>.



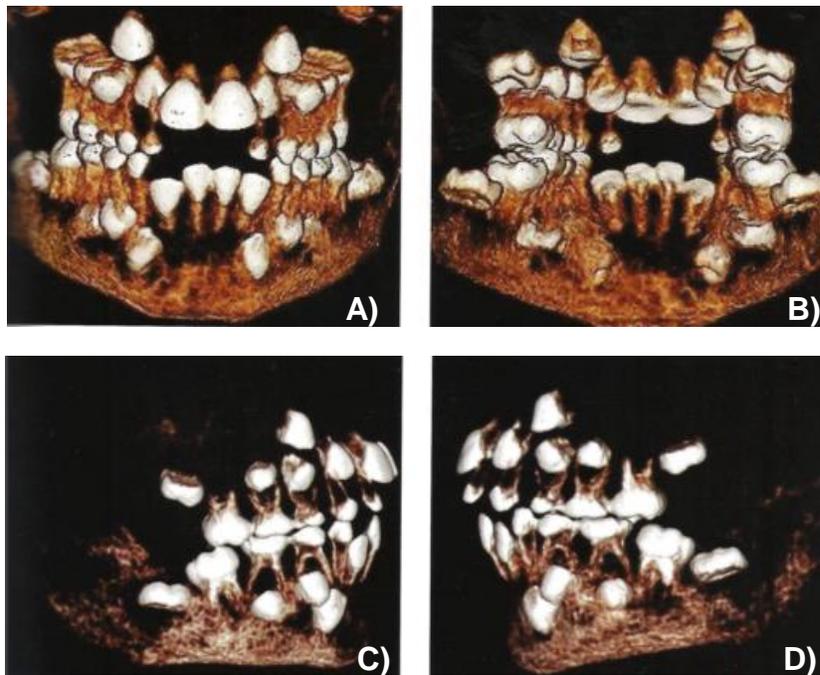
**Fig. 22 Trazado lateral de Ricketts.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

## 4.2 Desarrollo de la oclusión en 3D.

Es posible la utilización de CBCT para la evaluación de niños en fase de dentición mixta (Figura 23) y dentadura permanente joven, para la obtención, de medidas dentarias reales en análisis de discrepancia de espacio.

Además, las posiciones espaciales de las bases esqueléticas, las vías respiratorias y los senos de la cara se pueden evaluar a través de CBCT.<sup>17</sup>



**Fig. 23 Reconstrucción 3D dentición mixta. A) Vista frontal. B) Vista lingual. C) Lado derecho. D) Lado izquierdo.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

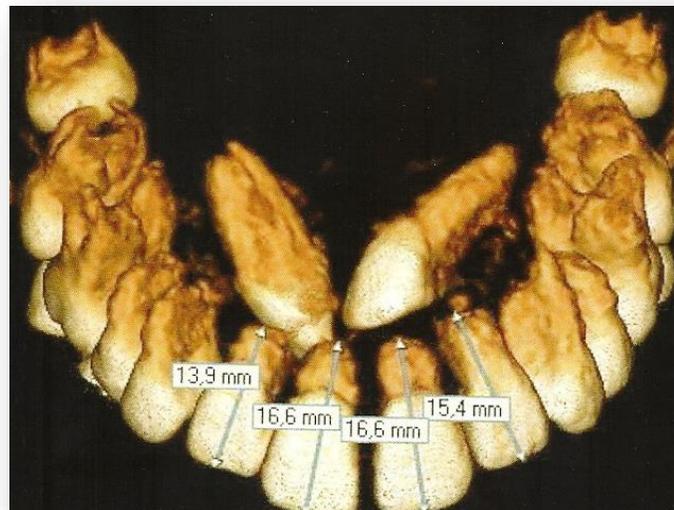
## 4.3 Densidad ósea radicular.

La tomografía computarizada permite evaluar lo que las técnicas radiográficas convencionales nunca mostraron, es decir, el espesor del nivel de la tablas óseas que recubren los dientes en el lado vestibular y lingual. Tales hallazgos son importantes, ya que el espesor del reborde alveolar define los límites del movimiento en Ortodoncia. En Ortodoncia, se sabe que desafiar esas fronteras puede redundar en efectos colaterales iatrogénicos para el periodonto de sustentación y protección.<sup>17</sup>

#### 4.4 Dientes retenidos e impactados.

Los dientes impactados pueden ocurrir por factores patológicos o por factores relacionados con el desarrollo, en ambas situaciones se puede evaluar mejor con CBCT. La localización tridimensional de los dientes impactados y la determinación del tipo de impactación se pueden establecer por las reconstrucciones multiplanares, así como por las reconstrucciones en 3D que permiten al clínico observar la posición real espacial del diente en la base ósea y sus relaciones con las estructuras adyacentes. En el caso donde se definen las extracciones, la localización de las estructuras vitales, se puede obtener de forma determinada.

Los caninos impactados se observan comúnmente en la práctica de Ortodoncia y las decisiones terapéuticas se perjudican por la dificultad de localizar correctamente el diente (Figura 24). Con la reconstrucción en 3D, la facilidad para identificar de forma precisa la localización del canino retenido, contribuye para la toma de decisión en la planificación del caso. <sup>17</sup>.



**Fig. 24 Corte 3D vista anterior resolución dental. Caninos superiores retenidos.**

Fuente:

Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.



## 4.5 ATM.

Existen varios exámenes que se pueden utilizar para determinar las alteraciones en la morfología ósea, posicionamiento del cóndilo y disco articular. Las modalidades más conocidas de exámenes son la radiografía panorámica, la radiografía lineal convencional, radiografías transcraneales.<sup>15</sup>

Las técnicas convencionales son de bajo costo; sin embargo, son bastante limitadas en función de las variaciones de la anatomía del cóndilo, además de los factores que afectan la obtención de las imágenes bidimensionales, como la superposición de estructuras anatómicas, las distorsiones, entre otras.<sup>17</sup>

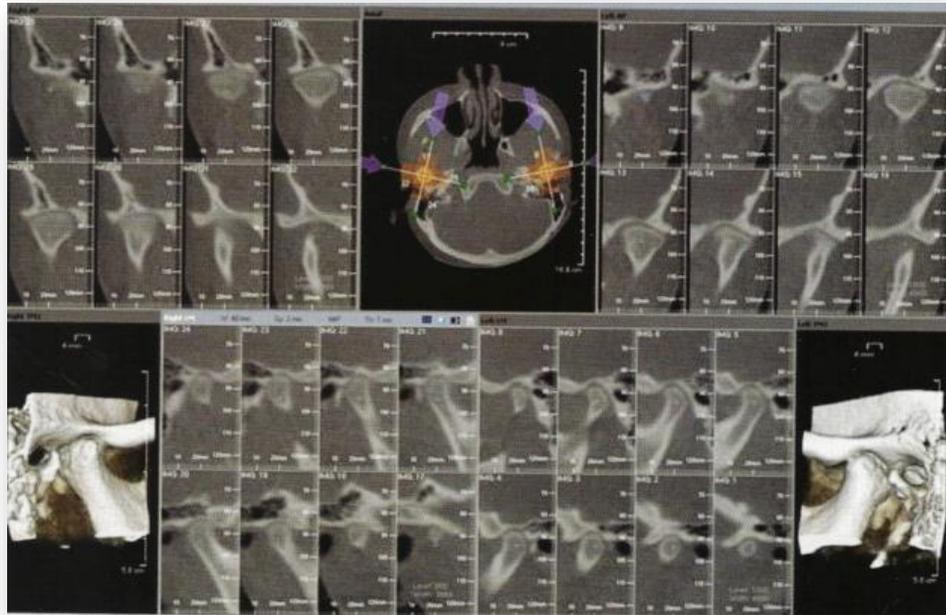
La CBCT nos permite acceder a un número ilimitado de imágenes diagnósticas en los tres planos del espacio, eliminando además la superposición de estructuras y permitiendo acceder a reconstrucciones 3D con una precisión absoluta.<sup>15</sup>

Para el diagnóstico imagenológico correcto de la articulación podemos generar cortes tomográficos de lado derecho e izquierdo en vista frontal y sagital de 2mm de espesor cada uno.<sup>18</sup>

### Ejemplo de evaluación de ATM con CBCT.

Los cortes tomográficos de la figura 25 muestran una anatomía adecuada de la cavidad glenoidea y los cóndilos mandibulares, tanto en las imágenes frontales como en las sagitales se percibe que no existe contacto entre las superficies óseas y se observa un espacio libre entre ellos, el cual debe estar ocupado por el menisco articular.<sup>18</sup>

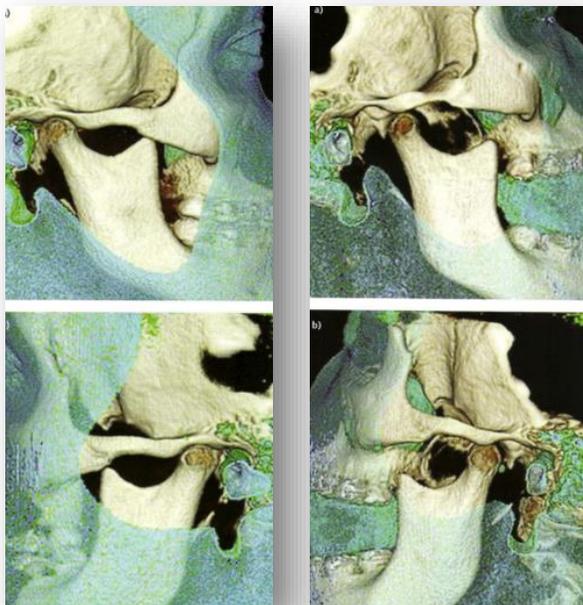
De igual forma se aprecia la buena ubicación de la mandíbula cuando se encuentra en máxima apertura además del espacio entre el tubérculo articular y el cóndilo mandibular en todo momento (Figura 25).<sup>18</sup>



**Fig. 25 Cortes tomográficos frontales y sagitales a boca cerrada.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

La reconstrucción 3D del paciente permite evaluar mejor la ubicación del cóndilo mandibular en estática y dinámica (Figura 26).<sup>18</sup>.



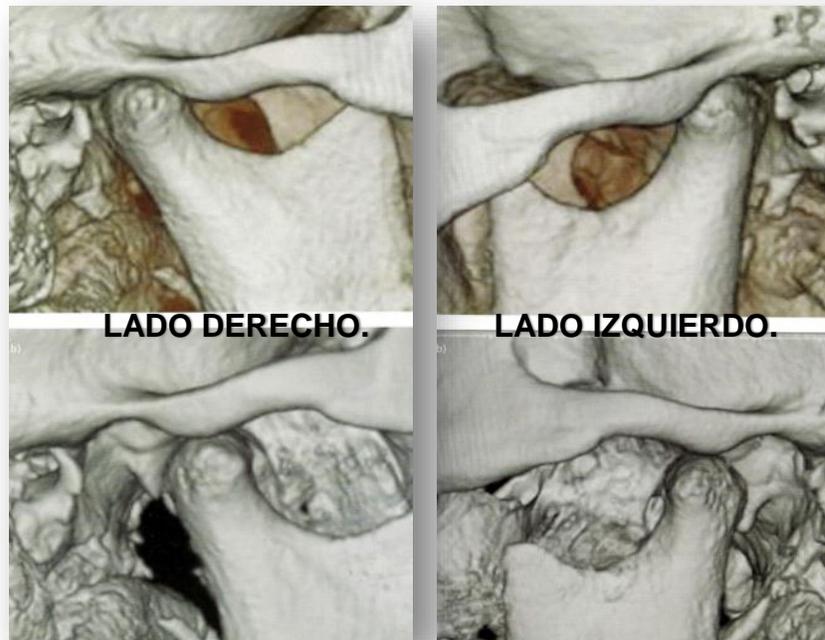
**Fig. 22 Reconstrucciones 3D a boca cerrada y a boca abierta.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

Si se observa las reconstrucciones de la articulación más de cerca y eliminando los tejidos blandos se observa la correcta ubicación del cóndilo con respecto a la cavidad glenoidea cuando está a boca cerrada, ya que coinciden

perfectamente el centro del eje del cóndilo con el centro de la cavidad articular tanto en el lado derecho como en el lado izquierdo.<sup>18</sup>

Cuando la mandíbula se encuentra en máxima apertura es posible evaluar que de igual manera existe una buena relación entre las estructuras, ya que el eje del cóndilo maxilar coincide con el eje del cóndilo mandibular tanto del lado derecho como del lado izquierdo (Figura 27).<sup>18</sup>



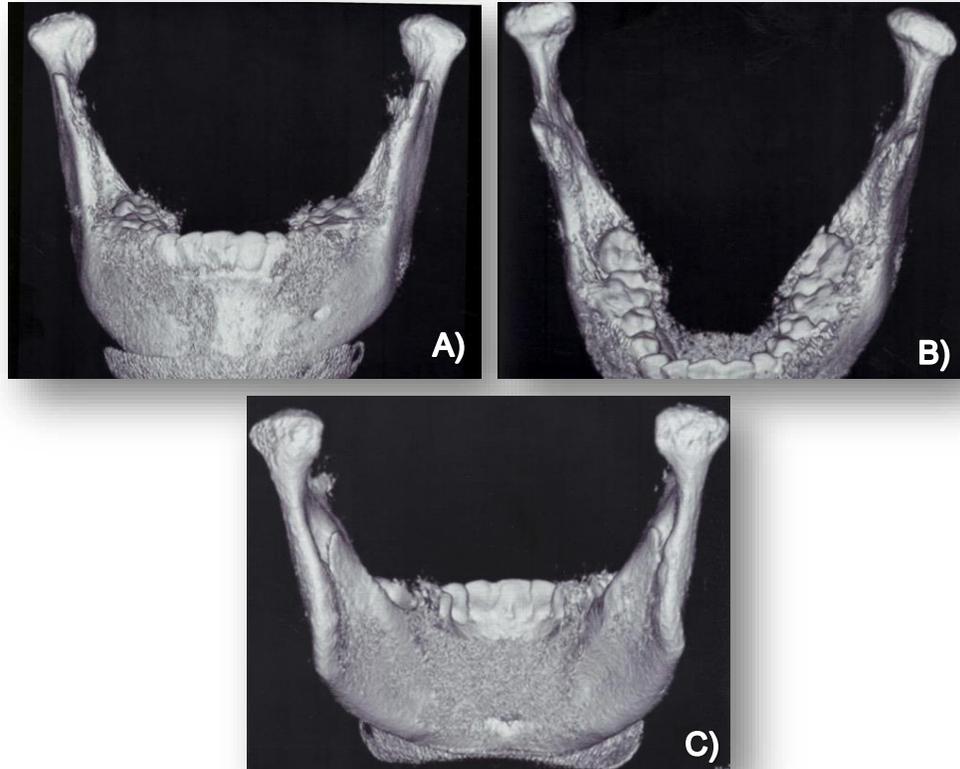
**Fig. 27 Reconstrucciones 3D a boca cerrada y a boca abierta, sin tejidos blandos.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

Con el objeto de valorar de manera más explícita la forma, tamaño y superficie de los cóndilos mandibulares en los tres planos del espacio, se generan modelos 3D de la mandíbula y es observada de frente, en una vista superior y una vista inferior.<sup>18</sup>

En las tres vistas es posible apreciar una forma bastante aceptable de los cóndilos, además de que se posibilita la valoración comparativa entre el cóndilo derecho e izquierdo en los distintos planos y no existen diferencias

significativas entre ellos, de igual forma se puede asegurar que la superficie de los cóndilos es bastante regular en toda su circunferencia (Figura 28).<sup>18</sup>



**Fig. 28 Reconstrucciones 3D de la mandíbula. A) Vista anterior, B) vista superior y C) vista posterior.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

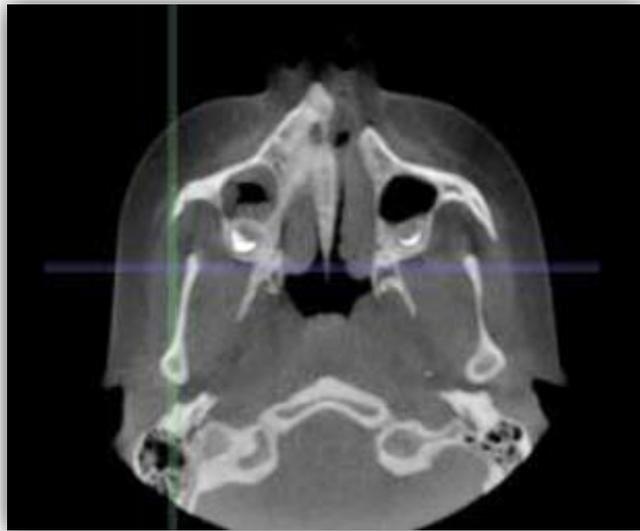
#### **4.6 Determinación del volumen, forma y posición de los huesos.**

La CBCT permite determinar el grosor y la forma del hueso en general y en determinadas zonas, la planificación y seguimiento de procedimientos terapéuticos como la colocación de microimplantes o la expansión maxilar rápida.<sup>15</sup>

#### 4.7 Evaluación de injerto de hueso alveolar en pacientes con hendidura palatina.

Los métodos de imágenes habituales para analizar las condiciones postoperatorias del puente óseo después de colocar un injerto de hueso suelen ser radiografías dentales, oclusales y panorámicas.

Con CBCT parece obtenerse una mejor visión de la cantidad de hueso en la zona del injerto en pacientes operados de hendidura labiopalatina (Figura 29).<sup>15</sup>



**Fig. 29 Imagen de fisura palatina.**

Fuente:

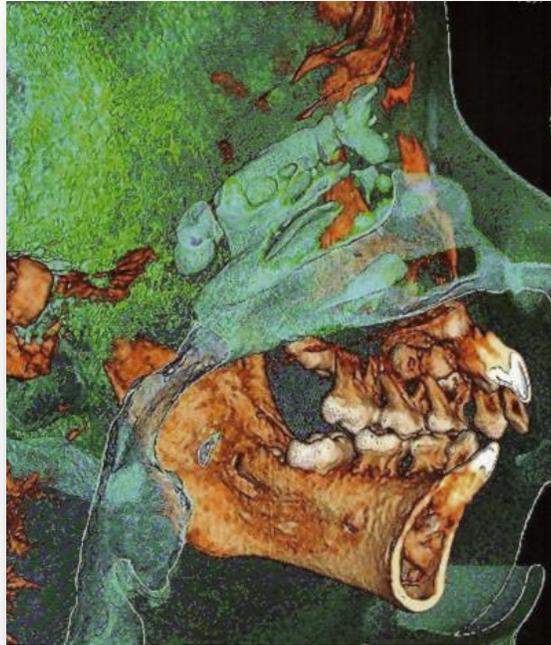
Lenguas, A.L., Ortega, R., Samara, G., López, M.A. Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología.

#### 4.8 Vías respiratorias.

Mediante las vías aéreas altas se da el paso del aire, por lo tanto es muy importante que se encuentren despejadas ya que cualquier obstrucción a ese nivel puede repercutir en la morfología craneal y en la ventilación pulmonar. La respiración es básica para el intercambio gaseoso del organismo, de la vida neuronal, de la actividad hemática, y de toda una innumerable lista de funciones básicas.<sup>18</sup>

La evaluación tridimensional a través de las imágenes generadas por CBCT permite la cuantificación volumétrica 3D de las áreas más afectadas o

estrechas a lo largo de la trayectoria espacial total de las vías aéreas (Figura 30). De tal manera, la obtención de nuevos valores volumétricos de referencia será útil en el diagnóstico diferencial para los casos de Ortodoncia quirúrgica, principalmente en el caso de deficiencia esquelética de la mandíbula, ya que el avance mandibular puede ampliar el volumen de las vías respiratorias. <sup>17</sup>.



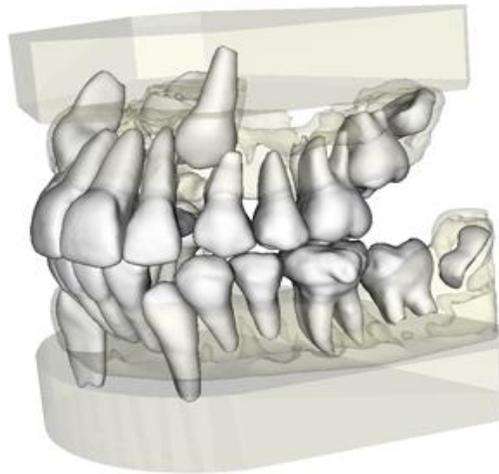
**Fig. 30 Obstrucción de la laringe por proceso inflamatorio. Corte 3D sagital derecho.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.

#### **4.9 Modelos virtuales.**

Los datos CBCT pueden ser utilizados para producir modelos de estudio digitales en 3D sin la necesidad de impresiones de alginato.

El modelo digital 3D llamado AnatoModel (Figura 31) es el resultado de un proceso innovador de modelaje 3D que es capaz de individualizar los dientes y otras partes anatómicas a partir de CBCT. Estos modelos son de mayor valor diagnóstico que otros modelos digitales ya que comprende no sólo las coronas de los dientes, sino también las raíces, retenciones, los dientes en desarrollo y el hueso alveolar. De esta manera, toda la dentición se modela y se puede mover cada diente individualmente de forma virtual, en un setup. <sup>17,19</sup>.

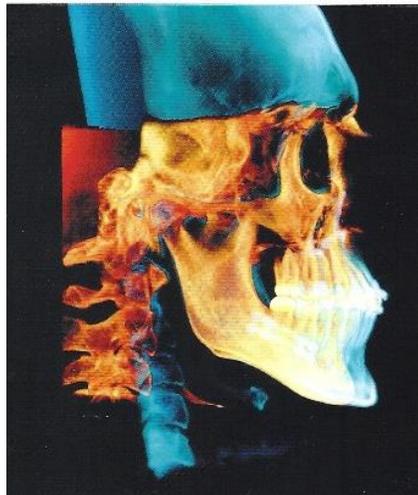


**Fig. 31 AnatoModel.**

Fuente:  
[http://dental.anatomage.com/dental-products/invivo5-2.](http://dental.anatomage.com/dental-products/invivo5-2)

#### 4.10 Superposiciones.

Las superposiciones son útiles en la evaluación de resultados en ortodoncia, especialmente en los casos quirúrgicos (Figura 32) y de ortopedia facial utilizando CBCT. El movimiento ortodóntico, también se puede evaluar mediante la superposición de modelos digitales 3D. <sup>17</sup>



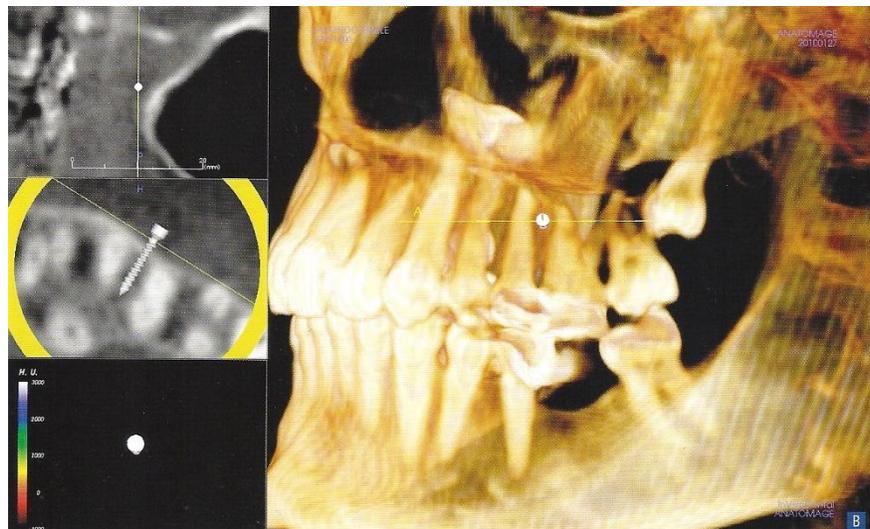
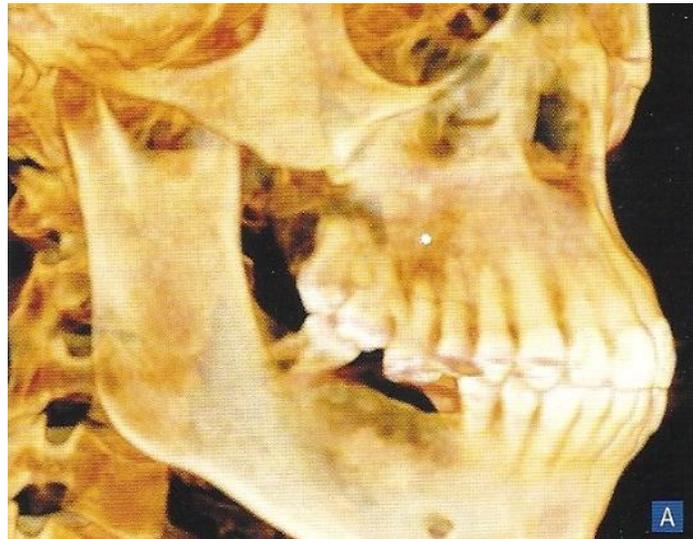
**Fig. 32 Superposición después de la cirugía ortognática y avance bimaxilar (en azul la fase posquirúrgica).**

Fuente:  
[http://dental.anatomage.com/dental-products/invivo5-2.](http://dental.anatomage.com/dental-products/invivo5-2)

#### 4.11 Planificación de TAD.

La planificación de dispositivos de anclaje temporal (TAD -Temporary Anchorage device) se puede realizar por herramientas de software que utilizan los archivos de CBCT (Figura 33). Los TAD se pueden posicionar utilizando guías quirúrgicas construidas de forma virtual y confeccionadas por técnicas de prototipado. <sup>17</sup>

La evaluación de la posición de los minitornillos también se puede hacer por CBCT. <sup>17</sup>



**Fig. 33 A) Reconstrucción 3D en la que se observa la posición virtual de minitornillos en el maxilar, arriba del primer molar superior derecho, para permitir su intrusión; B) TAD en posición.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.



## CAPÍTULO 5. CEFALOMETRÍA TRIDIMENSIONAL.

El diagnóstico y la planificación de los tratamientos de ortodoncia han estado, a lo largo de los años, sustancialmente basados en los recursos de imágenes. El objetivo de la utilización de estos recursos reside en la reproducción, lo más próxima posible, a la morfología craneofacial del paciente en las tres dimensiones del espacio de forma estática y dinámica, así como se presenta naturalmente. Los principales ideales de una imagen radiográfica incluyen la determinación de la anatomía, considerando la localización espacial, tamaño, forma y relación con las estructura anatómicas adyacentes y las telerradiografías bidimensionales (2D) (Figura 34) han sido el patrón de documentación de la ortodoncia en las cuales numerosos análisis de diagnóstico se han creado. Ellas incluyen el análisis de Tweed, Downs, Steiner, Ricketts, Jacobson, WITS, McNamara y los análisis de tejidos blandos, tales como Farkas, Arnett/Bergman y Sarver. Sin embargo, las limitaciones de la cefalometría 2D han sido bien conocidas y documentadas desde su introducción por parte de Broadbent y Horfrath en 1931.<sup>17</sup>



**Fig. 34 Telerradiografía convencional en norma lateral.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.



## 5.1 Principios de obtención de imágenes.

Las imágenes para la realización de la cefalometría 3D se pueden obtener de maneras diferentes. El software permite ventanas de manipulación que confeccionan imágenes semejantes a las telerradiografías, en estándar lateral y frontal (Figura 35). Esos cefalogramas virtuales se pueden obtener de forma ortogonal, sin magnificación alguna, o simulando la divergencia de haz de rayos X y la distancia de la fuente a la “película”. Esas imágenes se pueden exportar y las cefalometrías convencionales se pueden obtener por softwares específicos. Las imágenes obtenidas por CBCT son superiores a las imágenes de las telerradiografías convencionales.

En los análisis cefalométricos 3D propiamente dichos, la demarcación de los puntos y los planos de referencias se da directamente en las reconstrucciones 3D o en los cortes. Se pueden obtener medidas lineares, medidas angulares y medidas volumétricas, así como mediciones en relación con el plano de referencia previamente establecido.<sup>17</sup>.



**Fig. 35 Tomografía frontal.**

Fuente:  
Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas.



## 5.2 Análisis cefalométrico 3D.

Las nuevas tecnologías de imagen 3D permiten un análisis amplio de la cara humana de manera innovadora, lo que permite un diagnóstico diferencial más completo. Dos de las principales características de los análisis 3D están relacionadas con la utilización de planos de referencia y cuantificaciones volumétricas. Otra característica importante es que este análisis no se realiza solamente en cefalogramas virtuales o reconstrucciones 3D a través de TC, sino también mediante el análisis de fotografías convencionales y 3D, modelos digitales 3D y datos obtenidos en la evaluación clínica. La anatomía real que la imagen 3D revela permite una evaluación subjetiva de la morfología, lo que lleva muchas veces a un diagnóstico inmediato del problema. Las principales aplicaciones del análisis 3D están centradas en la evaluación del posicionamiento espacial de las bases esqueléticas en el sentido vertical, anteroposterior y transversal, siendo muy útil en el diagnóstico de las asimetrías faciales, en el crecimiento y desarrollo facial, en la evaluación del posicionamiento axial radicular de los elementos dentarios, en la evaluación volumétrica de las vías aéreas y en las grandes alteraciones morfológicas del crecimiento y síndrome craneofacial. Los análisis 3D son interactivos por naturaleza y por esa característica son muy útiles en la planificación de los tratamientos en Ortodoncia y Cirugía Ortognática, de forma dinámica y en tiempo real.<sup>17</sup>

## 5.3 Planos de referencia.

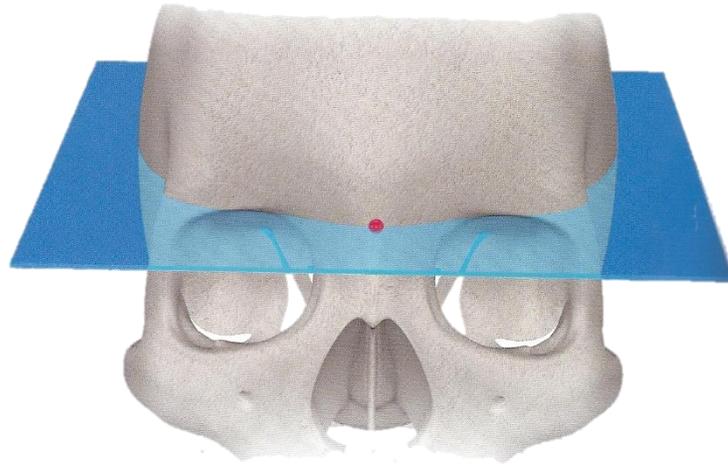
En la cefalometría tridimensional es de gran ventaja la utilización de los planos de referencia para realizar medidas, evaluar asimetrías y proporciones. La forma de demarcación de un plano se puede hacer de dos maneras diferentes: a través de tres puntos o por la relación de un ángulo con otro plano ya existente, pasando o no por algún punto. Por ejemplo, podemos definir el

plano oclusal a través de un punto en el incisivo, otro en el molar derecho y el último en el molar izquierdo. <sup>17</sup>.

Estos planos son:

1. Plano axial superior (plano axial con inserción de la glabella) (Figura 36).

Este plano es especialmente importante para la referencia de medidas verticales que definen las alturas de las estructuras de interés. La utilización de la glabella como punto de intersección se produce por el hecho de que las estructuras a ser analizadas están todas debajo de este punto y, de esta manera, todas las medidas realizadas con relación a este plano tendrán la misma orientación (debajo del plano). <sup>17</sup>.



**Fig. 36 Plano axial superior.**

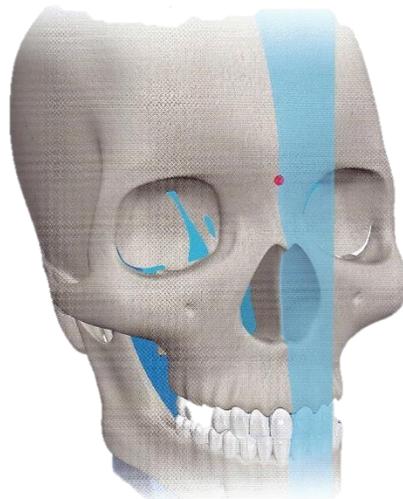
Fuente:

Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

2. Plano sagital medio (plano sagital con inserción de la glabella) (Figura 37).

Este plano es especialmente importante para la referencia de las medidas horizontales que definen el largo o lateralidad de las estructuras de interés. La utilización de la glabella como punto de inserción se produce por el hecho de que este punto se encuentra en la línea media facial y divide la cara en dos hemicaras. De esta manera, las estructuras a ser analizadas estarán a determinada distancia del plano y a cierta orientación (derecha o izquierda).

17



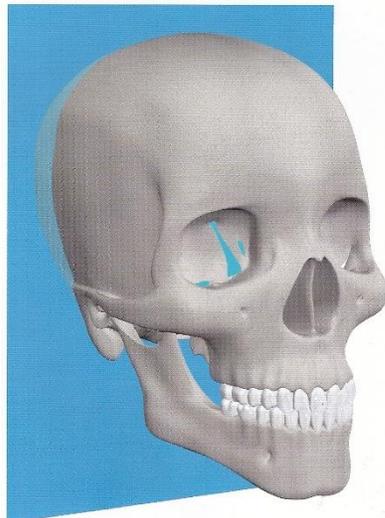
**Fig. 37 Plano sagital medio.**

Fuente:

Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

3. Plano coronal posterior (plano coronal con inserción al basión) (Figura 38).

Este plano es importante para la referencia de las medidas horizontales que definen las profundidades de las estructuras de interés. La utilización del basión como punto de inserción se produce porque las estructuras a ser analizadas están todas en frente de este punto y, de esta manera, todas las medidas realizadas con relación a este plano tendrán la misma orientación (el frente del plano).<sup>17</sup>



**Fig. 38 Plano coronal posterior.**

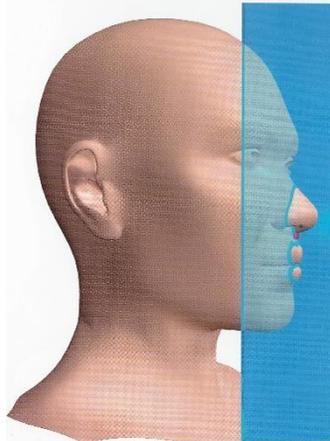
Fuente:

Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.



4. Plano vertical verdadero (plano coronal con inserción en el plano subnasal)  
(Figura 39).

La utilización de este plano se hace de la misma manera que la línea vertical verdadera, se utiliza en los análisis bidimensionales y tiene un papel fundamental en el análisis de proyección de las estructuras del perfil facial. La orientación de las medidas con relación a este plano podrá ser anterior o posterior y existe también la posibilidad de coincidir con el plano.<sup>17</sup>



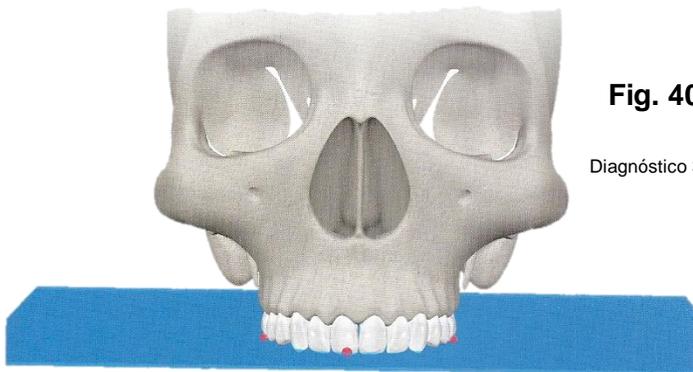
**Fig. 39 Plano vertical verdadero.**

Fuente:

Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

5. Plano oclusal maxilar (cúspide mesiovestibular del 16, cúspide mesiovestibular del 26, incisal del 11) (Figura 40).

Este plano tiene como principal función la orientación espacial del plano oclusal maxilar para que este sea evaluado en relación con su nivelación, así como con su inclinación anteroposterior.<sup>17</sup>



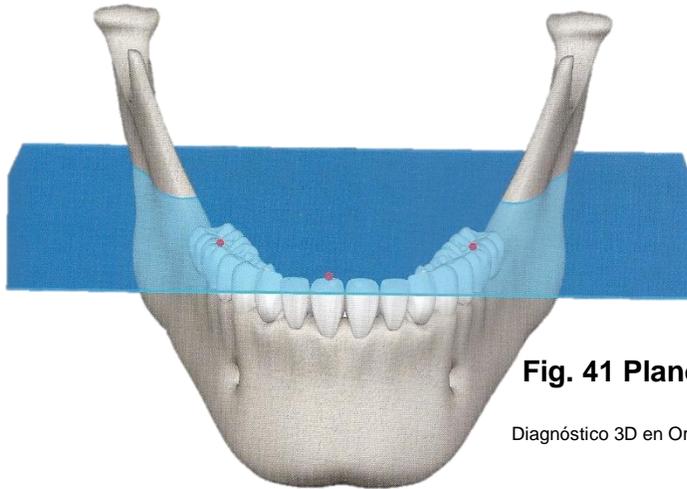
**Fig. 40 Plano oclusal maxilar.**

Fuente:

Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

6. Plano oclusal mandibular (cúspide mesiovestibular del 36, cúspide mesiovestibular del 46, incisal del 41) (Figura 41).

Este plano tiene como principal función la orientación espacial del plano oclusal mandibular para que este sea evaluado en relación con su nivelación, así como su inclinación anteroposterior. La relación de este plano con el plano basal-mandibular es fundamental para diagnosticar, asimetrías alveolares.<sup>17</sup>

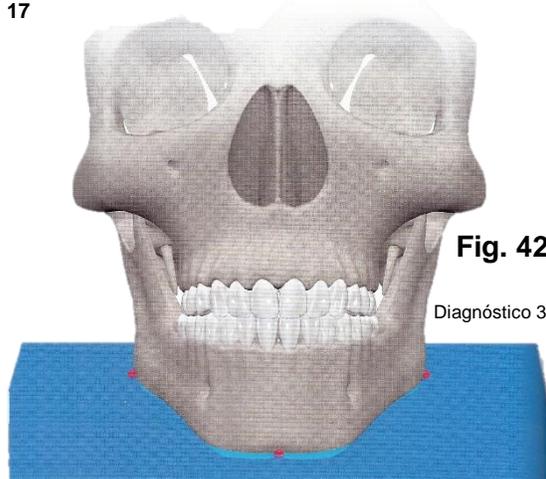


**Fig. 41 Plano oclusal mandibular.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

7. Plano mandibular basal (gonion derecho, gonion izquierdo, mentón) (Figura 42).

Este plano tiene como principal función la orientación espacial de la base mandibular, sirviendo de orientación en cuanto a eventuales asimetrías y tiene un papel importante en la evaluación del posicionamiento del plano oclusal.<sup>17</sup>



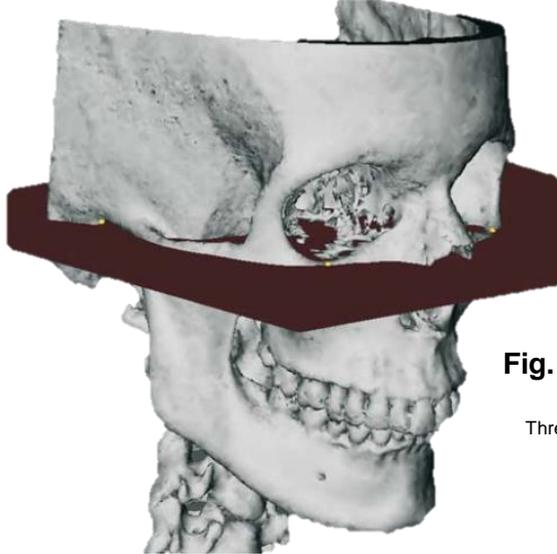
**Fig. 42 Plano mandibular basal.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.



8. Plano horizontal de Frankfort (Figura 43).

Plano que pasa por los dos puntos Porion de los lados derecho e izquierdo y por el punto orbitario derecho. <sup>20,21.</sup>

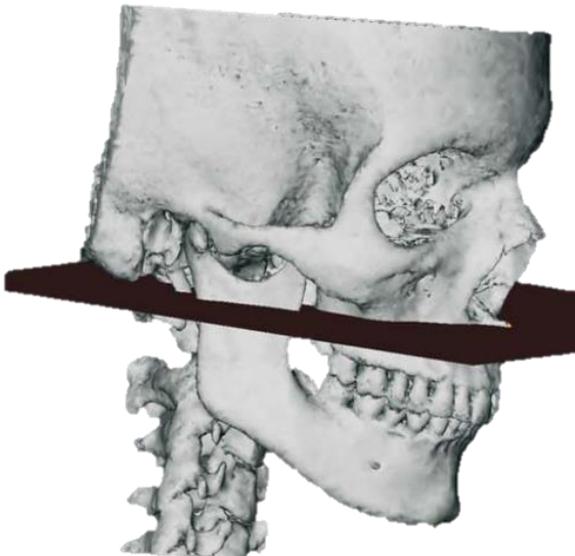


**Fig. 43 Plano horizontal de Frankfort.**

Fuente:  
Three-Dimensional Cephalometry A Color Atlas and Manual.

9. Plano maxilar (Figura 44).

Plano que pasa por el punto espina nasal anterior y los dos puntos maxilares de los lados derecho e izquierdo. <sup>20,21.</sup>



**Fig. 44 Plano maxilar.**

Fuente:  
Three-Dimensional Cephalometry A Color Atlas and Manual.



#### 5.4 Puntos sobre el tejido blando.

La antropometría, es la ciencia biológica de estudiar la medición de las dimensiones físicas humanas. La antropometría de la cabeza y la cara fue iniciado por Aleš Hrdlička (1869-1943), pero ampliamente desarrollada y popularizada por Leslie G. Farkas, cuya labor clínica y científica directa e indirecta en antropometría (fotogrametría) ha hecho una contribución importante en la evaluación clínica de la cabeza y la cara. Los posibles errores en la antropometría son por la incorrecta ubicación de los puntos, el uso incorrecto de los equipos de medición y un método de medición inadecuada. La principal deficiencia de antropometría directa es que necesita una amplia gama de herramientas de medición, exige una gran experiencia por parte del investigador. Las desventajas de la antropometría indirecta o la fotogrametría son dificultades en la normalización de las fotografías, inexactitud en la ubicación de los puntos relacionados con los huesos de los tejidos blandos y su carácter bidimensional.

Los puntos de referencia situados en la piel se conocen como puntos de referencia cefalométricos 3-D en tejidos.

La demarcación de los puntos sobre el tejido blando debe buscar la representación de toda las estructuras anatómicas que sirvan de referencia o que serán alteradas con el tratamiento propuesto. Veintiocho (29) puntos se pueden considerar suficientes para una completa evaluación.<sup>17,21.</sup>

× **Glabela:**

Glabela (g) es el punto medio más anterior en el contorno de los tejidos blandos fronto-orbital (Figura 45).<sup>21.</sup>

× **Nasión:**

Nasión (n) es el punto medio en el contorno de los tejidos blandos de la base de la raíz nasal en el nivel de la sutura frontonasal (Figura 45).<sup>21.</sup>



× **Punta nasal:**

Es el punto medio más anterior de la punta nasal. Si una nariz bífida está presente, se elige la punta más sobresaliente para determinar pronasal (Figura 45).<sup>21</sup>.

× **Subnasal.**

Es el punto medio en el contorno naso labial del tejido blando entre la cresta de la columela y el labio superior (Figura 45).<sup>21</sup>.

× **Punto A.**

Es el punto más anterior del surco medio nasolabial (Figura 45).<sup>21</sup>.

× **Labial superior.**

Es el punto medio de la línea del bermellón del labio superior (Figura 45).

× **Labial inferior.**

Es el punto medio de la línea del bermellón del labio inferior (Figura 45).

× **Estomio superior.**

Punto medio del borde inferior del labio superior (Figura 45).<sup>21</sup>.

× **Estomio inferior.**

Punto medio del borde superior del labio inferior (Figura 45).

× **Punto B.**

Es el punto medio más posterior en el contorno de los tejidos blandos mentolabial que define la frontera entre el labio inferior y la barbilla (Figura 45).

× **Pogonion tejidos blandos.**

Es el punto medio más anterior de la barbilla (Figura 45).

× **Gnacion tejido blando**

Es el punto medio más inferior en el contorno de los tejidos blandos de la barbilla situado en el nivel de los tejidos duros punto Menton (Figura 45).<sup>21</sup>.

× **Mentoniano.**

(Figura 45).

× **Vértice del cuello.**

(Figura 45).



× **Cigomático derecho e izquierdo.**

Es el punto más lateral en el contorno de los tejidos blandos de cada arco cigomático (Figura 45).

× **Borde orbital derecho e izquierdo.**

Es el punto de tejido blando situado en el nivel más superior de cada borde supraorbital. Se define como el punto más alto en el borde inferior de la ceja (Figura 45).

× **Subpupilar derecho e izquierdo.**

Es el punto de tejido blando situado en el nivel más inferior de cada reborde infraorbitario, que se encuentra en el nivel de los tejidos duros (Figura 45).

× **Base alar derecha e izquierda.**

Es el punto más lateral en cada contorno alar (Figura 45).

× **Esquina interna del ojo izquierda y derecha.**

Es el punto de tejido blando situado en la comisura interior de cada ojo (Figura 45).

× **Hendidura bucal izquierda y derecha.**

Es el punto situado en cada comisura labial (Figura 45).

× **Gonion derecho e izquierdo.**

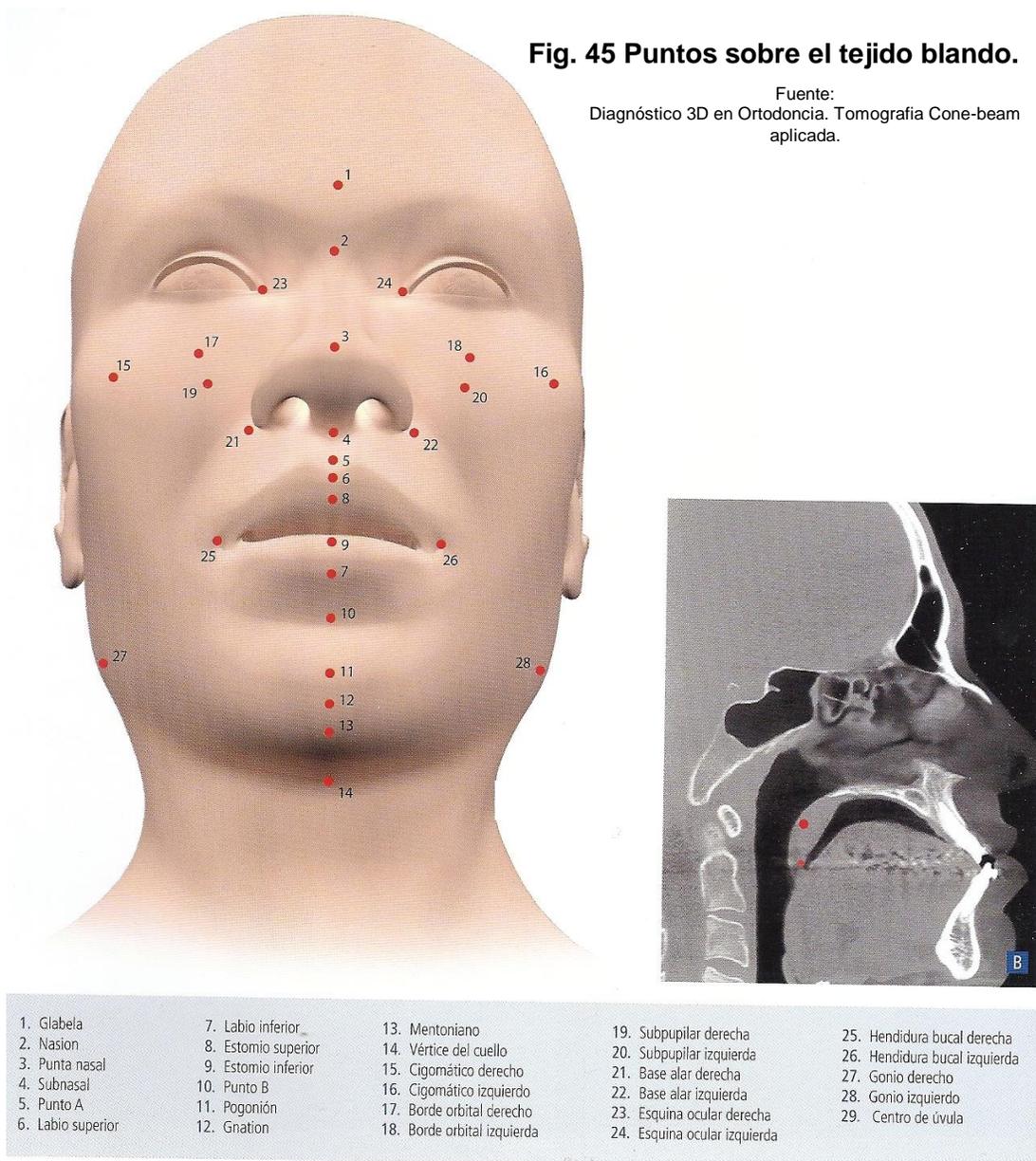
Es el punto más lateral en el contorno de los tejidos blandos de cada ángulo mandibular, situado en el mismo nivel que en los tejidos duros cefalométricos (Figura 45).

× **Centro de la úvula.**

(Figura 45).<sup>21</sup>

**Fig. 45 Puntos sobre el tejido blando.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodondia. Tomografía Cone-beam aplicada.



### 5.5 Puntos esqueléticos.

La cefalometría 3D precisa la definición de puntos cefalométricos que es esencial para la exactitud y fiabilidad de los análisis cefalométrico. Los puntos de referencia que se encuentran en el hueso se denominan como "puntos cefalométricos 3-D de tejido duro". Los puntos sobre el tejido duro deben buscar la representación de todas las estructuras anatómicas que deben servir de referencia y que serán alteradas con el tratamiento propuesto. Las



abreviaturas (símbolos) para los puntos de referencia de tejidos duros se encuentran en mayúsculas como en cefalometría convencional. Un total de 22 puntos de referencia (Figura 46) en lo que respecta a las unidades de esqueleto facial (frente, nasales, periorbitarias, tercio medio facial y la mandíbula) son necesarios para un correcto análisis. <sup>17,21</sup>.

× **Nasión (N).**

Es el punto medio de la sutura frontonasal.

× **Silla (S).**

Es el centro de la fosa hipofisaria (silla turca).

× **Porion (Po).**

Es el punto más superior de cada meato aditivo externo.

× **Orbital (O).**

Es el punto más inferior de cada reborde infraorbitario.

× **Espina nasal anterior (ENA).**

Es el punto medio más anterior de la espina nasal anterior del maxilar.

× **Espina nasal posterior (ENP).**

Es el punto más posterior medio de la espina nasal posterior del hueso palatino.

× **Menton (Me).**

Es el punto medio más inferior del mentón en el contorno de la sínfisis mandibular.

× **Gonion (Go).**

Es el punto en cada ángulo de la mandíbula que se define al dejar caer una perpendicular desde el punto de las líneas tangentes de inserción posterior de la rama vertical de la mandíbula y el margen inferior del cuerpo mandibular o rama horizontal.

× **Frontocigomático (Fz).**

Es el punto más medial y anterior de cada sutura frontocigomático a nivel del reborde orbitario lateral. <sup>21</sup>.



× **Cigomático (Cg).**

Es el punto más lateral en el contorno de cada arco cigomático.

× **Punto A (A).**

Es el punto de máxima concavidad en la línea media del proceso alveolar del maxilar superior.

× **Punto B (B).**

Es el punto de máxima concavidad en la línea media del proceso alveolar del maxilar inferior.

× **Pogonion (Pog).**

Es el punto medio más anterior del mentón en el contorno de la sínfisis mandibular.

× **Basión (Ba).**

Es el punto más anterior del gran foramen (foramen magno).

× **Cóndilo (Co).**

Es el punto más posterosuperior de cada cóndilo mandibular en el plano sagital.

× **Articulare (Ar).**

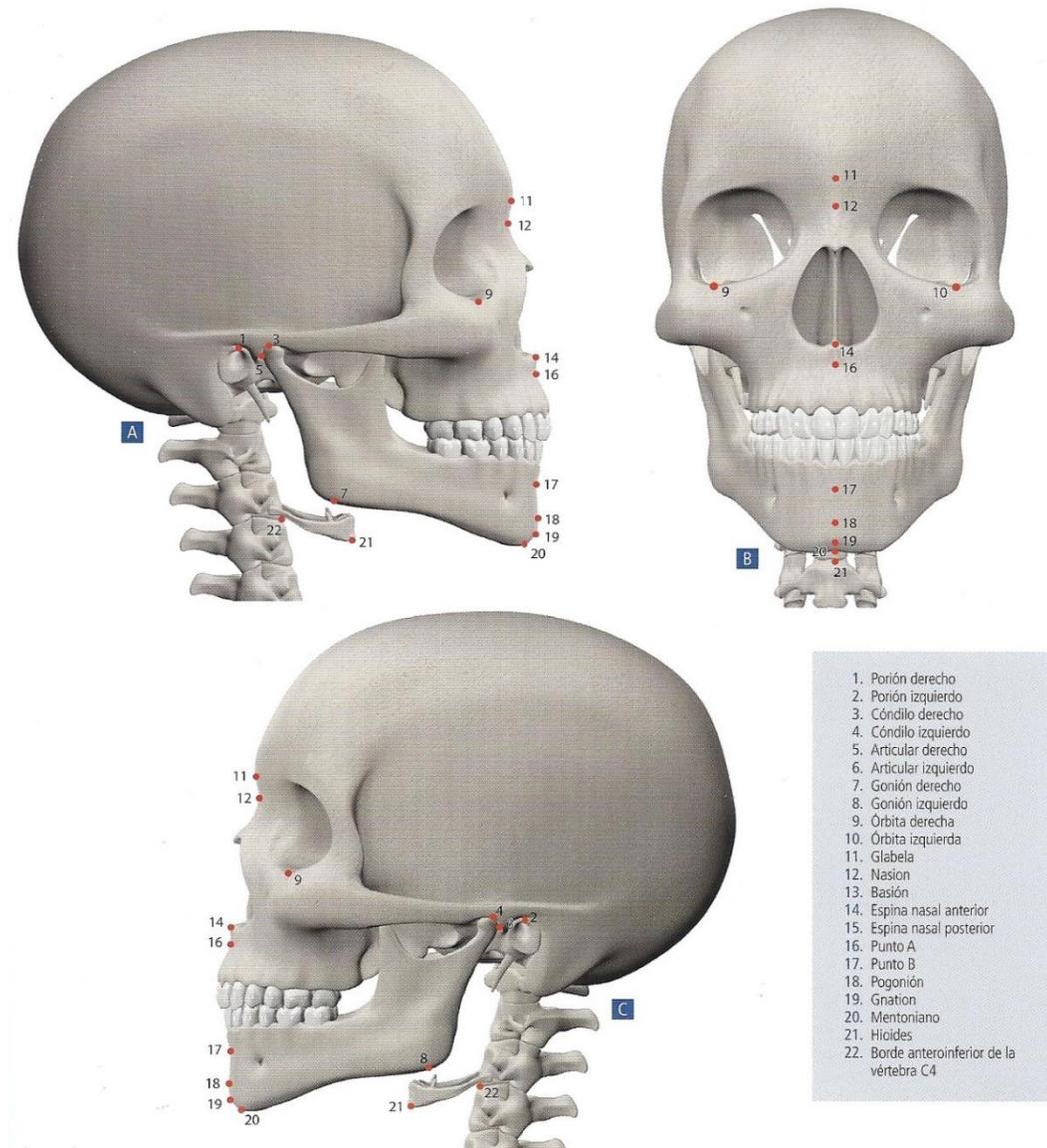
La intersección del borde posterior de la rama ascendente mandibular vertical y el margen exterior de la base del cráneo.

× **Glabela (Gl).**

El punto del hueso frontal más anterior

× **Gnasion (Gn).**

El punto más anterior e inferior en el contorno de la sínfisis mandibular. <sup>21</sup>.

**Fig. 46 Puntos esqueléticos.**

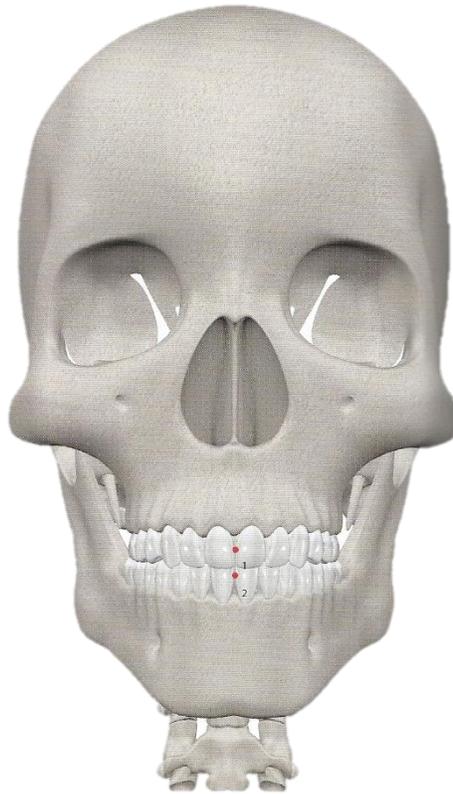
Fuente:

Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

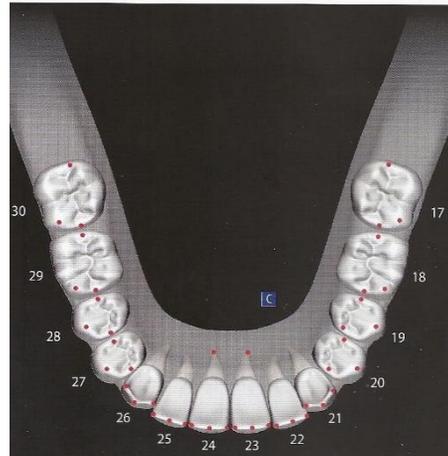
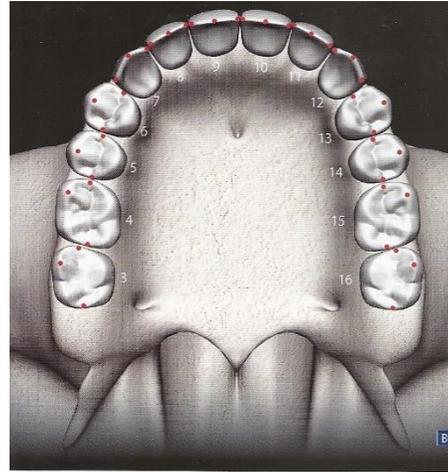
## 5.6 Puntos dentales.

Son para realizar la referencia de todos los elementos dentales, así como las líneas media maxilar y mandibular. Esta demarcación es importante para realizar el análisis del espacio dentario, volumen dentario (Bolton), discrepancias anteroposteriores (sobresalencia) y discrepancias verticales

entre los arcos dentales (sobremordida). De esta manera, se definieron los siguientes puntos dentales (Figura 47).<sup>17</sup>



1. Línea media maxilar
2. Línea media mandibular
3. 17: Distal mesial, cúspide mesiovestibular
4. 16: Distal mesial, cúspide mesiovestibular
5. 15: Distal mesial, cúspide vestibular
6. 14: Distal mesial, cúspide vestibular
7. 13: Distal mesial, incisal
8. 12: Distal mesial, incisal
9. 11: Distal mesial, incisal, ápice radicular
10. 21: Distal mesial, incisal, ápice radicular
11. 22: Distal mesial, incisal
12. 23: Distal mesial, incisal
13. 24: Distal mesial, cúspide vestibular
14. 25: Distal mesial, cúspide vestibular
15. 26: Distal mesial, cúspide mesiovestibular
16. 27: Distal mesial, cúspide mesiovestibular
17. 37: Distal mesial, cúspide mesiovestibular
18. 36: Distal mesial, cúspide mesiovestibular
19. 35: Distal mesial, cúspide vestibular
20. 34: Distal mesial, cúspide vestibular
21. 33: Distal mesial, incisal
22. 32: Distal mesial, incisal
23. 31: Distal mesial, incisal, ápice radicular
24. 41: Distal mesial, incisal, ápice radicular
25. 42: Distal mesial, incisal
26. 43: Distal mesial, incisal
27. 44: Distal mesial, cúspide vestibular
28. 45: Distal mesial, cúspide vestibular
29. 46: Distal mesial, cúspide mesiovestibular
30. 47: Distal mesial, cúspide mesiovestibular



**Fig. 47 Puntos dentales.**

Fuente:

Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.



## 5.7 Medidas lineales.

- Anchura supra orbitaria: distancia entre los puntos supra orbitarios (Sord y Sori).
- Anchura orbitaria: distancia entre los puntos orbitarios (Ord y Ori).
- Anchura fronto cigomática: distancia ente los puntos fronto cigomáticos (Fzd y Fzi).
- Anchura bicigomática: distancia entre los puntos zygion (Zyd y Zyi).
- Anchura Bcd-Bci: distancia entre los puntos bucales (Bcd y Bci).
- Anchura transporiónica: distancia entre los puntos porion (Pod y Poi).
- Anchura maxilar: distancia entre los puntos Mxd y Mxi.
- Anchura Tbd y Tbi: distancia entre los puntos de las tuberosidades derecha e izquierda.
- Anchura bicondílea: distancia entre los puntos cóndilo derecho e izquierdo.
- Anchura de la rama: distancia entre los puntos Rd y Ri.
- Anchura bigonial: distancia entre los puntos God y Goi.
- Anchura antegonial: distancia entre los puntos antegoniales (Agd y Agi).
- Longitud de la base craneal anterior: distancia entre los puntos N-S.
- Longitud maxilar: distancia entre los puntos Ena y espina nasal posterior (Enp).
- Longitud mandibular total: distancia entre los puntos Cdd- Pogonion (Pg) y entre los puntos Cdi-Pg.
- Altura facial anterior total: distancia entre los puntos N y mentón (Me).
- Altura facial anterosuperior: distancia entre los puntos N y Ena.
- Altura facial antero inferior: distancia entre los puntos Ena y Me.
- Altura facial posterior total: distancia entre los puntos S-God y los puntos S-Goi.
- Longitud de la rama: distancia entre los puntos Cdd-God y los puntos Cdi-Goi. <sup>20</sup>.

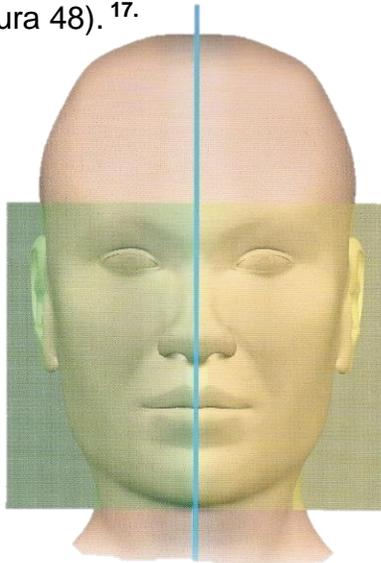
## 5.8 Puntos necesarios en el análisis cefalométrico.

A través de la demarcación de estas estructuras se pueden realizar todas las mediciones que sean necesarias para el diagnóstico ortodóntico y/o quirúrgico. A continuación se mencionan algunos puntos claves que deberán formar parte de prácticamente todos los análisis cefalométricos.<sup>17</sup>

### Armonía facial.

- ♦ Simetría:

La observación se debe hacer a través del plano sagital medio, donde se puede realizar la evaluación volumétrica de las hemicaras derecha e izquierda, haciendo uso de herramientas de software que trabajan con espejos para posibilitar la mejor identificación de asimetrías más discretas (Figura 48).<sup>17</sup>

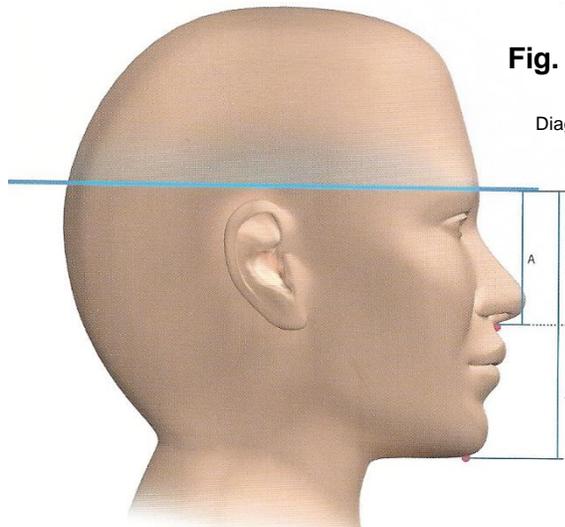


**Fig. 48 Simetría facial.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

- ♦ Proporcionalidad:

Demarcación de los puntos: subnasal y mentoniano. Evaluando la relación entre la altura de los dos puntos en relación con el plano axial superior, que preferiblemente debe ser de 2:1 (Figura 49).<sup>17</sup>

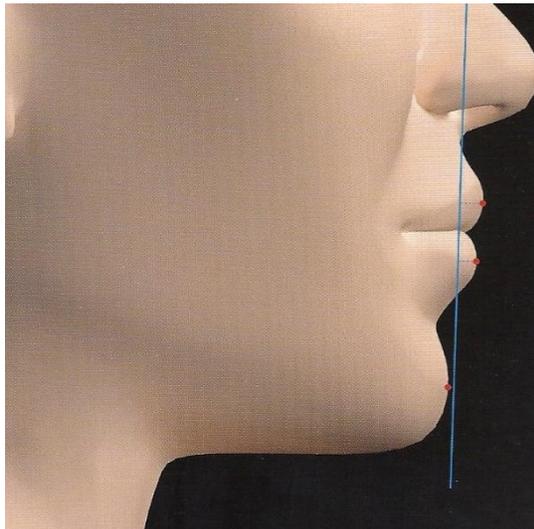


**Fig. 49 Proporcionalidad facial.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía  
Cone-beam aplicada.

♦ Proyección del tercio inferior:

Demarcación de los puntos: labio superior, labio inferior y pogonión blando. Evaluación de la distancia de los puntos a su proyección sobre el plano vertical verdadero (Figura 50).<sup>17</sup>

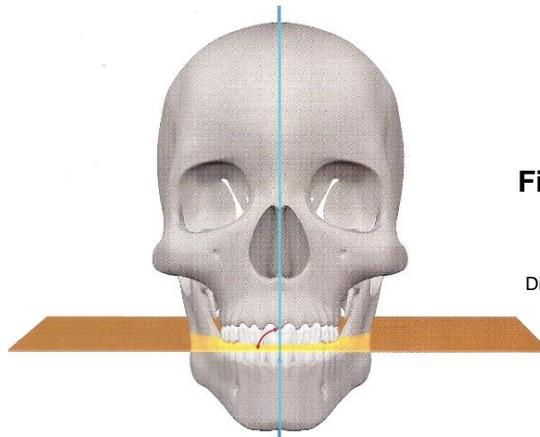


**Fig. 50 Proyección del tercio inferior.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía  
Cone-beam aplicada.

♦ Nivelación oclusal:

La evaluación de la nivelación de los planos oclusales se puede hacer observando el ángulo formado entre los planos oclusales y el plano sagital medio, que debería ser de  $90^\circ$  (Figura 51).<sup>17</sup>

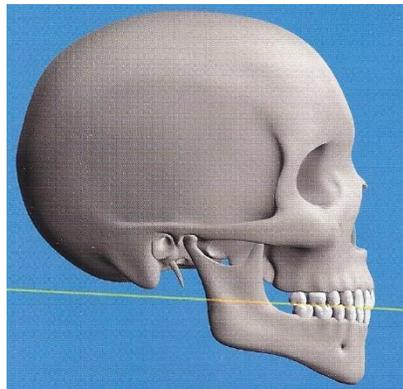


**Fig. 51 Nivelación oclusal.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía  
Cone-beam aplicada.

♦ Inclinación oclusal:

La evaluación de la inclinación de los planos oclusales se puede hacer observando el ángulo formado entre los planos oclusales y el plano vertical verdadero (Figura 52).<sup>17</sup>

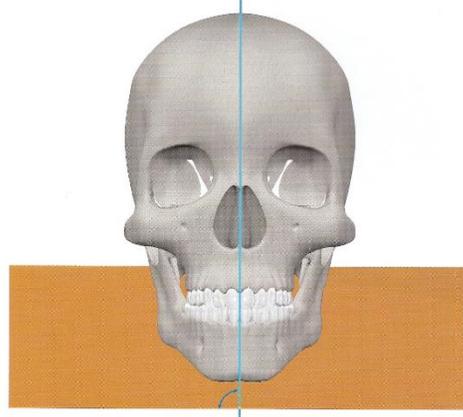


**Fig. 52 Inclinación oclusal.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía  
Cone-beam aplicada.

♦ Nivelación mandibular:

La evaluación de la nivelación mandibular se puede hacer observando el ángulo formado entre el plano mandibular basal y el plano sagital medio, que idealmente debe ser de 90° (Figura 53).<sup>17</sup>

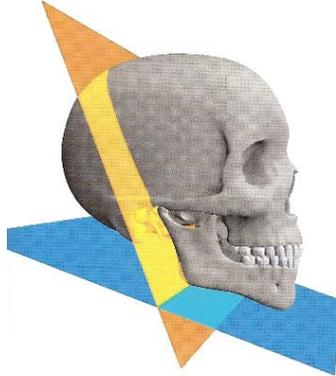


**Fig. 53 Nivelación mandibular.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía  
Cone-beam aplicada.

- ♦ Ángulo mandibular:

Evaluación angular del ángulo formado entre los puntos articular, gonión y mentón (Figura 54).<sup>17</sup>

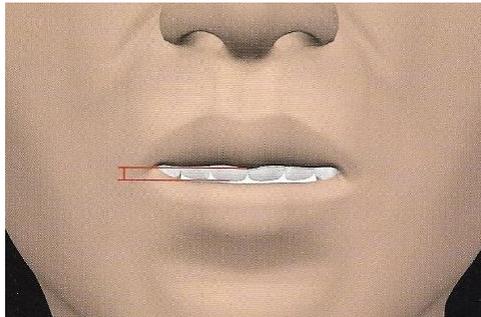


**Fig. 54 Ángulo mandibular.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

- ♦ Exposición del incisivo superior:

Distancia lineal entre el punto estomio superior y punto central de la incisal de los incisivos superiores (Figura 55).<sup>17</sup>

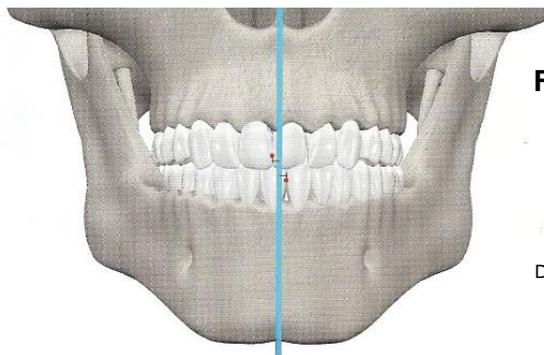


**Fig. 55 Exposición del incisivo superior.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

- ♦ Lateralidad de las líneas medias:

Evaluación de la distancia horizontal entre las líneas medias maxilar y mandibular en relación con el plano sagital medio (Figura 56).<sup>17</sup>



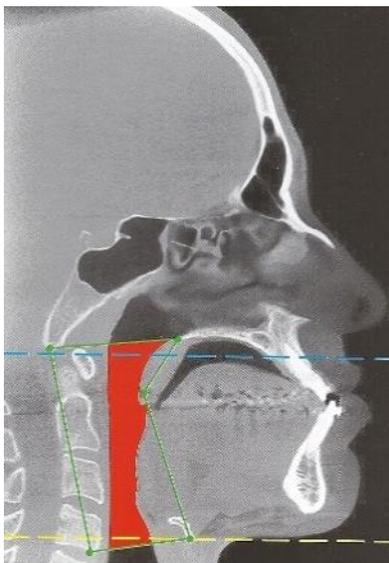
**Fig. 56 Lateralidad de las líneas medias.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

### Vías aéreas (cavidad nasal y vías aéreas superiores).

- ♦ Evaluación volumétrica de las vías aéreas:

La vía aérea se deberá definir a través de un corte sagital medio demarcando un polígono que liga los puntos espina nasal posterior (ENP), basión, vértice anteroinferior de la vértebra C4, hioides y centro de la úvula. A partir de esta segmentación, definimos el volumen de la porción aérea en milímetros cúbicos, así como la menor sección axial de esta porción en milímetros cuadrados (Figura 57)<sup>17</sup>.



**Fig. 57 Demarcación de las vías aéreas.**

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada.

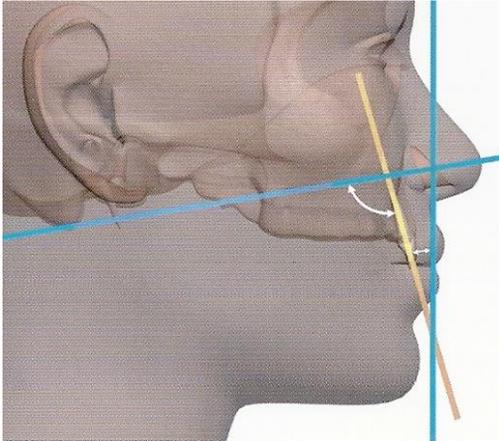
### Posicionamiento axial de los incisivos.

- ♦ Inclinación de los incisivos superiores:

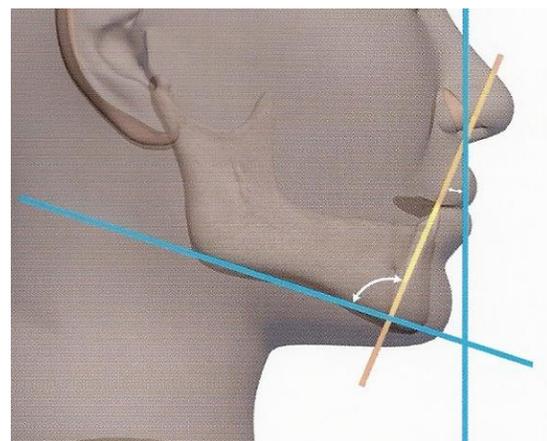
Medida angular entre el eje largo de los incisivos superiores en relación con el plano palatino (ENA-ENP) y en relación con la línea vertical verdadera (Figura 58).<sup>17</sup>

- ♦ Inclinación de los incisivos inferiores:

Medida angular entre el eje largo de los incisivos inferiores y el plano mandibular (IMPA) Gonión-Gnation y en relación con el plano vertical verdadero (Figura 59).<sup>17</sup>



**Fig. 58** Inclinación de los incisivos superiores.



**Fig. 59** Inclinación de los incisivos inferiores.

Fuente:  
Diagnóstico 3D en Ortodencia. Tomografía Cone-beam  
aplicada.

## 5.9 Aplicaciones de los análisis cefalométricos 3D.

Las aplicaciones de los análisis cefalométricos tridimensionales en investigación y a nivel clínico son:

- Análisis de los casos límite con cirugía ortognática.
- Set-up quirúrgicos.
- Asimetrías faciales.
- Análisis de compensaciones dentoalveolares.
- Definición de objetivos terapéuticos.
- Set-up y análisis oclusales.
- Estudios de la evolución en antropología o estudios del crecimiento.
- Estudios de análisis facial.<sup>20</sup>



## 5.10 Comparación imágenes 2D y 3D.

Existen algunas razones para el cuestionamiento de la validez de la cefalometría radiográfica:

- La película convencional es la representación bidimensional de un objeto tridimensional. Cuando un objeto tridimensional se representa en dos dimensiones, las estructuras se dislocan verticalmente y horizontalmente en proporción con su distancia a la película o al plano de registro. <sup>17</sup>.
- El análisis cefalométrico se basa en la suposición de una perfecta superposición entre los lados derecho e izquierdo en el plano sagital medio, pero esto se observa poco porque la simetría facial es rara y por el desplazamiento relativo de la imagen entre los lados. Las discrepancias resultantes entre los lados derecho e izquierdo no permiten un acceso preciso a determinadas anomalías craneofaciales. <sup>17</sup>.
- La gran cantidad de errores de proyección radiográfica, asociados a la adquisición de imágenes, que incluyen magnificación de tamaño y distorsión de la imagen, como los errores en el posicionamiento del paciente y distorsiones inherentes a la geometría relacional entre el paciente y la película y el foco de rayos X, que pueden comprometer una evaluación exacta.
- El error operacional en la elaboración del cefalograma y en el procesamiento del análisis cefalométrico también puede disminuir la precisión del método. <sup>17</sup>.

Con la aparición de la tomografía computarizada se pudieron obtener medidas reales, producir imágenes espaciales de las estructuras craneofaciales y observar las estructuras internas que removían las superficies exteriores, así como varios órganos y estructuras independientes que cambiaban la densidad de los tejidos. Una imagen 3D muestra las asimetrías del tercio medio de la cara y de la base del cráneo, lo cual es difícil de observar con la radiografía convencional. <sup>17</sup>.

Ejemplo:

Se presenta el análisis cefalométrico convencional de Jaraback (Figura 60) (Tabla 1) en donde observamos la difícil ubicación de los puntos por la superposición de imágenes; en especial el punto articular.

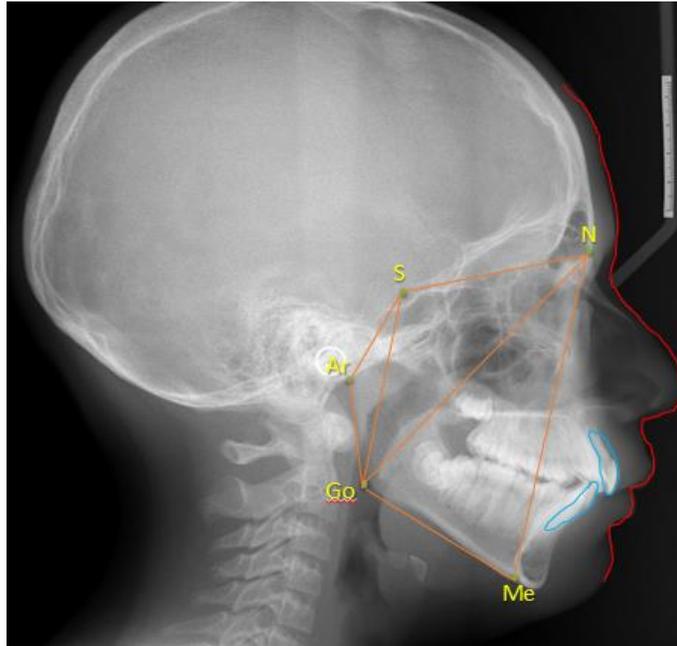


Fig. 60 Trazado cefalométrico convencional de Jaraback.

Fuente:  
Directa.

Tabla 1. ANÁLISIS CONVENCIONAL DE JARABACK.

	NORMA	PACIENTE
<i>Base craneal posterior S-Ar</i>	29 a 35 mm	<b>39mm</b>
<i>Altura de la rama Ar-Go</i>	39 a 49 mm	<b>41mm</b>
<i>Base craneal anterior S-N</i>	68 a 74 mm	<b>74mm</b>
<i>Longitud del cuerpo mandibular Go-Me</i>	66 a 76 mm	<b>75mm</b>
<i>Angulo de la silla, N-S-Ar</i>	123° ± 5°	<b>130°</b>
<i>Angulo articular, S-Ar-Go</i>	143° ± 6°	<b>144°</b>
<i>Angulo goniaco, Ar-Go-Me</i>	130° ± 7°	<b>130°</b>
<i>Suma total de ángulos</i>	396° ± 6°	<b>404°</b>
<i>Mitad superior ángulo goniaco, Ar-Go-N</i>	52° a 55°	<b>53°</b>
<i>Mitad inferior ángulo goniaco, N-Go-Me</i>	70°a 75°	<b>77°</b>
<i>Altura facial posterior S-Go</i>	70 a 85 mm	<b>71mm</b>
<i>Altura facial anterior N-Me</i>	105 a 120 mm	<b>134mm</b>
<i>Altura facial posterior/anterior S-Go/N-Me</i>	62 a 65 %	<b>53 %</b>

Fuente:  
Directa.

Se realiza el análisis de Jaraback en 3D siendo más fácil la ubicación de los puntos y obteniendo medidas reales del paciente (Figura 61), las cuales son muy diferentes al análisis convencional (Tabla 2). Observando que la superposición de imágenes no existe.

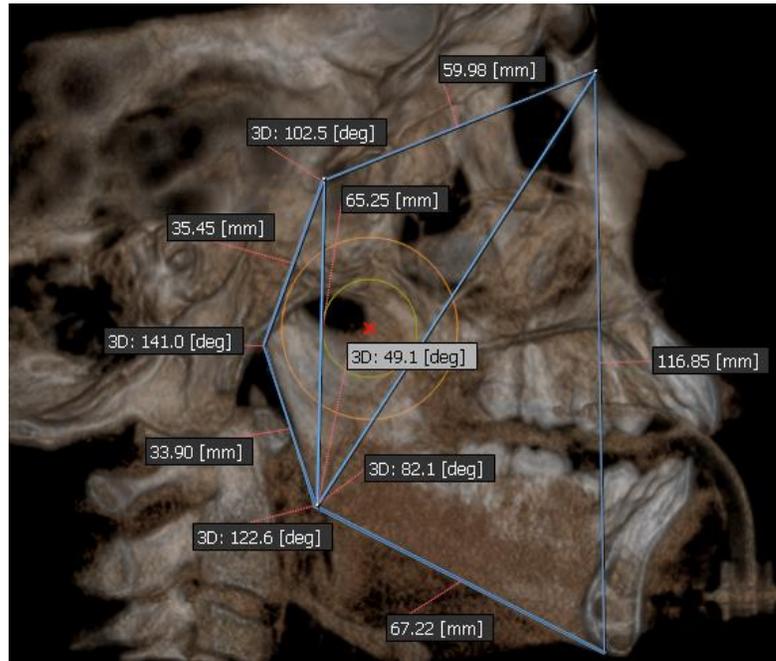


Fig. 61 Trazado cefalométrico tridimensional de Jaraback.

Fuente:  
Directa.

Tabla 2. ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL DE JARABACK

	NORMA	PACIENTE
<i>Base craneal posterior S-Ar</i>	29 a 35 mm	<b>35.45mm</b>
<i>Altura de la rama Ar-Go</i>	39 a 49 mm	<b>33.90mm</b>
<i>Base craneal anterior S-N</i>	68 a 74 mm	<b>59.98mm</b>
<i>Longitud del cuerpo mandibular Go-Me</i>	66 a 76 mm	<b>67.22mm</b>
<i>Angulo de la silla, N-S-Ar</i>	123° ± 5°	<b>102.5°</b>
<i>Angulo articular, S-Ar-Go</i>	143° ± 6°	<b>141°</b>
<i>Angulo goniaco, Ar-Go-Me</i>	130° ± 7°	<b>122.6°</b>
<i>Suma total de ángulos</i>	396° ± 6°	<b>366.1°</b>
<i>Mitad superior ángulo goniaco, Ar-Go-N</i>	52° a 55°	<b>49.1°</b>
<i>Mitad inferior ángulo goniaco, N-Go-Me</i>	70° a 75°	<b>82.1°</b>
<i>Altura facial posterior S-Go</i>	70 a 85 mm	<b>66.25mm</b>
<i>Altura facial anterior N-Me</i>	105 a 120 mm	<b>116.85mm</b>
<i>Altura facial posterior/anterior S-Go/N-Me</i>	62 a 65 %	<b>57 %</b>

Fuente:  
Directa.

## 5.11 Software para cefalometría 3D.

### ◆ Dolphin 3D®.

Dolphin 3D (Figura 62) ofrece herramientas para manipular y analizar en pantalla datos volumétricos; las imágenes se rotan y orientan fácilmente y los umbrales de las densidades de los tejidos se pueden ajustar para ver de forma detallada la anatomía craneofacial. Las mediciones y la digitalización de puntos cefalométricos, pueden realizarse tanto en 2D tradicional como en 3D.<sup>22</sup>

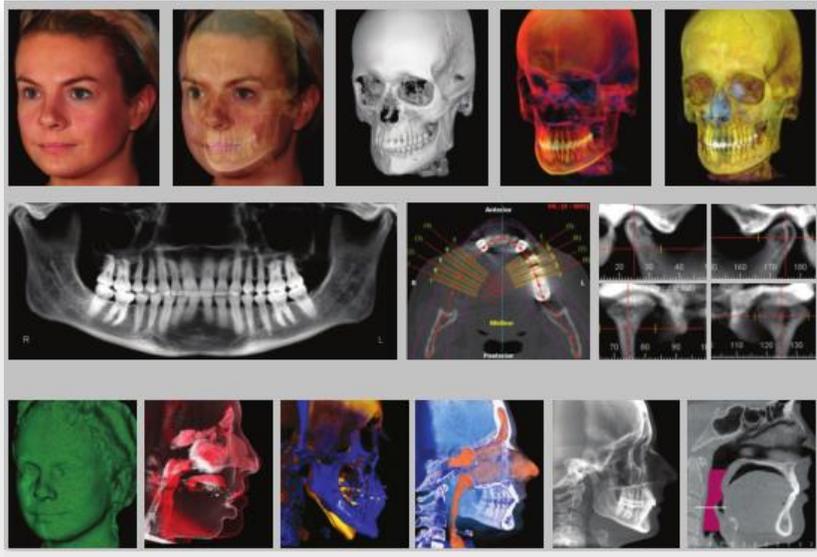


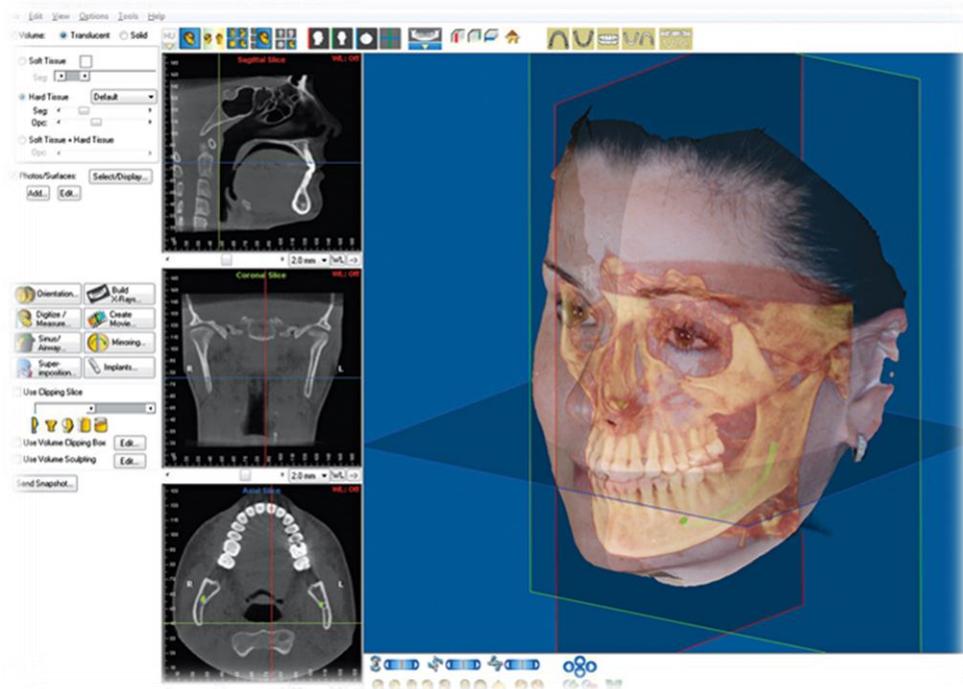
Fig. 62 Imágenes obtenidas con software Dolphin 3D.

Fuente:  
<http://www.dolphinimaging.com/3d.html>

### Digitalización/Mediciones.

- ✓ Puede medir distancias y ángulos en 3D, diseñar sus propios análisis en 3D o en 2D (Se requiere el módulo de Trazados Cefalométricos de Dolphin).
- ✓ Se puede analizar las vías aéreas estableciendo un perímetro alrededor del escaneado volumétrico; el programa rellenará de forma automática el espacio de vía aérea dentro de ese perímetro; y muestra información sobre el volumen en milímetros cúbicos de la vía aérea.
- ✓ Los puntos cefalométricos pueden utilizarse en un análisis 3D (Figura 63) o traspasarse a otros 2D lateral o frontal, tales como Roth, Jarabak, McNamara, etc.<sup>22</sup>

- ✓ Los puntos cefalométricos pueden ser guardados en Dolphin y pueden ser exportados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel o a otros programas de análisis numéricos.
- ✓ Los análisis laterales incluyen Ricketts, McNamara, Steiner (Tweed), Jarabak, Roth, Sassouni, McLaughlin, Downs-Noroeste, Bjork, Alexander (Vari-Simplex), Holdaway, Alabama, Burstone, Gerety etc.
- ✓ Los análisis frontales incluyen Ricketts, Van Arsdale, Grummons y Grummons simplificado.
- ✓ Las plantillas cefalométricas, incluyen el perfil de los tejidos blandos, de las vías respiratorias, la sínfisis, maxilar, mandíbula, cóndilo, el desarrollo del tercer molar, canal dentario inferior, apófisis mastoides, cavidades nasales, órbitas, arco cigomático, etc.<sup>22</sup>.



**Fig. 63 Los puntos cefalométricos pueden marcarse tanto en el volumen como en cualquier corte de sección.**

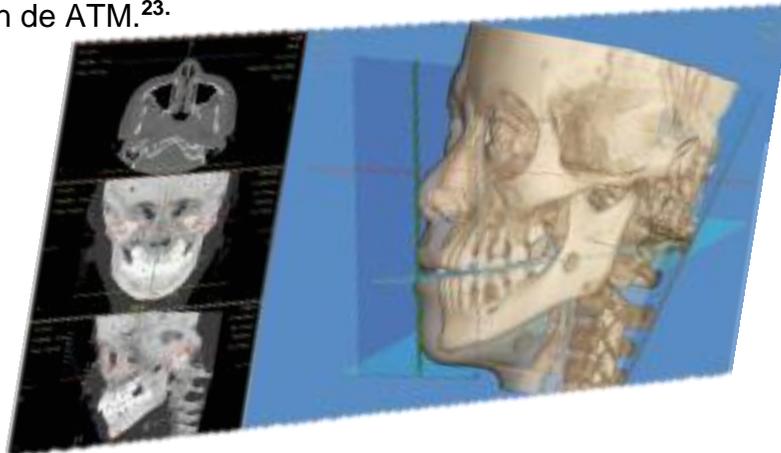
Fuente:

<http://www.dolphinimaging.com/3d.html>

### ◆ Nemoceph 3D®.

NemoCeph 3D le permite importar el examen tomográfico de su paciente en formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) y crear un volumen 3D completo con una generación / segmentación automática del hueso y la piel o tejido blando.<sup>23</sup>

- ✓ Incluye los Análisis más frecuentes en su versión lateral derecha, lateral izquierda y tridimensional.
- ✓ Reorientación del volumen para adaptación a PNC.
- ✓ Generador de Radiografías Virtuales: Lateral, frontal, submentovertex y panorámica.<sup>23</sup>
- ✓ Permite realizar el trazado de los puntos cefalométricos sobre el 3D, sobre los cortes MPV o sobre las Radiografías Virtuales (Figura 64).
- ✓ Examen de ATM.<sup>23</sup>



**Fig. 64 Trazado de los puntos cefalométricos sobre el 3D y cortes MPV.**

Fuente:

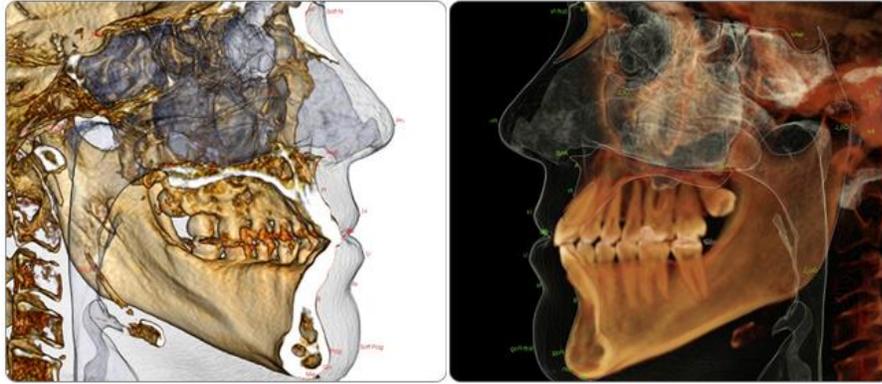
[http://www.nemotec.com/nemoceph3D\\_catalogo.php](http://www.nemotec.com/nemoceph3D_catalogo.php)

### ◆ InVivoDental by Anatomage.

#### Identificación Automática de puntos cefalométricos.

Los puntos de referencia anatómicos siempre han sido difíciles de identificar en las imágenes cefalométricas. Para resolver este problema, Anatomage creó una forma innovadora y fácil de realizar trazados cefalométricos que identificarán automáticamente muchos puntos de interés específicos (Figura 65).<sup>24</sup>

Este tipo de sistema de señal-identificación automática es la única forma de garantizar que los lugares son matemáticamente exactas, ya que muchos lugares están matemáticamente definidas por la geometría de los trazados.<sup>24</sup>



**Fig. 65 Puntos cefalométricos 3D con InVivoDental.**

Fuente:

<http://dental.anatomage.com/dental-products/invivo5-2/9-3da>

### Totalmente compatible con el análisis tradicional 2D

Debido a que la prioridad para el análisis 2D y el volumen de los datos existentes para el análisis 2D son importantes, el módulo de análisis 3D también proporciona el análisis completo 2D tradicional, así, capaz de imprimir en tamaño real 1:1 impresiones físicas. El software viene configurado con el análisis y le permite crear fácilmente su propio o modificar los actuales.<sup>24</sup>

Una lista parcial de estos incluye:

- |             |              |                 |               |
|-------------|--------------|-----------------|---------------|
| ✓ Steiner   | ✓ McNamara   | ✓ Europeo       | ✓ Japonés     |
| ✓ ABO       | ✓ McLaughlin | ✓ Afroamericano | ✓ Mi Europeo  |
| ✓ Alexander | ✓ Tweed      | ✓ América       | ✓ Mi América  |
| ✓ Downs     | ✓ UOP        | ✓ Chino         | ✓ Mi asiática |
| ✓ Iowa      | ✓ Ricketts   | ✓ Corea         |               |
| ✓ Bjork     |              |                 |               |



## 5.12 Ventajas y desventajas de la cefalometría 3D.

### ➤ **Ventajas.**

- Imágenes tridimensionales de la morfología craneofacial.
- Anatomía real del paciente.
- No hay magnificación de imágenes.
- Inexistencia de superposición de imágenes.
- Ubicación exacta de los puntos cefalométricos.
- Medidas lineales y angulares reales del paciente.
- Comparación del análisis cefalométrico lateral izquierdo y derecho. <sup>17,21</sup>.

### ➤ **Desventajas.**

- Desconocimiento del clínico en el uso de los softwares.
- El costo de los softwares.
- Inaccesibilidad económica del paciente para realizar el estudio de la CBCT.
- Desconocimiento del clínico de la anatomía cefalométrica; que limita la ubicación de puntos.
- Los softwares vienen configurados con análisis cefalométricos los cuales no están diseñados para pacientes mexicanos y las normas por lo tanto van a variar. <sup>17, 21</sup>.



## CONCLUSIONES.

- ◇ La tomografía computarizada Cone-beam tiene aplicaciones clínicas dentro de las especialidades de la odontología; por ello es necesario que el clínico conozca y sepa manipular esta tecnología ya que presenta muchas ventajas con respecto a las radiografías convencionales.
- ◇ El análisis cefalométrico tridimensional nos ayuda a localizar los puntos de una manera real, porque no existe sobreposición de imágenes como ocurre en la cefalometría convencional.
- ◇ Para el análisis cefalométrico tridimensional se definieron un grupo de puntos y planos de referencia que son suficientes para orientar el estudio, hacer fácil el mapeo. Con ello se extrae la información pertinente al diagnóstico y se puede construir cualquier análisis cefalométrico tridimensional.
- ◇ El análisis cefalométrico tridimensional tiene mayor exactitud en cuanto a medidas lineales, angulares y volumétricas siendo útiles para el diagnóstico y la planificación de tratamiento ortodóntico y ortopédico.
- ◇ La precisión del clínico y conocimiento de la anatomía cefalométrica tridimensional es fundamental para que los puntos sean ubicados de manera correcta y las medidas sean precisas.
- ◇ Debido a los costos del estudio con CBCT; no todos los pacientes están al alcance económico para realizar dicho estudio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Ulloa G L H. Röentgen y el descubrimiento de los rayos X. Revista de la Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia [Revista electrónica].1995; 43 (3); 150-152. [citado 01 Ago. 2014] Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/22596/1/19228-63070-1-PB.pdf>
2. Ugarte S J C. Manual de imagenología. 2da. Edición. La Habana: Editorial ciencias médicas; 2004.
3. Haring J L, Jansen L L. Radiología dental: principios y técnicas. 2da. Edición, México: Editorial McGraw-Hill Interamericana, 2002.
4. Ramírez G J C, Arboleda C C, McCollough C H. Tomografía computarizada por rayos X: fundamentos y actualidad. Revista Ingeniería Biomédica. [Revista electrónica]. 2008; 2 (4). [citado 01 Ago. 2014] Disponible en: <http://revistabme.eia.edu.co/numeros/4/art/Tomograf%C3%ADa%20computarizada%20por%20rayos%20X%20fundamentos%20y%20actualidad.pdf>
5. Bosch E O. Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna. Revista Chilena de Radiología [Revista electrónica]. 2004; 10 (4); 183-185. [citado 01 Ago. 2014] Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rchradiol/v10n4/art07.pdf>.
6. Águila R F J. Manual de Cefalometría, Caracas: Editorial Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericanas, 1996.
7. Arana F M, Buitrago V E, Benet I, Tobarra P. Tomografía computarizada: introducción a las aplicaciones dentales. RCOE [Revista electrónica]. 2006; 11, (3), 311-322. [citado 15 Ago. 2014] Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/rcoe/v11n3/original3.pdf>
8. Zamora M N, Paredes G V, Cibrián O, Gandía F J L. Funcionamiento de la TC médica y de la TC de haz cónico en odontología. ¿Qué debemos saber?



- Rev Esp Ortod. [Revista electrónica]. 2011; 41 (31). [citado 01 Sep. 2014]  
Disponible en:  
[http://www.revistadeortodoncia.com/files/2011\\_41\\_1\\_031-037.pdf](http://www.revistadeortodoncia.com/files/2011_41_1_031-037.pdf)
9. Miles A. Color atlas of cone beam volumetric imaging for dental applications. Quintessence Publishing Co, Inc; (2008).
10. Aranyarachkul P, Caruso J, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Dus I, Yamada J.M., Crigger, M. Bone density assessments of dental implant sites: 2. Quantitative cone-beam computerized tomography. Int J Oral Maxillofac Implants [Revista electrónica]. 2005; 20(3):416-24. [citado 20 Ago. 2014]  
Disponible en:  
[http://medlib.yu.ac.kr/eur\\_j\\_oph/ijom/IJOMI/ijomi\\_20\\_416.pdf](http://medlib.yu.ac.kr/eur_j_oph/ijom/IJOMI/ijomi_20_416.pdf)
11. Cattaneo P M, Melsen B. The use of cone-beam computed tomography in an orthodontic department in between research and daily clinic. World J Orthod. [Revista electrónica]. 2008; 9(3). [citado 01 Ago. 2014] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18834009>
12. Afrashtehfar K I. Utilización de imagenología bidimensional y tridimensional con fines Odontológicos. ADM [Revista electrónica]. 2012 mayo; 69 (3). P.P. 114-119 [citado 15 Ago. 2014] Disponible en:  
<http://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2012/od123d.pdf>
13. Mischkowski R, Scherer P, Neugebauer J, Ritter L, Scheer M, Zöller J. Tomografía volumétrica digital: ¿perspectivas para el odontólogo general? Quintessence [Revista electrónica]. 2009; 22 (4) [citado 15 Ago. 2014]  
Disponible en:  
<http://www.ortoface.com/pdfs/Tomografia%20volumetrica%20digital.pdf>
14. Tyndall D A, Rathore S. Cone-Beam CT Diagnostic Applications: Caries, Periodontal Bone Assessment, and Endodontic Applications. Dent Clin N Am [Revista electrónica]. 2008, 52; 825–84. [Citado 08 Sep. 2014]  
Disponible en:



[https://www.aae.org/uploadedfiles/publications\\_and\\_research/endodontics\\_colleagues\\_for\\_excellence\\_newsletter/cone-beamctdiagnosticapplicationscariesperiodontalboneassessmentandendodonticapplications.pdf](https://www.aae.org/uploadedfiles/publications_and_research/endodontics_colleagues_for_excellence_newsletter/cone-beamctdiagnosticapplicationscariesperiodontalboneassessmentandendodonticapplications.pdf)

- 15.** Lenguas A L, Ortega R, Samara G, López M A. Tomografía computerizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras técnicas. Cient Dent [Revista electrónica]. 2010; 7(2):147-159. [Citado 01 Sep. 2014] Disponible en:  
<http://www.clinicasilvestreripoll.com/uploads/archivos/uno.pdf>
- 16.** Oviedo M P, Hernández A J F. Tomografía computarizada Cone Beam en endodoncia. Rev Estomatol Herediana [Revista electrónica]. 2012; 22(1):59-64. [Citado 01 Sep. 2014] Disponible en:  
<http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/REH/article/view/161/134>
- 17.** Accorsi M, Velasco L. Diagnóstico 3D en Ortodoncia. Tomografía Cone-beam aplicada. 1ra. Edición. Sao Paulo. Editorial Amolca; 2014.
- 18.** González G E. Tomografía Cone Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas. 1º edición, Madrid; Ripano S.A. 2011.
- 19.** Agrawal J M, Agrawal M S, Nanjannawar L G, Parushetti AD. CBCT in Orthodontics: The Wave of Future. J Contemp Dent Pract. [Revista electrónica]. 2013; 14(1):153-157. [Citado 17 Sep. 2014] Disponible en:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23579915>
- 20.** Zamora N, Paredes V, Cibrian R, Gandía J L. Diseño de una cefalometría tridimensional con la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Ortod. Esp. [Revista electrónica]. 2011; 51 (4); 173-179. [citado 15 Ago. 2014] Disponible en: [http://sedo.es/biblioteca-digital2/doc\\_download/368-contenido-de-la-revista-volumen-52-numero-4.html](http://sedo.es/biblioteca-digital2/doc_download/368-contenido-de-la-revista-volumen-52-numero-4.html)



21. Gwen R J S, Filip S, Jarg E H. Three-Dimensional Cephalometry A Color Atlas and Manual. Ilustrada. Alemania: Springer Science & Business Media; 2005.
22. Dolphin Imagin & Magnagement Solutions a Patterson Technology [sede Web]. 2014 [acceso 10 de Oct. de 2014]. Patterson Dental Supply. Dolphin Imaging -3D. Disponible en:  
<http://www.dolphinimaging.com/3d.html>
23. Nemotec. [sede Web]. 2014 [acceso 10 de Oct. de 2014]. Software Nemotec, S.L. NemoCeph 3D Disponible en:  
[http://www.nemotec.com/nemoceph3D\\_catalogo.php](http://www.nemotec.com/nemoceph3D_catalogo.php)
24. Anatomage dental. [sede Web]. 2014 [acceso 10 de Oct. de 2014]. Anatomage Inc. Invivo5. Disponible en:  
<http://dental.anatamage.com/dental-products/invivo5-2>