



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA.  
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO.  
ESPECIALIZACIÓN EN ORTODONCIA.**

**CARACTERÍSTICAS DE LA TOMOGRAFÍA  
COMPUTARIZADA CONE-BEAM  
EN EL DIAGNÓSTICO EN ORTODONCIA.**

**TÉSIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA**

**PRESENTA:**

**C.D. JENNY VIRGINIA GALEANA GARCÍA**

**ASESOR:**

**C.D.E.O. MARIO KATAGIRI KATAGIRI**

**Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, Marzo 2018**



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.

# ÍNDICE

RESUMEN	4
<b><u>CAPÍTULO 1</u>    <i>INTRODUCCIÓN.</i></b>	<b>5</b>
1.1. Objetivo general.	6
1.2. Objetivos particulares.	
1.3. Preguntas de investigación.	
1.4. Justificación.	7
<b><u>CAPÍTULO 2</u>    <i>MARCO TEÓRICO.</i></b>	
2.1. Antecedentes históricos de los Rayos X.	8
2.2. Antecedentes históricos de Rayos X en México.	13
2.3. Antecedentes históricos en obtención de imágenes radiográficas convencionales.	14
2.4. Obtención de imágenes radiográficas digitales.	18
<b><u>CAPÍTULO 3.</u></b>	
3.1. Concepto de Tomografía.	21
3.2. Antecedentes históricos de la tomografía.	22
3.3. Evolución histórica de los tomógrafos.	23
3.4. Componentes generales del aparato tomográfico convencional.	25
<b><u>CAPÍTULO 4.</u></b>	
4. Tipos de Tomografía.	27
4.1. Tomografía Axial Computarizada.	27
4.2. Tomografía computarizada helicoidal.	28
4.3. Tomografía computarizada multidetectores.	29
4.4. Tomografía fan-beam.	30

4.5. Tomografía computarizada cone-beam (TCCB).	<b>31</b>
4.5.1. Principio tomográfico de la formación de la imagen digital.	<b>31</b>
4.5.2. Adquisición y visualización de imágenes de TCCB.	<b>39</b>
<b><u>CAPÍTULO 5.</u></b>	
5.1. Interpretación de imágenes de TCCB.	<b>43</b>
5.2. Aplicaciones generales de tomografía computarizada cone-beam en Ortodoncia.	<b>50</b>
5.3. Ventajas y Desventajas del uso de TCCB.	<b>51</b>
5.4. Tiempo y valores de exposición a radiación ionizante.	<b>53</b>
5.5. Principios básicos de protección radiológica.	<b>58</b>
5.6. Descripción y generalidades de los Tomógrafos cone-beam frecuentemente usados en Ortodoncia.	<b>63</b>
<b><u>CAPITULO 6 INVESTIGACIÓN.</u></b>	
6.1. Metodología.	<b>74</b>
6.2. Resultados.	<b>75</b>
6.3. Conclusiones.	<b>80</b>
<b>ANEXOS.</b>	
• Tablas de Resultados.	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>88</b>

## RESUMEN

En la odontología, al igual que en otros campos de la salud, con el pasar del tiempo ha tenido cambios tecnológicos en cuanto al desarrollo de auxiliares de diagnóstico se refiere facilitando los planes de tratamiento, obteniendo así, el mejor pronóstico posible.

A modo de marco teórico se realiza una recopilación bibliográfica desde el descubrimiento de los rayos X, pasando por la evolución radiográfica de película convencional a la digital, y mas recientemente a tomografía computarizada cone-beam, y sus aplicaciones en el campo de la Ortodoncia.

En el estudio estadístico comparativo de dos muestras aleatorias de 100 archivos cada una respecto del uso de tomografía computarizada cone-beam tomadas de los registros de historias clínicas del archivo de la Clínica de Especialización de Ortodoncia de la UNAM, ubicada en Naucalpan, Estado de México; la primer muestra comprende de enero de 2010 a diciembre de 2013, y la segunda muestra de enero de 2014 a noviembre 2016, se observa un marcado incremento en el uso de tomografía en los últimos tres años del estudio representando el 43% del total; en comparación con tan solo el 1% del primer grupo de historias perteneciente a los primeros años del estudio, lo cual nos indica el interés de los Ortodoncistas en formación por conocer las nuevas tecnologías. Siendo las principales indicaciones para el uso de tomografía 3D como auxiliar de diagnóstico en la determinación y localización de dientes retenidos, que frecuentemente son caninos, y también la longitud de las raíces dentales. Y en menor grado la determinación de otros padecimientos como mordida abierta o profunda, o para una planeación prequirúrgica.

Y concluyendo que la tomografía computarizada cone-beam representa un excelente auxiliar de diagnóstico y debe ser ordenada en casos donde es claro, específico y con una justificación clínica individual, evitando la utilización innecesaria de la radiación ionizante inherente a la toma del estudio.

# CAPÍTULO 1.

## INTRODUCCIÓN.

La actividad odontológica diaria hace imprescindible otorgar al paciente un diagnóstico certero y realizar un plan de tratamiento apropiado, obteniendo así, el mejor pronóstico posible de acuerdo a las necesidades de cada paciente; por lo tanto, es de suma importancia contar con el apoyo de auxiliares adecuados.

Desde el descubrimiento de la radiación X por *Röntgen* en Alemania en 1895, la búsqueda de un sistema de imagen que proporcione efectividad en el proceso de diagnóstico y resolución a los problemas que surgen durante los procedimientos clínicos, ha sido constante.

La odontología, como otras áreas del campo de la salud, ha evolucionado con el pasar del tiempo, actualmente está pasando por un periodo de cambios tecnológicos en el desarrollo de nuevos auxiliares de diagnóstico.

El diagnóstico por imágenes se ha basado durante muchos años en las radiografías de película convencional como son radiografías: periapicales, oclusales, carpales, laterales de cráneo, anteroposteriores, etc., fotografías convencionales y posteriormente todos éstos en su versión digital, dichos auxiliares se han utilizado para establecer el diagnóstico y planeación de tratamiento de los pacientes ortodónticos, permitiendo la evaluación de la relación dental, el esqueleto maxilofacial y los tejidos blandos.

Sin embargo, dichos exámenes proporcionan imágenes bidimensionales de estructuras tridimensionales y en varios casos la información bidimensional (2D) puede dejar algunas preguntas diagnósticas sin respuesta.

De esta necesidad surge un avance importante con la aparición, primero de la tomografía computarizada (TC) y después de la tomografía computarizada cone-beam (TCCB) que es una tecnología que proporciona imágenes de alta resolución espacial del complejo craneofacial de forma tridimensional (3D). Actualmente también en este campo de las tres dimensiones podemos encontrar los modelos de estudio digitales y la estereolitografía; es decir, los prototipos sólidos en 3D.

El presente trabajo realiza una recopilación bibliográfica relacionada a los antecedentes históricos de los auxiliares de diagnóstico convencionales (radiografías) y su evolución a la era digital y específicamente a la tomografía computarizada cone-beam, de la cual se mencionarán las generalidades respecto a la producción de imágenes 3D, dosis de

radiación y sus usos más frecuentes como auxiliar diagnóstico en Ortodoncia, así como sus ventajas y desventajas.

Además, se mencionará de manera estadística la frecuencia con la que ya es usada actualmente como auxiliar diagnóstico y las principales razones para solicitarla a los pacientes que son tratados en la Clínica de Especialización de Ortodoncia perteneciente a la UNAM, ubicada en Naucalpan, Estado de México.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Conocer las aplicaciones generales de la Tomografía Computarizada Cone-Beam (TCCB) en el campo de la Ortodoncia.

### **1.2. OBJETIVOS PARTICULARES.**

- Determinar la prevalencia de casos clínicos en los que está siendo utilizada la TCCB como auxiliar diagnóstico en la Clínica de Especialización de Ortodoncia perteneciente a la UNAM, ubicada en Naucalpan, Estado de México.
- Conocer cuáles son las principales necesidades de diagnóstico que determinaron el uso de este examen tridimensional en la Clínica de Especialidad de Ortodoncia perteneciente a la UNAM, ubicada en Naucalpan, Estado de México.

### **1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.**

- ¿Actualmente es usada la TCCB como auxiliar diagnóstico en la Clínica de Ortodoncia?
- ¿Con que frecuencia ha sido utilizada la TCCB en los casos clínicos de archivo de la Clínica de Ortodoncia?
- De los casos en los que ha sido utilizada. ¿Cuáles han sido las necesidades diagnósticas que determinaron su uso?

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN.**

Como especialistas en el área ortodónica se deben adquirir constantemente conocimientos suficientes y actualizados de los exámenes de laboratorio de última tecnología disponibles a nuestro alcance.

Las modalidades actuales de tratamiento en Ortodoncia se están convirtiendo cada vez más precisas, la necesidad de registros tridimensionales específicos de los pacientes, se vuelve cada vez más crítica, y la adopción de la tomografía computarizada ha llevado a los Ortodoncistas a un cambio de paradigma con respecto a los medios de diagnóstico por imagen. Estamos en el umbral de un cambio importante en la ortodoncia; el aprendizaje de las técnicas de evaluación en tres dimensiones ya son viables, de esta manera podremos indicarlos correctamente, entendiendo en cuales casos representan un verdadero auxiliar para mejorar el diagnóstico además de los posibles cambios en la planificación de los tratamientos de ortodoncia y ortodoncia-quirúrgica en beneficio final, desde luego, de nuestros pacientes.

## CAPÍTULO 2.

### MARCO TEÓRICO.

#### 2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS RAYOS X.

Los rayos X son el resultado de la combinación de ondas electromagnéticas y su energía está ubicada entre los rayos ultravioletas y los rayos gamma.

Sus ondas son muy similares a las de los radios y las microondas, también se pueden asemejar a las ondas que transmite la luz. Los rayos X son una radiación que al entrar en contacto con la materia crea *iones*, que son partículas con carga; ya sea positiva o negativa.

(1)

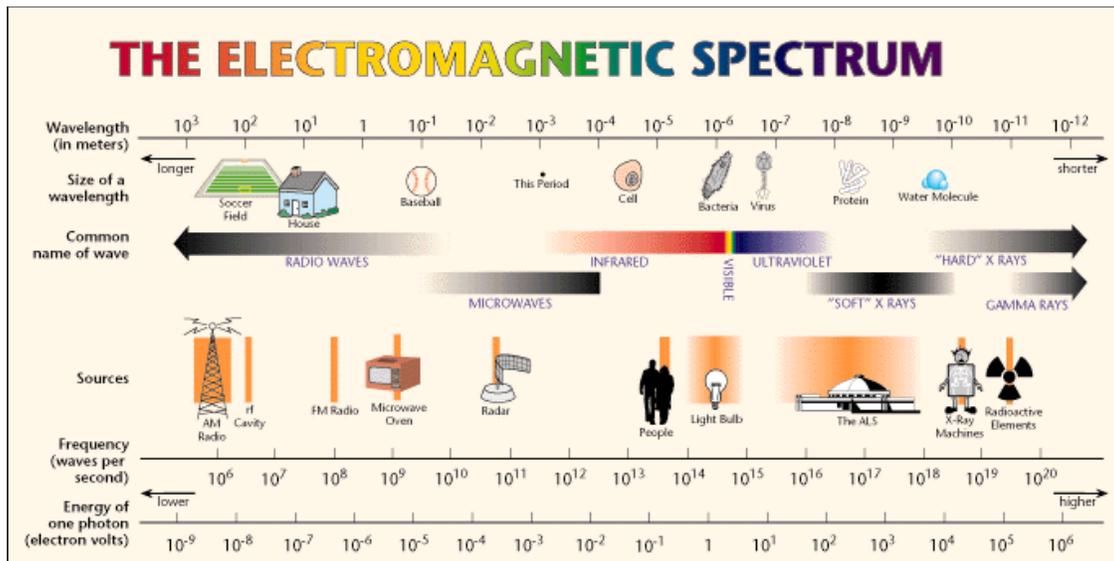


Imagen <http://espectroelectromagnetico.blogspot.mx>

Los primeros indicios respecto de los rayos X, fueron los realizados por el físico alemán Johann Wilhelm Hittorf que en 1869 descubrió los rayos catódicos y realizó valiosas investigaciones referentes a fenómenos eléctricos en tubos de vacío.

Más tarde, fue el físico y químico británico William Crookes; quien construyó lo que sería el primer tubo de rayos catódicos llamado *tubo de Crookes* en su honor; se trata de una ampolla de vidrio, bajo vacío parcial con dos electrodos.

Cuando una corriente eléctrica pasa por un tubo de Crookes, el gas residual que contiene se ioniza, y los iones positivos golpean el cátodo y expulsan electrones del mismo; estos electrones que forman un haz de rayos catódicos, bombardean las paredes de vidrio del tubo y producen rayos X. Estos tubos sólo generan rayos X blandos, es decir de baja energía.

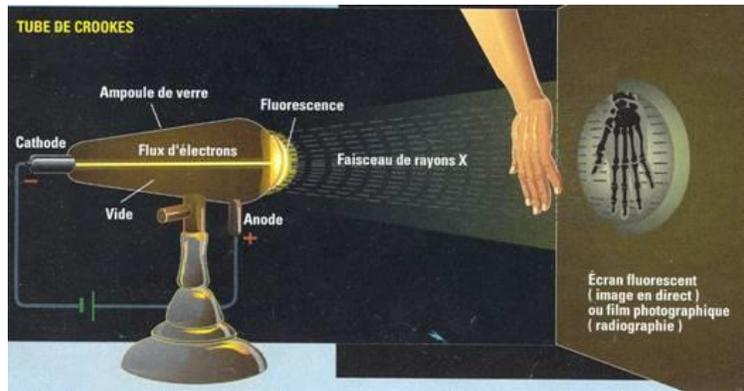


Imagen <https://www.tomascabacas.com>

Los rayos X propiamente dichos, fueron descubiertos por el físico alemán *Wilhelm Conrad von Röntgen* el 8 de noviembre de 1895; cuando realizaba experimentos con los tubos Hittorff-Crookes y la bobina de Ruhmkorff (generador eléctrico que permite obtener tensiones elevadas de miles o decenas de miles de voltios a partir de una fuente de corriente continua); para investigar la fluorescencia violeta que producían los rayos catódicos.



Tras cubrir el tubo con un cartón negro para eliminar la luz visible, observó un débil resplandor amarillo-verdoso proveniente de una pantalla con una capa de platino-cianuro de bario, que desaparecía al apagar el tubo. (2)

Röntgen determinó que los rayos creaban una radiación muy penetrante, pero invisible, que atravesaba grandes espesores de papel e incluso metales poco densos.

Imagen <https://www.wikipedia.org/William Roentgen>

Usó placas fotográficas para demostrar que los objetos eran más o menos transparentes a los rayos X dependiendo de su espesor. Los llamó "**rayos incógnita**" o "**rayos X**" porque no sabía qué eran, solo que eran generados por los rayos catódicos al chocar contra ciertos materiales, los rayos se llamaron en un principio rayos Röntgen (en alemán: *Röntgenstrahlen*). (3)

El 22 de diciembre de ése mismo año decidió hacer la primera prueba con humanos, pero ya que no podía manejar él solo: su carrete, la placa fotográfica de cristal y exponer su mano a los rayos x (todo esto al mismo tiempo) pidió ayuda a su esposa, para que ésta colocase su mano en la placa durante 15 minutos. Cuando fue revelada la placa de cristal su sorpresa fue muy grande, apareció una imagen, sin duda, muy importante para la historia de la ciencia; los huesos de la mano de su esposa Bertha Ludwing con el anillo flotando sobre uno de estos.



Y así aparece la primera radiografía de la historia y con ella nace una nueva rama de la medicina llamada *Radiología*.

Dicha radiografía, fue enviada por Röntgen, junto con una nota, a su amigo el físico vienés Franz Exner quien mostró a sus amigos el material que le había enviado Röntgen en la fiesta que organizó en su casa para celebrar el Año Nuevo de 1896. Entre ellos se encontraba Ernst Lecher, hijo del director del famoso periódico "*Die Press*" de Viena, fundado por August Zang en 1848. En ese periódico salió la primera noticia pública del descubrimiento. **(4)**

Mano de Ana Bertha Ludwing, esposa del profesor Wilhelm C. Röntgen. Imagen <http://www.monografias.com>

La noticia del descubrimiento de los rayos X se divulgó con mucha rapidez en el mundo. Röntgen fue objeto de múltiples reconocimientos: el emperador Guillermo II de Alemania le concedió la Orden de la Corona y fue premiado con la medalla Rumford de la Real Sociedad de Londres en 1896. Como excepción a su costumbre de no asistir a los actos donde se le rendía honores, Röntgen viajó a Estocolmo para recibir el primer Premio Nobel de Física entregado en la historia. La ceremonia tuvo lugar el 10 de diciembre de 1901 en la Academia de Música del Palacio Real, y quien le entregó la distinción, fue el Príncipe heredero de la corona sueca. El premio consistía en una medalla de oro, un diploma y una suma de dinero (50.000 coronas de la época), que Röntgen donó a la Universidad de Wurzburg Alemania, donde hizo el descubrimiento, para financiar la investigación científica.

También en 1896, a tan solo 14 días de las primeras publicaciones de los rayos X, se realizó la primera radiografía dental, por el Dentista Frederic Otto Walkoff en Braunschweig Alemania, con un tiempo de exposición de 25 minutos. **(5, 6)**



Imagen: <http://3.bp.blogspot.com/1600/Imagen4.png>



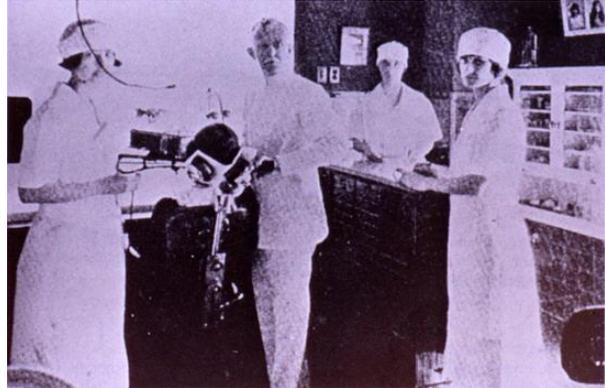
William James Morton, físico de Nueva York, en abril de 1896 toma la primera radiografía dental en los EEUU sobre un cráneo disecado, además publica el "*The Dental Cosmos*", uno de los primeros artículos relacionados con la radiografía dental en los Estados Unidos. Junto con Fritz Giesel establecieron el primer laboratorio de radiología dental en el mundo. En 1898 realizó tomas dentales con duración de 30 minutos, notó la pérdida de cabello del lado de la cabeza

Imagen: [http://www.sar.org.ar/efemerides/images/abril2012/1896abr\\_pic.png](http://www.sar.org.ar/efemerides/images/abril2012/1896abr_pic.png)

donde se expuso a la radiación. En 1927, Fritz Giesel falleció de carcinoma metastásico por la gran exposición a radiación en sus manos. (5,6)

El 10 de mayo de 1899 Edmund Kells, Cirujano Dentista de Nueva Orleans, fue el primero en verificar si un conducto radicular había sido obturado y fue el que tomó la primera radiografía dental logrando disminuir el tiempo de exposición en los Estados Unidos. (5)

En esa época era muy difícil lograr exposiciones para reproducir imágenes uniformes debido a la variedad de gases contenidos dentro del tubo generador, por lo que el Dr. Kells proponía colocar la mano del operador entre el tubo y el fluoroscopio para determinar el tiempo de exposición cada vez que se usara el aparato. Él no quiso experimentar en ningún colaborador, así es que lo hizo en él mismo, por tales prácticas en 1906 notó queratosis en sus manos, posteriormente carcinomas epidermoides le comenzaron a crecer.



Dental Office of Dr. Kells

<http://www.biusante.parisdescartes.fr/sfhad/iahd/08/img/f12.jpg>

En 1926 en el hospital Johns Hopkins le amputaron la mano izquierda, sin embargo, continuó tratando de mejorar el tiempo de exposición, teniendo metástasis hacia corazón y pulmones, por lo que el 7 de mayo de 1928 tomó la decisión de suicidarse con un disparo. (6)



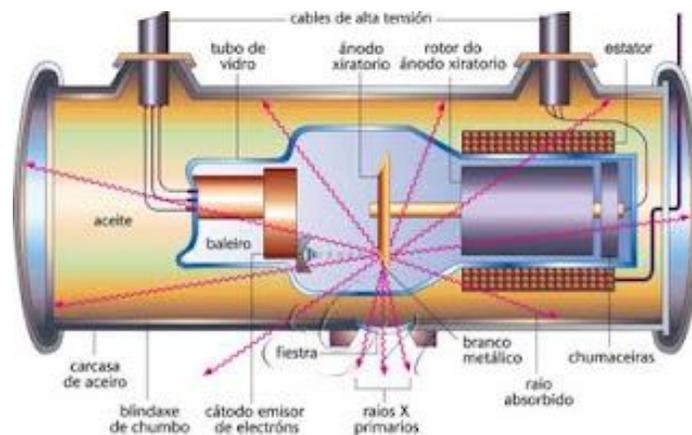
William Herbert Rollins, médico en Boston, con práctica en área dental en 1896 comenzó a experimentar en brazos mecánicos para aparatos de rayos X, en 1898 expuso su mano a alto voltaje sufriendo quemaduras graves, por lo que se avocó a investigar en el campo de la protección radiológica insistiendo en usar la menor exposición a los rayos para el diagnóstico. En 1903 sugirió el uso de un filtro selectivo de haz de rayos X desarrollando el concepto de *colimación*. (6)

<https://www.google.com.mx/Falchetron.com/William-Herbert-Rollins-1189941->

En el curso de los primeros años de experiencia, numerosos radiólogos perdieron sus manos, lo que demostró los efectos adversos de la radiación tan solo unos cuantos meses después del descubrimiento de los rayos X. Sin embargo, durante decenios de años se practicó la radiografía en forma desordenada y sin medidas de seguridad.

Weston A. Price, dentista en Cleveland Ohio, en 1904 propuso una técnica de proyección de rayos-X basado en el *age-old* una regla de isometría que posteriormente llamaría técnica del ángulo de bisección y estableció que los efectos nocivos de Rayos X son acumulativos y el operador se encuentra en peligro por la gran cantidad de tomas de radiografías. **(6)**

En 1913 el físico estadounidense William David Coolidge, empleado de la compañía General Electric modifica los tubos anteriores, descubriendo el tubo de Tungsteno al alto vacío con energía estable y reproducible; minimizando así la cantidad de radiación, los aparatos de Rayos X actuales usan esencialmente tubos de Coolidge. **(5)**



**Diagrama del tubo de Coolidge**

<http://radiohoms.blogspot.mx/2012/08/antecedentes-historicos-de-la-radiologia.html>

## 2.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE RAYOS X EN MÉXICO.

El ingeniero potosino Luis Espinosa y Cuevas se encontraba en Alemania en diciembre de 1895, fecha en que Röntgen presentó los rayos X, descubiertos ese mismo año. En esa ocasión, Luis Espinosa adquirió una de esas novedosas máquinas y la llevó a San Luis Potosí a principios de 1896.

En ése mismo año se pudo extraer una bala del cuello de un paciente con ayuda de los rayos X.

En la misma entidad, el 25 de febrero de 1896 el doctor Antonio F. López publicó en el periódico “*El estandarte*” el primer artículo sobre rayos X en México. **(7)**.



**Ingeniero Luis Esparza**

Imagen <http://galia.fc.uaslp.mx/museo/cientificospotosinos.htm>

El primer equipo de rayos X que existió en la Ciudad de México lo adquirió en 1896 el doctor Tobías Núñez y la primera radiografía para el diagnóstico quirúrgico se obtuvo el 28 de octubre de ese mismo año, en la sala número 11 del Hospital Juárez de la Ciudad de México.

El Hospital General de México fue inaugurado en 1905, el cual ya contaba con una sala de rayos X y electroterapia, donde efectivamente se instaló el primer aparato de rayos X como parte integrante de los servicios hospitalarios. **(8)**

La primera sociedad de radiología mexicana se fundó en 1926, en la Ciudad de México y fue llamada Sociedad Mexicana de Electrorradiología. La primera revista de dicha sociedad fue el Boletín de la Sociedad Mexicana de Electrorradiología, cuyo primer editor fue el Dr. Manuel Madrazo. **(9)**



**Hospital General de México 1905**

Imagen <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no53-5/RFM053000507.pdf>

## 2.3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN OBTENCIÓN DE IMÁGENES.

### PELÍCULAS Y TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS CONVENCIONALES.

En los primeros días de radiología dental, todas las películas intraorales eran envueltas a mano por el operador o asistente. La compañía *EASTMAN KODAK* fabricó películas intraorales con envoltura hasta el año de 1913.

El Dr. Howard Riley Raper de Indianapolis, Indiana E.E.U.U. en 1924 inventó la película de aleta mordible, y escribió el primer libro de texto de radiología dental.

El tubo que inventó *Coolidge* en 1913 tuvo aplicación hasta 1923 cuando se colocó en el interior de una versión miniatura del tubo en la cabeza del aparato de rayos X, inmersa en aceite. Este fue el precursor de todos los aparatos dentales de rayos X modernos, fue fabricado por la Corporación de Rayos-X *VICTOR* de Chicago, que tiempo después se convertiría en Corporación de Rayos X *GENERAL ELECTRIC*.

Se le conoce como el padre de la radiología dental moderna al Dr. F. Gordon Fitzgerald, ya que en 1930 logró el desarrollo de la técnica de paralelismo del cono largo para el aparato dental de Rayos X, también sugirió que el operado (dentista) del aparato de rayos X se colocara a 8 pies de distancia del paciente como una medida de seguridad **(6)**

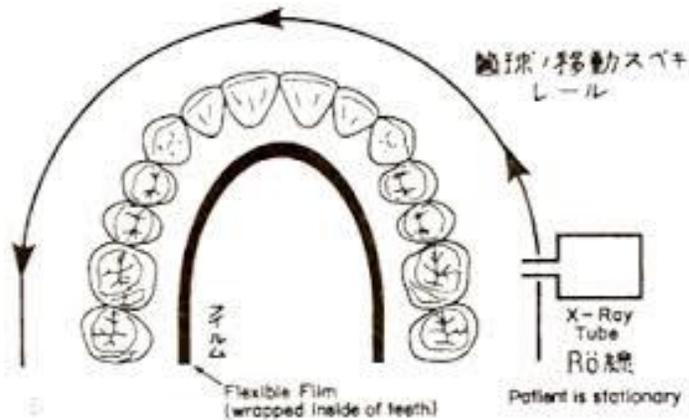
En 1949 se forma la *American Academy of Oral Roentgenology*.

El Dr. Fred M. Medwedeff en 1960 desarrollo la técnica de colimación rectangular, que consiste en reducir el tamaño del haz de rayos X, con el fin de reducir la radiación sobre el paciente.

El Dr. William Updegrave, fue el autor de la técnica de paralelismo de extensión del cono largo, para ambas colimaciones, rectangular y regular. El Dr. Updegrave también practicó la técnica del plano agudo de la articulación temporomandibular. **(10)**

### RADIOGRAFÍA PANORÁMICA.

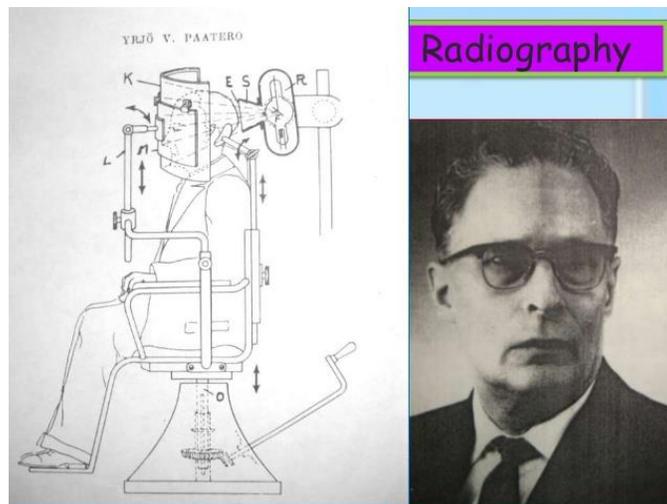
Entre 1933 y 1934 el Dr. Hisatugu Numata propuso y comenzó a experimentar con un método para la obtención de una radiografía panorámica. Él propuso colocar una película curva en la parte lingual de los dientes y utilizó una hendidura o haz de Rayos X estrecho que giraba alrededor de la mandíbula del paciente para exponer la película.



**DR. HISATUGU NUMATA**

[https://www.doktori.bibl.u-szeged.hu/PlachtovicsMark\\_dissertatio.pdf](https://www.doktori.bibl.u-szeged.hu/PlachtovicsMark_dissertatio.pdf)

Más tarde en 1949 Yrjö Veli Paatero, profesor de Radiología dental de Helsinki, Finlandia; basado en los estudios del Dr. Numata inventa la nueva técnica pantomográfica.



<https://image.slidesharecdn.com/radiographs2-140729111358-phpapp01/95/opg-and-extraoral-radiography-6-638.jpg?cb=1406632487>

En 1959 se presenta el primer aparato de rayos X panorámico que se produjo con propósitos comerciales, el PANOREX fabricado por S.S. White Company.

El primer trabajo encaminado al perfeccionamiento del aparato lo realizó John W. Kampula, George Dickson y el doctor Donal Hudson. Pero es aceptado que el padre de la radiología panorámica es el profesor Paatero. **(11)**

El Dr. Eiko Sairenji de Japón, fue el primero en realizar el término *Ortopantomografía* para describir la película panorámica.

### LATERAL DE CRÁNEO Y CEFALOMETRÍA.

Las técnicas que precedieron a la radiología son: la antropometría y la craneometría. La primera procede de los antropólogos que describen, clasifican e identifican restos humanos partiendo de las estructuras que más perduran a través del tiempo: los huesos y los dientes. Para facilitar su comunicación surge la osteometría: ciencia descriptiva que permite cuantificar objetivamente cualquier hueso humano y aplicar el método científico al estudio de los rasgos morfológicos del hombre. De la osteometría deriva la craneometría.

Es reconocido por algunos autores que el primer antropólogo que además dio origen a la craneometría fue el anatomista holandés Petrus Camper (1722-1789).



**Lección de anatomía del Dr. Petrus Camper 1758. Autor: Tibout Regterts.**

[http://www.bvs.sld.cu/revistas/est/vol45\\_2\\_08/f0309208.jpg](http://www.bvs.sld.cu/revistas/est/vol45_2_08/f0309208.jpg)

A solo un año del descubrimiento de los rayos X, en 1896 el Dr. Welker señaló la importancia de las radiografías de la cabeza tomadas de perfil.

Al parecer corresponde al Dr. Berglund ser el primero en relacionar el perfil de los tejidos blandos con el perfil óseo en el año de 1914.

En la década de los años veinte un problema existente en el diagnóstico en Ortodoncia venía conquistando la atención de los clínicos que se dedicaban a la especialidad. La clasificación empleada por el Dr. Angle para establecer la relación de los molares constituía el medio de diagnóstico más generalizado en la práctica profesional, por lo tanto, los pacientes eran atendidos considerando solo los problemas dentarios, omitiéndose las

relaciones que se establecían entre las bases óseas y que también constituían causas frecuentes de maloclusiones.

Algunos autores como los doctores B.E. Lischer, Paul W. Simon, Wallace, Champion y Keith, en un intento por resolver dicha problemática, sugirieron varios métodos que podían ayudar en la determinación de las relaciones de las bases óseas en los pacientes. Las bases de estas técnicas estuvieron presentes, de una forma u otra, en los futuros análisis cefalométricos.

B.E. Lischer sugirió el empleo de la fotografía; trabajando con el celuloide y realizando el trazo del perfil en una plantilla cuadrículada y también reconoció en 1924 que "el rápido desarrollo de la radiografía nos posibilita la interpretación de una dentición anormal con incrementada precisión, éste avance vino en un momento oportuno cuando existe una tendencia hacia el tratamiento temprano en denticiones mixtas y se requiere de una definición clara en el diagnóstico". **(12)**

En 1931 B. Holly Broadbent introduce la técnica de la radiografía cefalométrica, radiografías laterales para obtener medidas, líneas y ángulos; siendo su mayor aplicación en el área ortodóncica.

Broadbent publica su trabajo titulándolo "*Una nueva técnica de Rayos X y su aplicación en ortodoncia*" en el cual explica un método de superposición de las telerradiografías sobre ciertas líneas básicas, reveló los cambios que se operaban en los dientes y en los maxilares durante el tratamiento ortodóncico y estableció el patrón normal de crecimiento. Para poder realizar ese trabajo y estandarizar la toma de telerradiografías, es que proyectó un *cefalostato*. Él ubicó el plano Bolton-Nasion como el plano más seguro para las mediciones. Llamó *punto R* al ubicado en la mitad de la perpendicular que va desde el centro de la silla turca al plano Bolton-Nasion. Los aportes de Broadbent a la comprensión del crecimiento y desarrollo fueron de gran importancia. Es válido decir que su cefalograma surgió inicialmente como un instrumento de su investigación en este campo y no con fines diagnósticos.

En 1936, Korkhaus en Alemania, antes del advenimiento de la cefalometría daba gran importancia al análisis del perfil para el diagnóstico.

En 1947, el Dr. Björk en Suecia, con revisiones posteriores en 1951 y en 1953, concentraba sus estudios en el plano silla-basion o base anterior del cráneo.

En 1948, el Dr. Downs en EEUU, diseñó un método de análisis con cuyo perfeccionamiento (1952 y 1956) llegó a demostrar su utilidad en el diagnóstico y plan de tratamiento en Ortodoncia, sentando las bases de muchos de los que aparecieron posteriormente. Fue el primer análisis utilizado en el diagnóstico ortodóncico y el que divulgó, posteriormente, la aplicación de las medidas cefalométricas como medio de diagnóstico, además de su utilidad en el estudio del crecimiento y desarrollo craneofacial.

Más tarde, en 1959 se incorporarían algunos elementos de Ricketts y de Holdaway, que completarían sus puntos de vistas de la aplicación de la cefalometría al diagnóstico ortodóncico.

Steiner elaboró sus medidas iniciales basándose en una actriz de Hollywood. Se ha dicho que Steiner tenía "buen ojo" ya que trabajos posteriores que han vuelto a calcular sus medidas originales han hecho muy pocos cambios.

En 1965 en EE.UU. a partir de la idea de la posibilidad de predecir el crecimiento y el plan de tratamiento Ricketts diseña el "Objetivo Visual de Tratamiento" (OVT). Utiliza como base su análisis cefalométrico y las llamadas super imposiciones. Aunque se sigue conociendo por OVT, actualmente también se le suele llamar Visual Treatment Goal o VTG (metas visuales de tratamiento) que van a ser las directrices de la mecánica que se utilizará posteriormente en el caso. **(13)**

## 2.4. OBTENCIÓN DE IMÁGENES RADIOGRÁFICAS DIGITALES.

El uso de la radiografía digital ha aumentado considerablemente desde su introducción al mercado por el Dr. Trophy en 1987 debido a que producía imágenes instantáneas. Esta tecnología posee un dispositivo de carga dentro de un sensor intraoral que produce una imagen digital inmediata en el monitor, existe una gran cantidad de aplicaciones digitales en el área médica siendo la radiología una de las más utilizadas.

Esencialmente existen dos métodos para obtener una imagen radiográfica digital: la imagen radiográfica digitalizada y la imagen radiográfica digital *per se*.

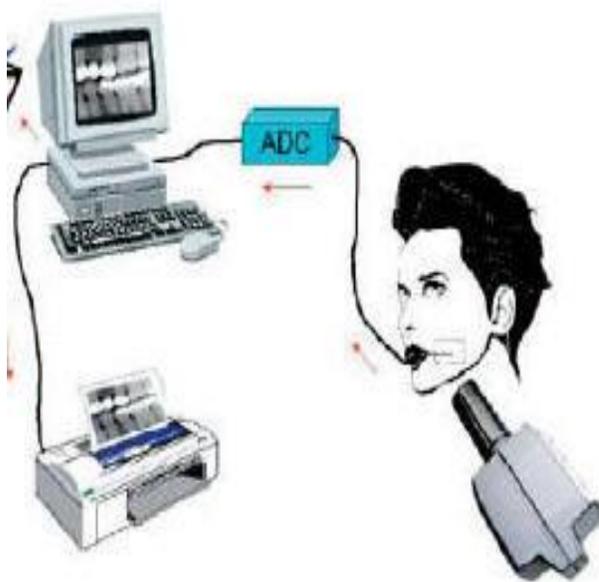
La **imagen radiográfica digitalizada** se obtiene mediante el escaneo o la captura fotográfica de la imagen de una placa radiográfica, convirtiendo de esta manera una imagen analógica en una imagen digital.

Mientras que la *radiografía digital* se obtiene mediante la captura digital directa de la imagen para convertir los rayos-X directamente en señales electrónicas. Como no se usa luz en la conversión, el perfil de la señal y resolución son altamente precisas emitiendo una calidad de imagen excelente. **(14)**



La *radiovisiografía* se caracteriza por ser un sistema de diagnóstico mediante imágenes que utiliza un sensor especial en lugar de la película convencional sensible a los rayos X. El sistema consta de los siguientes elementos:

1. Generador de rayos X. Se trata de un aparato convencional de rayos X, adaptado al sistema poniéndole el tiempo necesario.
2. Captador de radiación. Existen pequeños sensores que se colocan intraoralmente de la misma manera que se haría con la placa radiográfica. Éste elemento se recubre de un dedal de látex desechable para evitar infecciones cruzadas. Aunque los sensores más comunes son conectados al sistema con un cable, también existen los inalámbricos.
3. Unidad de producción de imágenes y monitor.
4. Impresora.



Las **ventajas** de estas técnicas son la inmediatez de la obtención de la imagen y al eliminar también la necesidad de sustancias reveladoras, aparatos y tiempo de revelado.

También nos da posibilidad de mejorar la imagen al cambiar el contraste (hacerlo más oscuro o claro), aumentar el tamaño, colocar porciones de color para subrayar o sobreponer textos o imágenes.

Adicionalmente; la posibilidad de almacenamiento es posible de una manera más práctica, además de facilitar el envío de imágenes a través de medios electrónicos. Una ventaja importante es la reducción de la cantidad de radiación que puede ser hasta de un 70 u 80%

### Diagrama de Radiovisiografía

imagen <http://www.iztacala.unam.mx/~rrivas/diagnostico4.html>

menor a la convencional, por lo que permite múltiples exposiciones, en caso de ser necesarias, que de otra forma podrían preocupar por la exposición a radiación en radiografías convencionales tanto para el paciente como para el Odontólogo.

Las principales **desventajas** son: el costo actual de los aparatos, que sin duda irá disminuyendo con el tiempo, además de que debido a la posibilidad de manipular o modificar la imagen muy fácilmente en una computadora, éstas no tienen un valor jurídico legal. (15)

Sin embargo, la obtención de radiografías que son utilizadas en el diagnóstico de Ortodoncia en un laboratorio dedicado a esta función en la actualidad tiene relativamente el mismo costo que una radiografía convencional, y al ser impresa directamente de la imagen original no dando posibilidad de modificarla por parte del Ortodoncista puede ser utilizada con valor jurídico en cada expediente.



## OBTENCIÓN DE IMAGEN DIGITAL

Imagen: <http://www.lookfordiagnosis.com>

## CAPÍTULO 3.

### 3.1. CONCEPTO DE TOMOGRAFÍA.

El término *tomografía* deriva de **tomo** que significa “corte” y **graphos** que significa “escritura, imagen, dibujo”; entendiéndose por tomografía a toda técnica utilizada para proporcionar imágenes de cortes en los tejidos de una estructura anatómica.

Su invención fue inspirada en la posibilidad de observar el interior del cuerpo humano sin la necesidad de realizar algún tipo de incisión o insertar algún tipo de objeto extraño en él.

En medicina se denomina *tomografía* a una técnica no invasiva que permite adquirir imágenes en cortes o representaciones en estratos de distintos planos o secciones del cuerpo. La técnica implica el uso de un aparato denominado **tomógrafo**, que posibilita la obtención de los *tomogramas* (las imágenes en cuestión).

Existen diferentes procedimientos vinculados a la tomografía. De este modo, podemos diferenciar entre tomografías de ultrasonido, tomografías de resonancia magnética y tomografías de rayos X, entre otras.

La biología, la medicina, la Odontología, la geofísica y la arqueología son algunas de las ciencias que apelan a las tomografías para desarrollar sus conocimientos. **(16)**



### 3.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE TOMOGRAFÍA.

Los primeros indicios sobre el principio tomográfico tienen su base en los estudios de Radon en 1917 respecto de la forma matemática para la reconstrucción de un objeto.

Peter Zeeman (1865-1943) realizó los primeros descubrimientos para el desarrollo del principio tomográfico, él señaló que el espectro del sodio era afectado si el átomo era colocado en un campo magnético.

En 1943, Otto Stern recibió el Premio Nobel de Física al demostrar el campo magnético de los átomos.

En 1946, Felix Bloch, de la Universidad de Stanford (Inglaterra) definió los tiempos de relajación longitudinal y transversal; y sentó las bases para usar medios de contraste en resonancia magnética.

Bloch y Edward Purcell, de la Universidad de Harvard, compartieron el Premio Nobel de Física en 1952, después de haber descrito por separado la resonancia de los sólidos en 1946.



En 1964, el físico sudafricano Allan MacLeod Cormack reconstruyó los coeficientes de atenuación de un corte de un objeto mediante series de proyecciones angulares obtenidas con incrementos del ángulo de 7.5 grados. **(17)**

**Dr. Allan M. Cormack.**

Imagen: <https://www.likesucces.com>

Jasper Jackson, en 1967, obtuvo la primera señal por resonancia magnética de un animal vivo, una rata.

En 1970 se usaron los cálculos del matemático británico Gabor T. Herman para poder obtener la reconstrucción de una imagen tridimensional y dar origen al primer escáner médico.

El primer examen de tomografía computarizada realizado, en un paciente, duró dos horas y media y la reconstrucción de las imágenes tomó nueve días.

En 1971, el ingeniero inglés Godfrey Newbold Hounsfield trabajaba para las industrias EMI (Electro Musical Industries) un grupo de compañías centradas en la música, la electrónica y las actividades de ocio vinculadas a la radiocomunicación.

Allí, comenzó su carrera de investigación y se dedicó al desarrollo de sistemas de radar y armas teledirigidas, y primeras computadoras transistorizadas.



**Ing. Godfrey Hounsfield**

Imagen: [www.beatlesnews.com](http://www.beatlesnews.com)

Más tarde, Hounsfield se convirtió en el director del departamento de investigación Médica y fue transferido a los Laboratorios Centrales de Investigación de EMI en Hayes, en esa área, él trabajó en la adquisición de proyecciones radiográficas de un objeto por medio de la radiografía que fue desarrollada a lo largo de la primera mitad del siglo XX, ideó la posibilidad de reconstruir un corte transversal del cuerpo humano a partir de varias proyecciones radiográficas adquiridas desde diferentes posiciones, es decir, describió la tomografía axial computarizada y más tarde James Ambrose, director del área de Radiología del Atkinson Morley's Hospital en Londres demostró los cortes craneales axiales.

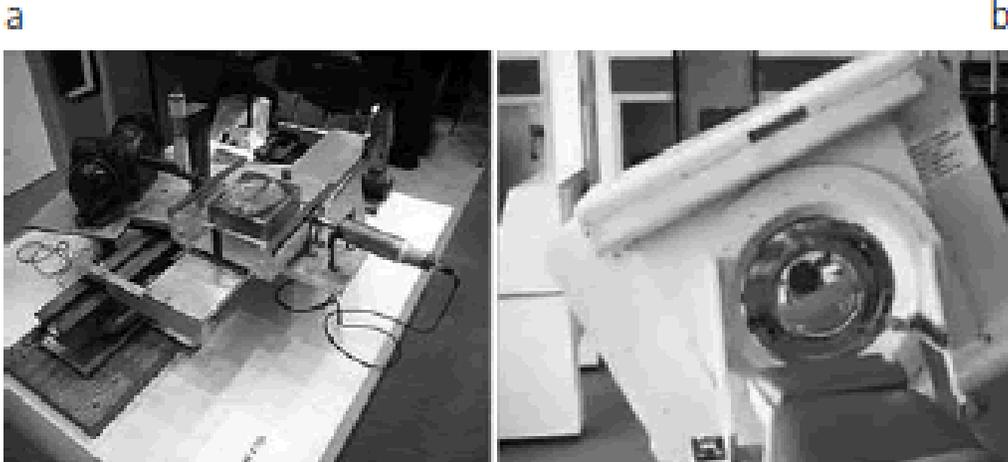
Posteriormente se desarrollaron los tomógrafos de segunda, tercera y cuarta generación, tomógrafos helicoidales y multicorte.

Hounsfield y Cormack recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1979, por sus contribuciones al desarrollo de la tomografía y sus aplicaciones. **(18)**

### **3.3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS TOMÓGRAFOS.**

Cómo fue mencionado en el capítulo anterior, en 1970 el físico Hounsfield desarrolló un corte tomográfico sectorial sobre la cabeza de un ser humano, revolucionando así la manera de visualizar el complejo maxilofacial.

**Mark I (prototipo EMI)** fue el primer escáner craneal instalado en 1972, en el Hospital Atkinson Morley`s en Londres, Inglaterra.



(a) en 1967, modelo primitivo del escáner TAC, usado en el primer experimento en el EMI Central Research Laboratory.

(b) En 1971, primer prototipo de escáner cerebral EMI MARK I, instalado en el Atkinson Morley`s Hospital (Londres).

Imagen: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid)

En ése mismo año también fue instalado en EEUU es el “escáner – EMI”, siendo el primer aparato de tomografía computarizada especializada en las imágenes craneales que se instala, consistía en un tubo de rayos X con su un solo detector en su extremo opuesto y rotaba un grado, trasladándose 180 grados en total, una toma completa de toda la información tardaba aproximadamente 5 minutos. **(19)**

**ACTA-Scanner** fue el primer escáner para cuerpo entero instalado en la Universidad de Minnesota, EE.UU. en 1973.

La *segunda generación* de aparatos apareció en 1974 aumentando el número de detectores a 30 y disminuyó el tiempo de adquisición a 20 segundos, se utilizó principalmente para estudiar tórax y abdomen.

La *tercera generación* se comenzó a utilizar a partir de 1977. Estos equipos ya no se trasladan, sino que el haz de Rayos X cubre todo el campo de exploración, el tiempo de adquisición disminuyó a 6 segundos y aumentó la cantidad de detectores a unos 380 aproximadamente.

La *cuarta generación* apareció casi de inmediato tratando de mejorar las imágenes, los detectores van de 400 a 2400 formando un anillo que no tiene movimiento y el tubo gira alrededor del objeto 360 grados, teniendo un tiempo de exploración de 1 a 6 segundos.

Posteriormente, en la década de los 90's aparecieron los equipos espirales o helicoidales con giros continuos y con adquisiciones mucho más rápidas.

En el nuevo milenio de los 2000's surgió la tomografía volumétrica multihelicoidal o *multislices* (multicorte) que permite adquirir simultáneamente desde 2, 6, 16, 32, 64 o más cortes o imágenes por rotación, lo cual aumenta la calidad de la imagen, disminuye el tiempo de adquisición de imágenes, abriendo la posibilidad de los programas de trabajo virtual y reconstrucción tridimensional, que son los mayormente usados en la actualidad.  
**(20)**

### **3.4. COMPONENTES GENERALES DEL APARATO TOMOGRÁFICO CONVENCIONAL.**

Los equipos de tomografía computarizada consisten esencialmente en una *fuentes de rayos X*, en el cual la placa radiográfica ha sido sustituida por un sistema de detectores montado en un soporte o *gantry* que es rotatorio.

Durante la rotación del gantry, la fuente de rayos X emite una radiación colimada y el receptor detecta los rayos X que han sido atenuados (recibidos) de manera remanente por el paciente.

Los datos obtenidos por los *detectores* constituyen la data que debe ser analizada y reconstruida posteriormente por un logaritmo matemático en una computadora para generar imágenes de cortes y la muestra en un monitor.



Imagen: <https://www.bing.com/images/search?q=tomografo+multicorte&view=detailv2&&id>

## **CAPÍTULO 4.**

### **TIPOS DE TOMOGRAFÍA.**

La clasificación de las tomografías se basa principalmente en la forma en que incide el haz de rayos X en los diferentes tejidos, es decir, el tipo de tomógrafo, lo cual deriva en la calidad de la imagen obtenida y la cantidad de radiación necesaria para su obtención. Además de la especificidad del aparato para registrar una zona o tejido en particular.

Respecto a la obtención de imágenes de uso en área médica encontramos la tomografía axial computarizada TAC y la tomografía computarizada helicoidal TCH, y más recientemente podemos encontrar el tomógrafo de multidetectores TMD, usado principalmente en el registro de imágenes dinámicas.

De esa misma forma para el registro de imágenes del macizo facial podemos encontrar tomógrafos fan-beam o de haz en abanico y tomógrafos cone-beam o de haz cónico.

#### **4.1. TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA.**

La tomografía axial computarizada, también conocida por las siglas TAC o por la denominación *escáner*, es una técnica de diagnóstico utilizada en medicina.

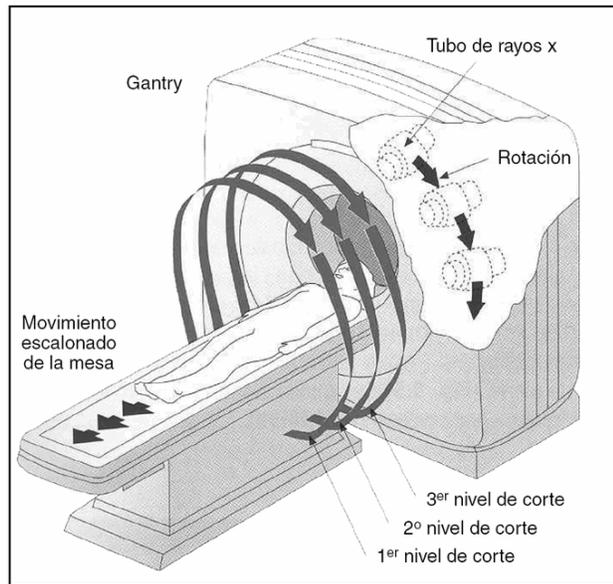
Cómo se mencionó en el capítulo anterior la palabra tomografía viene del griego “*tomos*” que significa corte o sección y de “*grafía*” que significa representación gráfica. Por lo tanto; la tomografía es la obtención de imágenes de cortes o secciones de algún objeto.

La palabra *axial* significa “*relativo al eje*”. Plano axial es aquel que es perpendicular al eje longitudinal de un cuerpo por lo tanto la tomografía axial computarizada o TAC es una tecnología, aplicada al estudio del cuerpo humano, obtiene cortes transversales a lo largo de una región concreta del cuerpo o de todo él. **(21)**

La fuente gira alrededor del paciente que se encuentra en decúbito dorsal y se emite un haz de rayos X delgado en forma de abanico. Después de la interacción de los rayos X con los tejidos, los fotones emergentes son captados por los detectores y estos realizan la conversión analógico-digital, a través de procesos computacionales conocidos como algoritmos, para la formación de la imagen digital final.

En lugar de obtener una sola imagen como la radiografía convencional, la TAC obtiene múltiples imágenes al rotar alrededor del cuerpo, una computadora combina todas estas imágenes en una imagen 2D final que representa un corte del cuerpo como si fuera una rodaja. Esta máquina crea múltiples imágenes en rodajas (cortes) de la parte del cuerpo que está siendo estudiada.

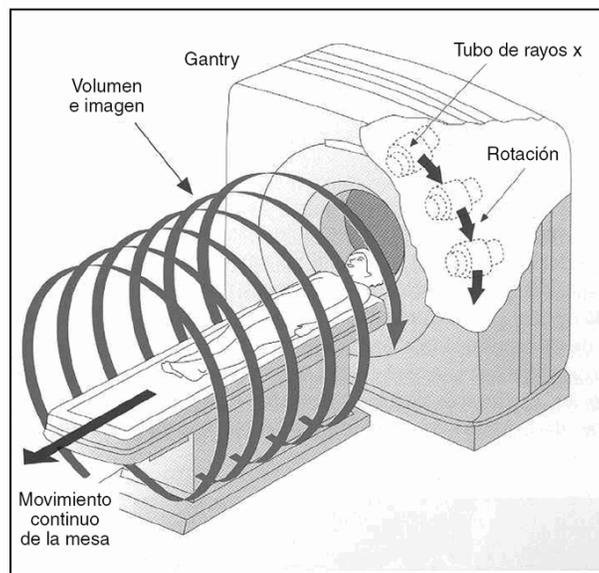
En la TAC convencional se adquieren secuencialmente una serie de imágenes separadas por espacios iguales, tras cada corte hay una breve pausa que permite el avance de la mesa hasta la siguiente posición preestablecida.



**Tomografía axial computarizada convencional**

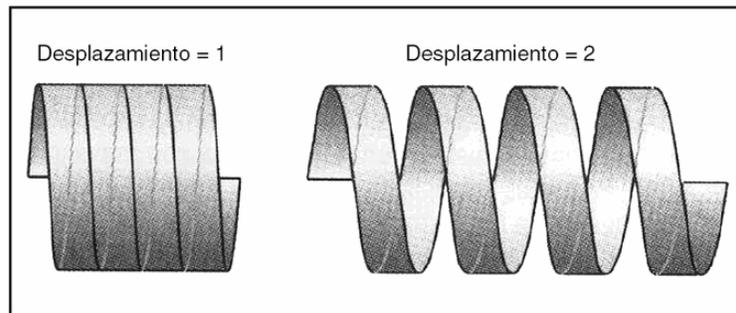
#### 4.2. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA HELICOIDAL.

En la tomografía computarizada helicoidal (TCH) se produce el movimiento simultáneo del tubo de rayos X y la mesa de exploración, de modo que el haz de radiación describe una trayectoria helicoidal, eliminándose las pausas. Es decir, se combinan el movimiento rotatorio ininterrumpido del gantry y el desplazamiento de la mesa durante el barrido, con lo que se consigue una adquisición volumétrica.



**Tomografía axial computarizada helicoidal**

Entre los parámetros técnicos de la TCH destaca el factor de desplazamiento o *pitch* que describe la relación entre el desplazamiento de la mesa en milímetros por cada rotación de rayos X y el grosor de corte en milímetros. Cuanto mayor es el valor del *pitch* más estirada estaría la espiral descrita por el haz de rayos X, mayor sería su cobertura y menor la radiación del paciente, pero también disminuye la calidad de las imágenes obtenidas. (21)



***Si se mantiene el mismo grosor de corte y velocidad de rotación, pero aumenta el desplazamiento de la mesa, el barrido se extiende.***

Las ventajas de este tipo de tomografía sobre la TAC convencional son que evitan la discontinuidad entre los cortes, reduce el tiempo de exploración, posibilita las exploraciones con menor cantidad de contraste intravenoso, mejora la calidad de las reconstrucciones multiplanares y tridimensionales. (21)

### **4.3. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA MULTIDETECTOR.**

Diez años después de la introducción de la TC helicoidal, se introdujo el Tomógrafo Computarizado Multidetector de rotación rápida TCMD, que es esencialmente un tipo de TCH en el que el sistema de detectores consta de varias hileras o filas de detectores en lugar de una, produciendo un enorme avance en la tecnología de la tomografía computarizada mejorando aún más la resolución espacial y temporal, ampliando así sus aplicaciones clínicas.

Los primeros equipos con 4 filas contiguas de detectores activos, dieron paso a los de 16 y 64 filas respectivamente, lo que hizo posible la adquisición simultánea de perfiles de un gran número de secciones. Además, el tiempo de rotación se redujo de 1-2 seg., típicos en equipos de corte único, hasta valores muy inferiores 0.3-0.4 seg. En consecuencia, en estas condiciones es posible escanear prácticamente todo el cuerpo de un adulto en una toma con espesores de corte muy por debajo de 1 mm.

Con los equipos de TC multidetector las adquisiciones se suelen hacer en modo helicoidal. Las excepciones se dan para TC de alta resolución de, por ejemplo, los pulmones, y la adquisición secuencial en TC cardíaca, ya sea para el cálculo del calcio coronario o para angiografía coronaria por TC. **(22)**

#### 4.4. TOMOGRAFÍA FAN-BEAM.

Las tomografías computarizadas para el área craneal se dividen principalmente en dos categorías basándose en la geometría del haz de radiación, llamados *fan-beam* o en haz de abanico y *cone-beam* o haz cónico.

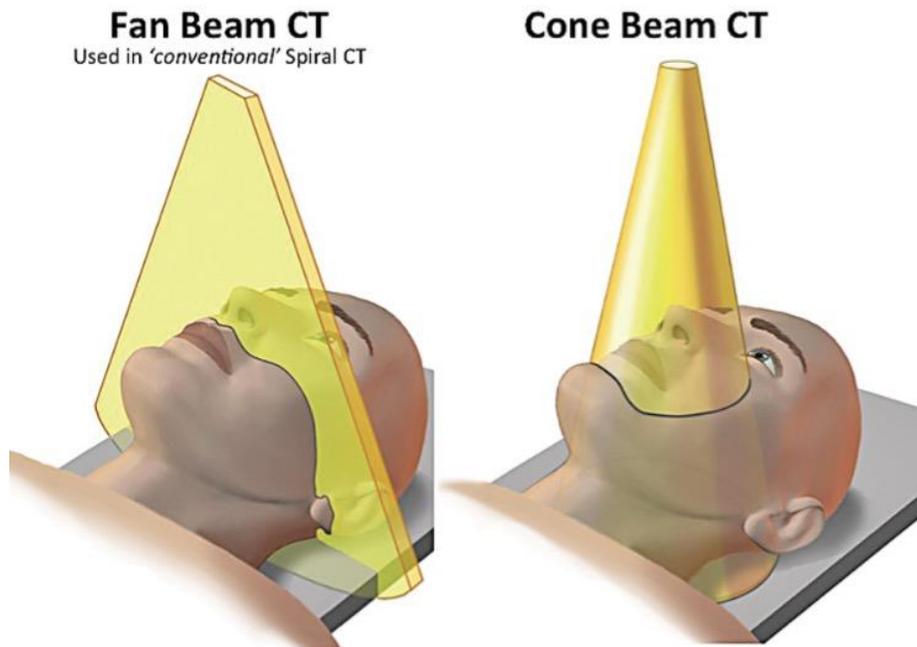


Imagen: [http://raiosxis.com/wp-content/uploads/2015/03/cone\\_beam\\_fan\\_beam.jpg](http://raiosxis.com/wp-content/uploads/2015/03/cone_beam_fan_beam.jpg)

En los equipos *fan-beam* la data es obtenida usando un haz de radiación en forma de abanico estrecho que atraviesa al paciente. El paciente es examinado obteniendo imágenes corte, generalmente en plano axial y la interpretación de las imágenes se realiza sobreponiendo los cortes para obtener múltiples representaciones 2D. **(23)**

Actualmente se utilizan equipos multidetectores para adquirir 64 cortes simultáneamente, reduciendo considerablemente el tiempo de escaneado comparado con los sistemas de

cortes individuales o sencillos, y permitiendo a los nuevos sistemas 3D trabajar con dosis menores de radiación que los tomógrafos convencionales con detectores sencillos. **(23)**

#### **4.5. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE-BEAM.**

Puede ser denominada de diferentes formas: Tomografía computarizada de haz cónico, Tomografía computarizada cone-beam (TCCB) o *Cone-beam computer tomography* (CBCT) puede ser denominada también Tomografía Volumétrica Digital (TVD) ó escáner volumétrico.

Es una modalidad imagenológica de alto valor diagnóstico que ofrece representaciones tridimensionales precisas y de alta calidad de los elementos óseos en el complejo maxilofacial.

Lo que anteriormente sólo tuvo aplicaciones en el área de la medicina es desde hace más de una década un recurso de la odontología. Con la más reciente aparición de sistemas que utilizando una baja dosis de radiación permiten la visualización en volumen y por cortes de zonas seleccionadas y a un nivel de resolución que ofrece detalles suficientes para el análisis preciso en la odontología en general y en la ortodoncia en particular.



Imagen: <https://www.scontent.com>

##### **4.5.1. PRINCIPIO TOMOGRÁFICO DE FORMACIÓN DE IMÁGEN DIGITAL.**

Cuando una radiación X primaria atraviesa el cuerpo, un porcentaje de la energía del rayo es absorbida por el material; este porcentaje está directamente relacionado con la *densidad* del material.

De esta forma, un grupo de rayos X paralelos que atraviesan un objeto proyectan un tipo de IMAGEN o SOMBRA que revela la densidad del material del objeto a lo largo de la trayectoria de cada uno de los rayos. Este proceso constituye la clave de la radiología, y la imagen o sombra generada es llamada *proyección tomográfica*. **(24)**

Dicha información se registra directamente sobre un arreglo bidimensional de *sensores fotoeléctricos*, posibilitando de esta forma su almacenamiento, transmisión y posterior procesamiento. Para la reconstrucción del objeto es necesario tener varias proyecciones tomográficas digitalizadas y almacenadas.

Los primeros tomógrafos computarizados reconstruían un corte del objeto a la vez, no el objeto completo en el espacio de tres dimensiones. **(24)**

También es esencial saber que la formación de imágenes se realiza de un modo dinámico, en el que la fuente de Rayos X y el dispositivo receptor de imagen (la película) se mueven de manera sincrónica y antagónica en un ángulo determinado denominado *punto de fulcro*. Todo aquello entre el punto de fulcro o *campo focal* se exhibe en la imagen de manera detallada y las estructuras localizadas fuera del campo focal son borrosas.

La variación de los ángulos y la trayectoria de los movimientos realizados entre la fuente y el receptor de imágenes hacen que la imagen sea mejor o peor, de ésta manera se producen las imágenes tomográficas lineales, espirales o hipocicloides, todas estas imágenes se describen como convencionales o no computarizadas o tomografías lineales. **(25)**

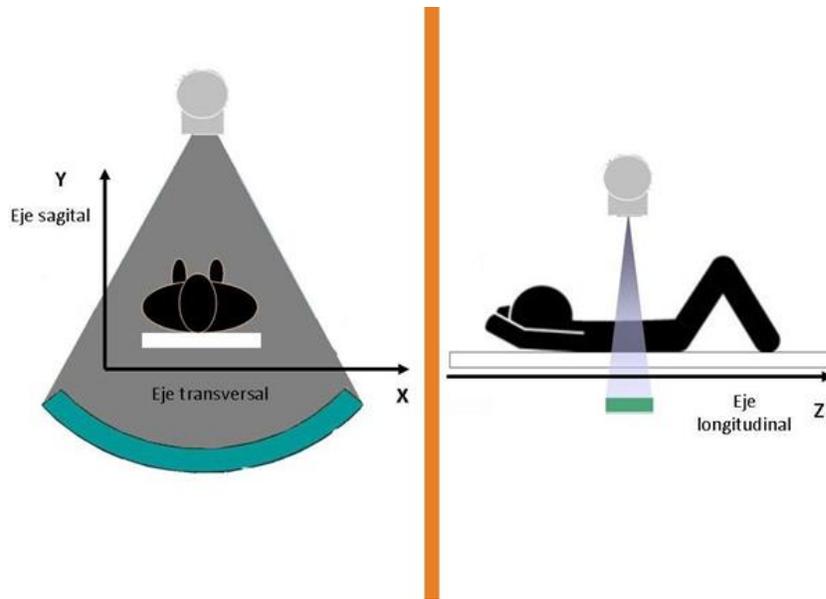
## **EJES DEL ESPACIO Y PLANOS ANATÓMICOS**

En el estudio de la anatomía humana, los planos anatómicos son las referencias espaciales que sirven para describir la disposición de los diferentes tejidos, órganos y sistemas, y las relaciones que hay entre ellos. Consideremos los tres ejes del espacio:

El eje vertical o longitudinal; va de la cabeza a los pies: es un eje 'cráneo-caudal' ('cabeza-cola').

El eje transversal va de lado a lado: es un eje latero-lateral.

El eje anteroposterior va de delante hacia atrás: es un eje ventro-dorsal.



Los tres ejes conforman los *planos del espacio*, los principales son:

Plano frontal o coronal: se orientan de manera vertical, de forma que divide al cuerpo en anterior y posterior.

Plano sagital, también se orienta verticalmente, sin embargo, son perpendiculares a los planos coronales, dividiendo el cuerpo en zonas derecha e izquierda.

Plano horizontal, debido a que se orienta de forma horizontal divide a el cuerpo en zona inferior y superior.

Plano transverso, transversal o axial es relativo a una estructura en particular, y son perpendiculares al eje longitudinal de dicha estructura. Si se refiere al cuerpo en conjunto entonces son equivalentes a los planos horizontales definiendo las zonas proximal y distal.

Plano oblicuo, son los planos que cortan parte del cuerpo en una dirección que no es paralela a ninguno de los planos anteriores. **(25)**

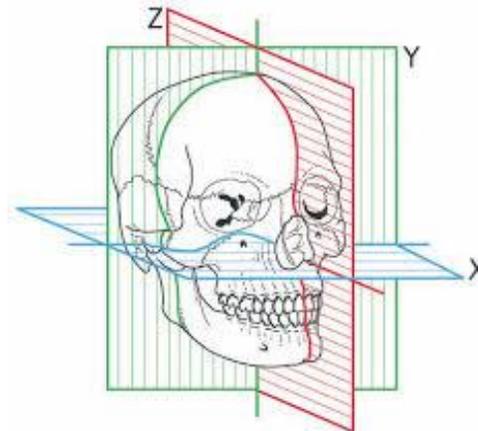
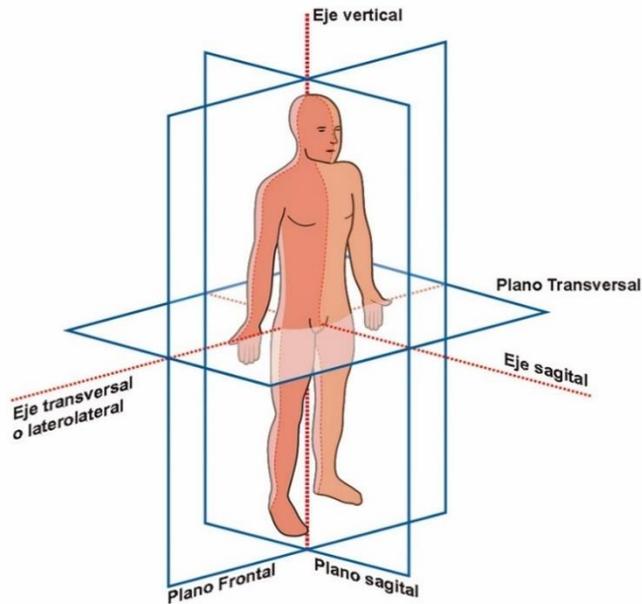


Imagen:

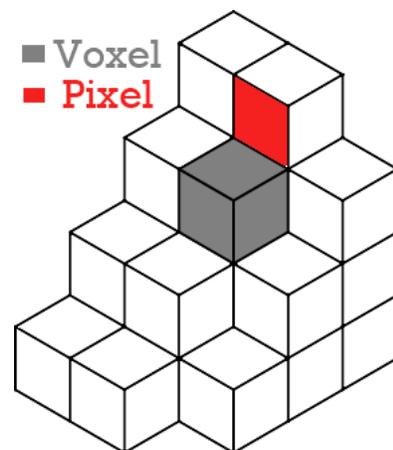
<http://dx.doi.org/10.1594/seram2014/S-0630>.

## IMAGEN TOMOGRÁFICA.

Toda imagen axial computarizada está formada por un conjunto bidimensional de valores, cada valor es la menor unidad de imagen y se denomina **pixel** (*picture element*). El pixel se forma a partir de una disposición cartesiana bidimensional intercalada por líneas y columnas en la cuadrícula formada por los ejes X - Y, es decir, forman unos pequeños “cuadrados” que componen la imagen.

Debido a su principio de adquisición específico y primordialmente volumétrico, las imágenes tomográficas computarizadas son esencialmente tridimensionales.

Los pixeles representan principalmente una cara de las unidades que forman la imagen tridimensional, el **voxel** (*volumen element*), lo que por analogía se puede entender como un “cubo” a diferencia del pixel que representa un cuadrado. **(18)**



## PRINCIPIO DE ADQUISICIÓN.

El principio de adquisición de imágenes de los sistemas espirales da origen a imágenes axiales que posteriormente se unen a través de programas de computadora, dando origen a las imágenes coronales y

sagitales. Los factores como el espesor del corte, el intervalo de reconstrucción y los algoritmos (métodos) de reconstrucción van a influir en el resultado final de la imagen que se visualizará, a Este proceso se denomina adquisición. **(18)**

## HAZ DE RAYO, ATENUACION Y PROYECCIONES.

El objetivo de la adquisición de la tomografía computarizada es medir la transmisión de los rayos X a través del paciente en un gran número de proyecciones, la reconstrucción de las imágenes se realiza mediante complicados cálculos matemáticos.

Las proyecciones se obtienen mediante la acción combinada del tubo de rayos X rotando alrededor del paciente y de sistemas detectores que cuentan con cientos de elementos a lo largo del arco detector con cientos de filas contiguas de detectores alineadas a lo largo del eje de rotación.

Los valores de cada pixel que se asignan en las imágenes están relacionados con la atenuación del tejido correspondiente, es decir, el *coeficiente de atenuación lineal*. **(25)**

La ley de Beer-Lambert establece la relación entre la intensidad del haz inicial de rayos X,  $I_0$ , el coeficiente de atenuación lineal  $\mu$ , el espesor del material  $x$ , y la intensidad del haz atenuado de rayos X,  $I(x)$ . El coeficiente de atenuación lineal depende de la composición y de la densidad del material y de la energía de los fotones:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

Estos cálculos que nos dan el *coeficiente de atenuación de la radiación* en cada voxel, se le asigna a cada uno de ellos un valor numérico o *número CT*; y es cuantificado en una escala de grises.

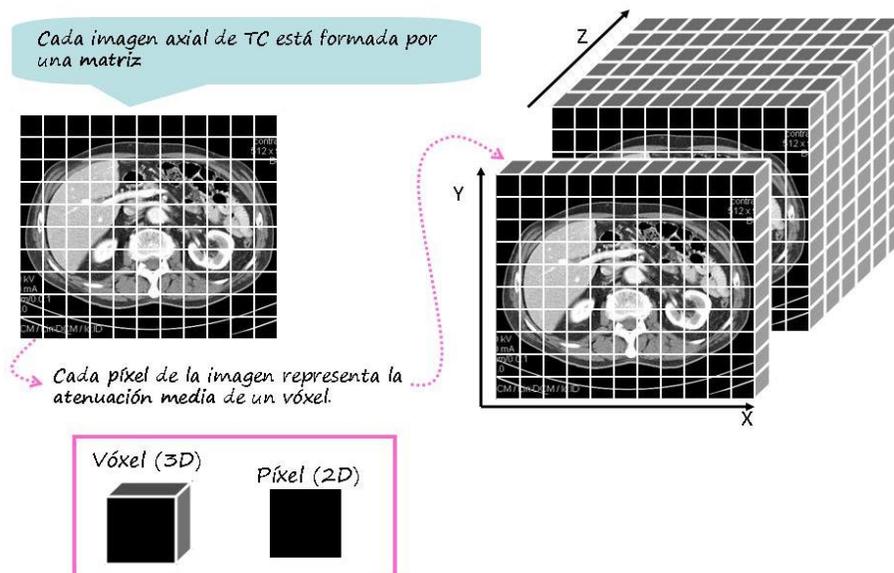


Imagen: Complejo Hospitalario de Navarra B (Servicio de Radiología) - Pamplona/ES

El tamaño de la matriz es el campo de visión o *Field Of View (FOV)*, que habitualmente se expresa en centímetros, determina qué zona de la anatomía del paciente se visualizará. Si se utiliza un detector de flat panel (FP), las dimensiones de su campo de visión cilíndrico pueden describirse como diámetro por altura (DxH). **(26)**

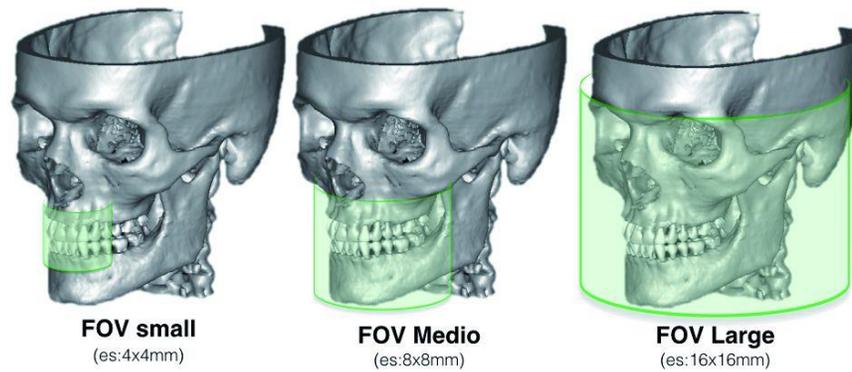


Imagen: <http://www.eldentistamoderno.com>

El tamaño del píxel es igual al tamaño de la matriz (FOV) dividido por el número de píxeles de la matriz. La matriz habitual es 512.

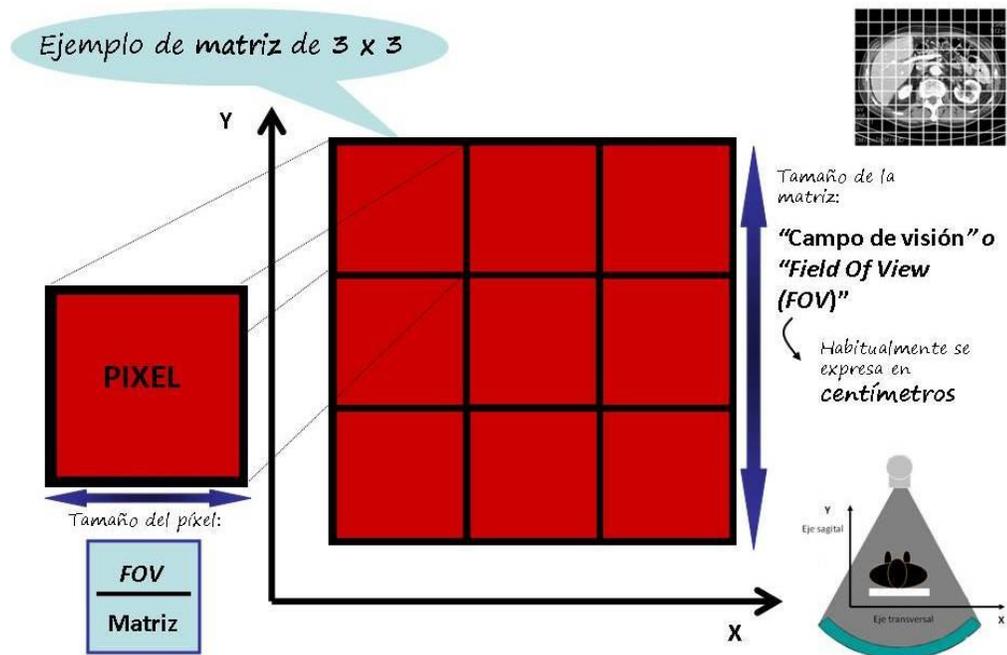


Imagen: Complejo Hospitalario de Navarra B (Servicio de Radiología) - Pamplona/ES

## UNIDAD DE MEDICIÓN DE DENSIDAD.

Para la medición cuantitativa de diferentes densidades, la representación de los grados de atenuación del haz de radiación al atravesar las diferentes estructuras o tejidos, se emplean las unidades **Hounsfield ( $\mu\text{H}$ )**, en honor al descubridor de la Tomografía Computarizada.

Se denominan **hiperdensas** a las imágenes de tejidos con alto coeficiente de atenuación, e **isodensas** a las imágenes con atenuación próxima o correspondiente al agua e **hipodensas** son de bajo coeficiente de atenuación, próxima o correspondiente al aire.

Estas unidades Hounsfield se clasifican en una escala de colores del blanco (+1000) al negro (-1000) pasando por todos los grises. Se les asigna un valor arbitrario, siendo 0 la densidad del agua siendo un gris compuesto 50% blanco y 50% negro.

La grasa posee valores negativos (en torno a -70 o -90  $\mu\text{H}$ ) y los tejidos blandos valores positivos (+30, +70  $\mu\text{H}$ ). En los extremos de la escala se sitúan la densidad de hueso (+500  $\mu\text{H}$ ) y del aire (-1.000  $\mu\text{H}$ ).

En el monitor se pueden representar como máximo 256 tonos de gris, mientras que el ojo humano sólo es capaz de discriminar aproximadamente 20 tonos. Se denomina **ventana** al conjunto de valores de atenuación que se muestra en la pantalla del monitor. El nivel de densidad medio o **centro de la ventana** se debe situar lo más cerca posible del nivel de densidad del tejido que se desea examinar.

Por ejemplo, el pulmón, por su elevado contenido en aire, se estudiará mejor ajustando la ventana en un nivel bajo de  $\mu\text{H}$ , mientras que el hueso requiere un ajuste en niveles altos. La **anchura de ventana** es la gama de valores de atenuación o números CT representados; influye sobre el contraste de las imágenes; cuanto más estrecha sea, mayor será el contraste.

Los niveles de densidad de la práctica totalidad de los órganos de tejido blando se sitúan en un estrecho rango entre 10 y 90  $\mu\text{H}$ . **(26)**

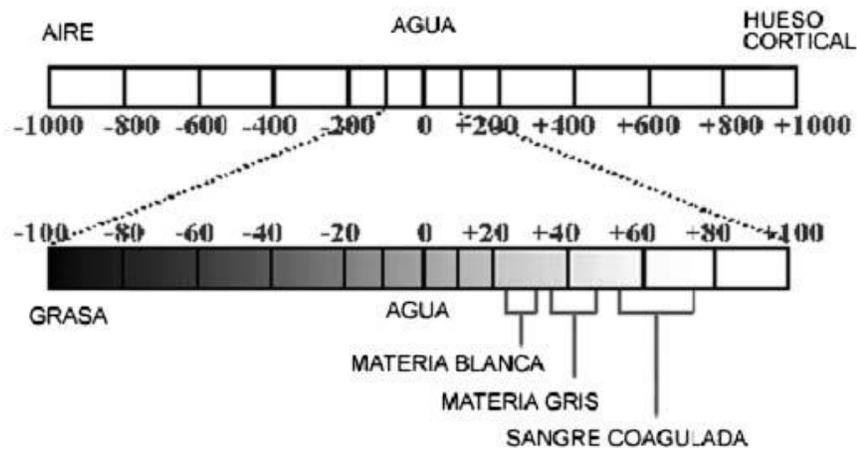


Imagen: <http://modulotecguana.blogspot.mx/2012/08/la-escala-de-hounsfield.html>

## ISOTROPISMO, ANISOTROPISMO

Cuando el grosor del corte es igual al tamaño del píxel, se dice que los datos son *isotrópicos*.

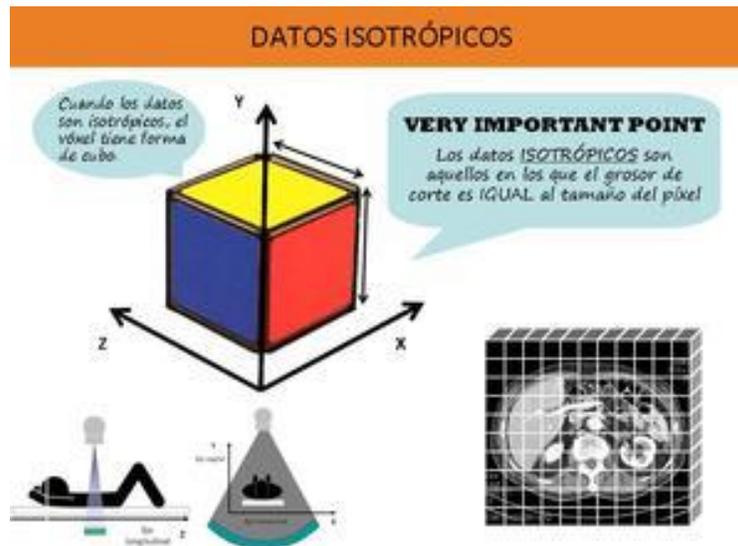


Imagen: Complejo Hospitalario de Navarra B (Servicio de Radiología) - Pamplona/ES

Cuando el grosor del corte es mayor que el tamaño del píxel, los datos son *anisotrópicos*.

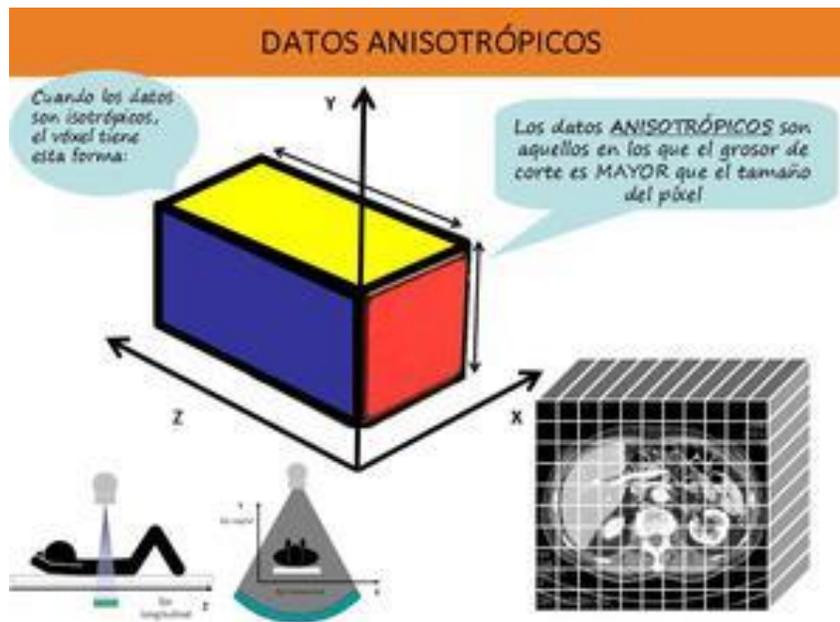


Imagen: Complejo Hospitalario de Navarra B (Servicio de Radiología) - Pamplona/ES

Cuando los datos son anisotrópicos, la resolución espacial es peor en el eje Z que en el plano axial, mientras que cuando son isotrópicos, la resolución espacial es similar en el eje Z y en el plano axial y por lo tanto con una mejor calidad de imagen. **(26)**

#### 4.5.2. ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGENES DE TCCB.

Por lo general, el detector de panel plano que utilizan los tomógrafos computarizados *cone-beam* están hechos a base de silicio amorfo impregnado de yodato de cesio, en un arreglo matricial (línea x columnas) micrométrico, formando paneles sensibles a la radiación. El detector de panel plano es comparable a los que incorporan los equipos de rayos X utilizados para obtener radiografías digitales de proyección. **(18)**

Este tipo de detector plano capta total o parcialmente (colimación variable) el cono de rayos X. Debido a su característica en la captación de haz de radiación, se requiere menor cantidad de rotación del tubo alrededor del paciente para la formación, lo que resulta en una disminución en la dosis efectiva de radiación para el paciente.

Los escáneres de TC dental están diseñados para que el paciente esté sentado durante el examen, la trayectoria del movimiento será circular, alrededor de la estructura que será evaluada en el paciente en forma longitudinal (axial), a partir de ésta rotación se obtienen proyecciones secuenciadas, éstas imágenes primarias dependen del tamaño del detector

utilizado en la proyección del cono de rayos X y de la colimación de éste FOV (*field of view*) o campo de visión, y se denominan datos de proyección, *raw data* (datos en bruto) o **imagen base**.

Por ser electrónicos, los detectores dan origen a una señal eléctrica que se convierte en digital y es procesada por una computadora, la cual procesa la información de cada rodaja orgánica y la reconstruye en forma de cuadritos. Cómo ya se mencionó, los cuadros que forman la matriz (píxeles), al tomar forma cúbica (voxeles) se le asigna un tono en la escala de grises, éste conjunto de tonos es llevado a la pantalla de un monitor y la imagen reconstruida, es la que podemos observar.

Dependiendo del tipo de aparato utilizado, se obtienen imágenes de rotación de 180 o 360 grados. Cuanto mayor sea el número de imágenes adquiridas, mayor será la información disponible para la construcción del volumen, con lo que se obtienen mejores resultados.

Todas las imágenes obtenidas en la tomografía computarizada son digitales nativas, almacenadas en un formato específico DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) Este formato de archivo corresponde al formato universal para imágenes médicas y se puede leer a través de cualquier programa de computadora compatible. La página digital es <http://medical.nema.org> que atiende los requisitos específicos tanto en el campo legal como en el campo del diagnóstico.

Dicho formato de imagen permite la visualización de las imágenes a través de cualquier programa que lea/interprete el formato DICOM, facultando al profesional procesos como diagnóstico a distancia, confección de prototipo, entre otros. En el proceso de adquisición espiral las imágenes se obtienen de manera específica, perpendicular a la mesa (imagen axial original) y después se reúnen por medio de programas específicos de computadora generando el volumen total.



Imagen: Home page del formato DICOM-<http://medical.nema.org>

La adquisición en voxel posibilita un proceso denominado *formateo*, el formateo del volumen base obtenido durante el proceso de adquisición ofrece imágenes en diversos planos anatómicos, tales como el sagital y el coronal. Esas imágenes se pueden denominar RMP o reconstrucción multiplanar (*MRP/multiplanar reconstruction*). Debido a esta adquisición en voxeles, se encuentra la reconstrucción en tercera dimensión de forma nativa. Este tiempo de reconstrucción es variable y depende de factores como el tamaño de FOV, tamaño de voxel empleado y van de 2.5 a 8 minutos en total. **(18)**

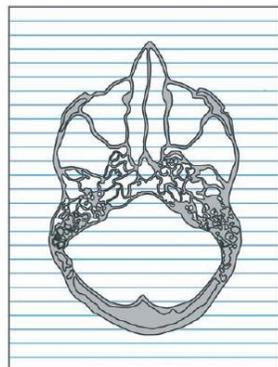


Figura 3B. Plano axial obtenido sobre el volumen de datos.

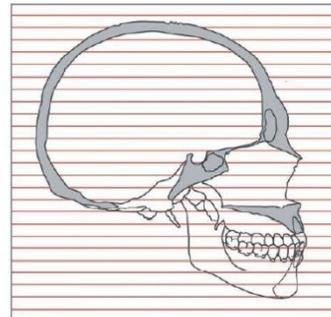


Figura 3D. Plano sagital obtenido sobre el volumen de datos.

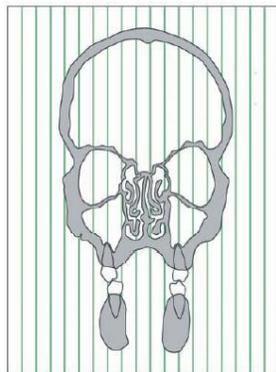


Figura 3C. Plano coronal obtenido sobre el volumen de datos.

Imagen: <http://scielo.isciii.es/pdf/rcoe/v11n3/original3.pdf>

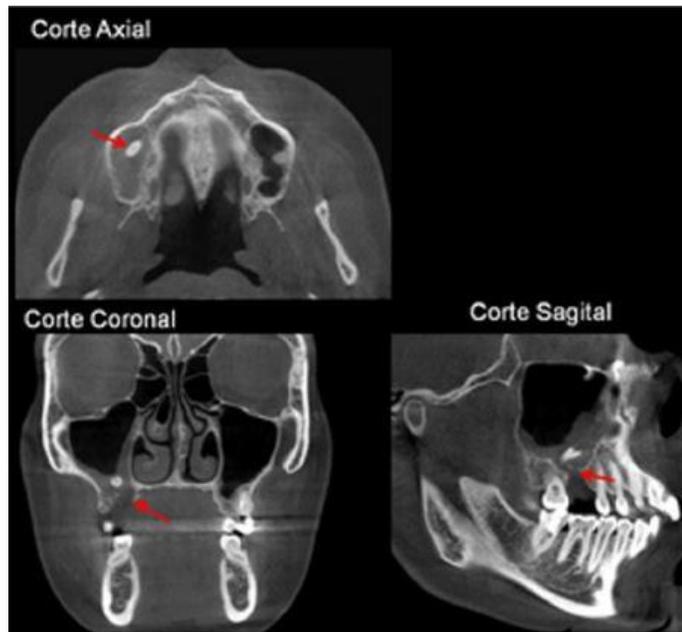


Imagen: <http://blog.radmedica.net>

## CAPÍTULO 5.

### 5.1. INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA EN ORTODONCIA.

Cómo cualquier modalidad de diagnóstico por imagen, es fundamental el entrenamiento del profesional en la comprensión de las imágenes obtenidas a través de la Tomografía cone-beam para realizar una adecuada interpretación, ya que los aspectos anatómicos difieren radicalmente si se comparan con la visualización de las imágenes convencionales. **(44)**

Es fundamental establecer una secuencia de visualización específica y ordenada. Primero deben ser analizadas todas la imágenes axiales, coronarias y sagitales, para lo que se debe conocer la anatomía de la región. Posteriormente de la visualización crítica y obligatoria de todos los volúmenes adquiridos, se debe continuar con la observación de las imágenes parasagitales u oblicuas y por último la visualización en tercera dimensión tanto ósea como de tejidos blandos. **(18, 26)**

Por lo general el visor más utilizado para diagnóstico en Odontología es *OnDEMAND3D*.



[https://media.licdn.com/mpr/mpr/shrinknp\\_200\\_j.pg](https://media.licdn.com/mpr/mpr/shrinknp_200_j.pg)

A continuación, se muestran las imágenes principales que pueden observarse a través de este visualizador de tomografía, desde luego pueden ser manipuladas para realizar una mejor interpretación diagnóstica de lo que se observa. Como toda nueva tecnología, el uso continuo permite conocer y obtener el mayor provecho de estos estudios.

Al introducir el DVD/CD con el visualizador y la tomografía se debe ejecutar el visualizador *CDViewer.exe*.

Posteriormente debe seleccionar la carpeta *proyecto final* con el nombre del paciente.



El visualizador Ondemand3D es un software de formación dental que proporciona visualización 3D de imágenes ecográficas de pacientes. Ofrece vistas de MPR (Multi-Planar Reformat), panorámica, transversal, y la de TMJ (los desórdenes temporomandibulares) y muchas funciones para diagnosticar inmediata y precisamente.

La función principal del visualizador es manejar y organizar sin esfuerzo imágenes médicas y ofrecer herramientas para 2D y 3D análisis de pacientes. Tiene siguientes módulos y cada módulo es diseñado para el uso específico. **(27)**

**DBM (Database Manager)** este módulo DBM maneja datos de DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*). Puede almacenar y manejar datos en el servidor y también en el disco local. Simplemente arrastrar y soltar los datos de DICOM para copiarlos (o moverlos) al diferente lugar.

**DLB (Dynamic LightBox)** es un rápido visor de imágenes que permite navegar por imágenes volumétricas en 3D fácil y rápidamente. Este módulo ofrece una visión axial, sagital, coronal y proporciona la función del espesor oblicua y representación 3 zoom 3D de un espacio cúbico.

**DVR (Dental Volume Reformat)** Es el módulo principal para OnDemand3D que proporciona varios formatos de las imágenes 3D tales como axial, panorámico, transversales, TMJ y etc, también tiene la vista de la imagen del volumen 3D, las imágenes del grueso y rendering de MIP. Con estos varios formatos de la vista, se puede simular el planeamiento del implante.

**Planear implante (opcional)** Es una función adicional para el módulo DVR que ofrece una biblioteca de los implantes por marcas, simulaciones de la colocación del implante, análisis de la estructura del hueso y la localización del canal de la mandíbula. Esta función hace que sea posible la planificación del pre-quirúrgico con mayor nivel de precisión.

**3D (opcional)** Proporciona una técnica innovadora de visualización 3D, segmentación, y funciones del análisis para las imágenes de DICOM. Este módulo tiene varios modos de *rendering* como VR (Volumen Rendering), MIP / MiniIP, y más. Su única función de zoom 3D permite a los usuarios visualizar pequeñas estructuras anatómicas con un alto grado de precisión y calidad.

**Generación Rayo-X (opcional)** Es un módulo opcional para crear imágenes radiográficas proyectadas por perspectiva como imágenes laterales o frontales de Cefalometría. Sólo escoja un par de puntos que corresponde a las barras de oído virtuales, este módulo generará la imagen lateral y la frontal de radiografía Cefalométrica en la misma configuración y la ampliación como un Cefalostato real.

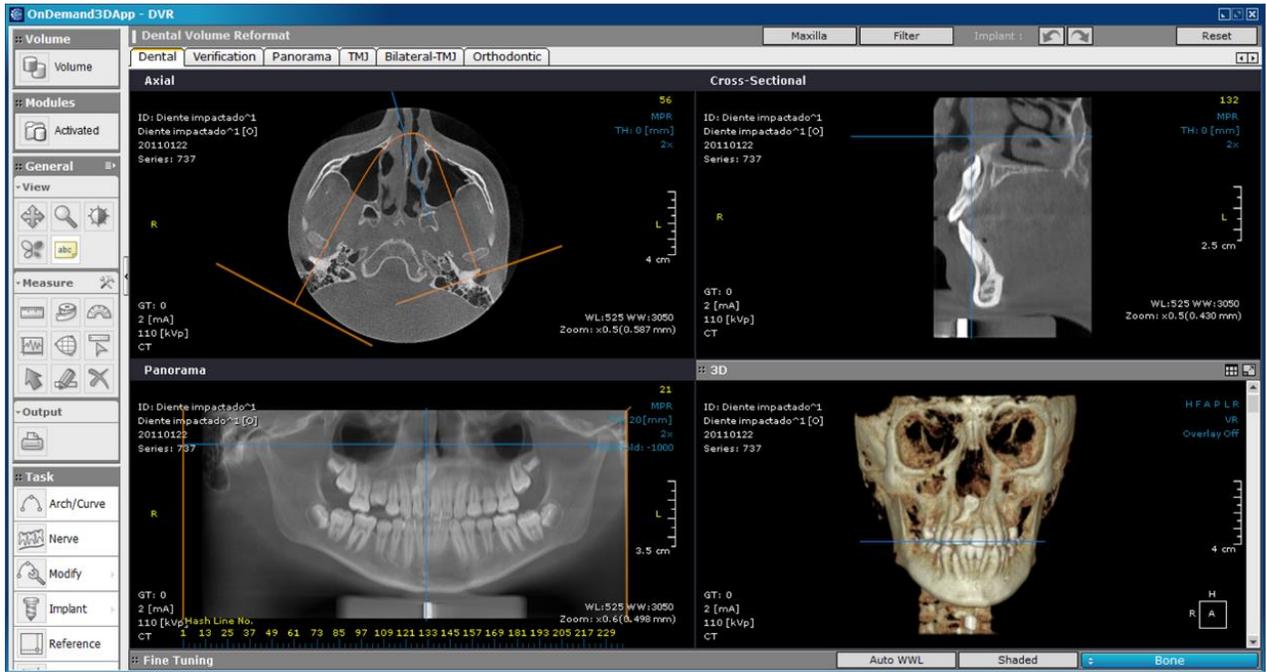
**Informe** Archiva las imágenes capturadas de Ondemand3D y puede crear un informe personalizado en el formato de HTML con imágenes capturadas. También apoya funciones ampliadas como almacenar, imprimir, hacer películas (por la impresión de DICOM) y transmitir las imágenes capturadas a servidores DICOMPACS.

**Project Viewer (opcional)** No es un módulo, sino un software separado para ver los archivos de proyecto que están guardados en el servidor. Un trabajo hecho por Ondemand3D puede almacenarse como un archivo de proyecto, y este archivo se puede ver con Ondemand3D Project Viewer.

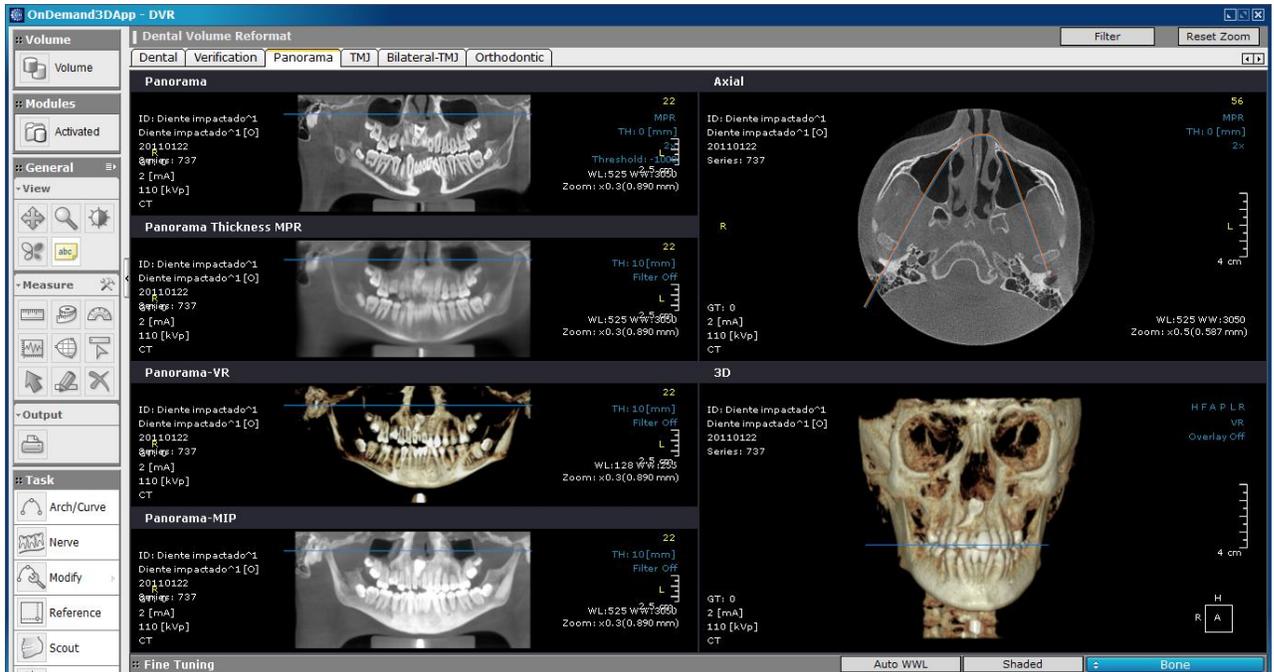
En el **módulo DVR** podemos observar diferentes imágenes dependiendo de la carpeta que es seleccionada.

En cada uno de los cortes axial y sagital, y en la reconstrucción volumétrica se puede observar una línea azul a la altura que se hace el corte coronal. Y una línea naranja que es la línea panorámica, siendo ésta una línea de referencia riel sobre el que se ve cada sección. **(27)**

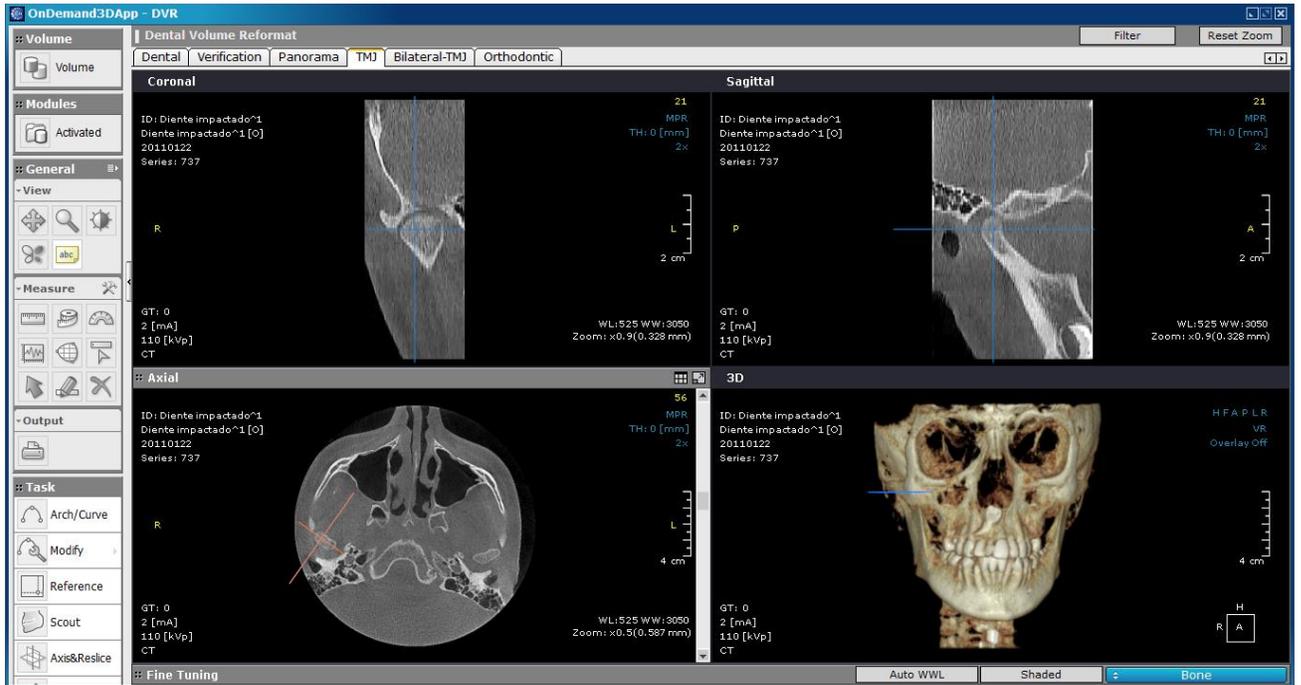
# CARPETA DENTAL



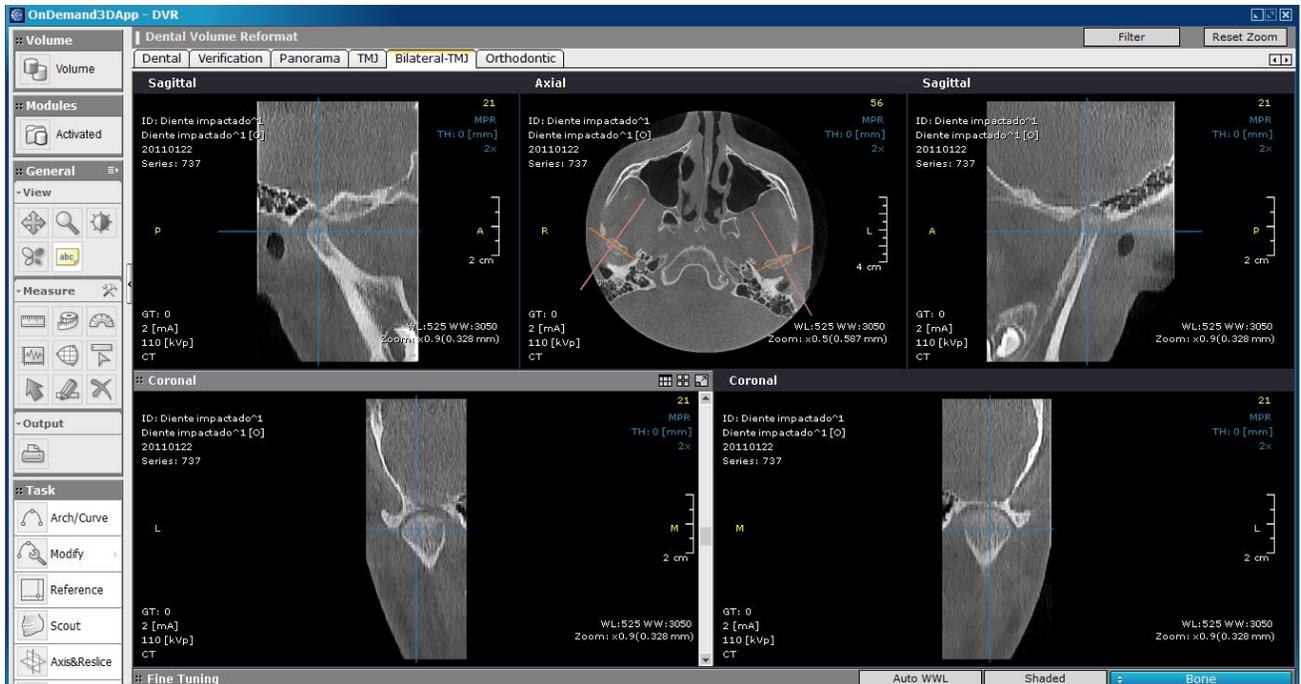
# CARPETA PANORAMA



# CARPETA TMJ



# CARPETA BILATERAL TMJ



## IMAGEN 3D



TCCB-Cedirama digital

## HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN.

*OnDemand3d* también cuenta con herramientas de visualización que ayudan a mejorar la interpretación de las imágenes. Todas estas herramientas se localizan en la parte izquierda de la pantalla y están representadas con diferentes íconos. A continuación, se presenta el listado y funciones de cada una de estas herramientas.

Function	
	<b>PAN / MOVER</b> Esta herramienta mueve una imagen elegida en todos los paneles. Seleccione esta herramienta y arrastre una imagen con el botón izquierdo del ratón.
	<b>ZOOM IN/OUT</b> Esta herramienta acerca o aleja una imagen selecta. Seleccione esta herramienta y luego arrastre una imagen con el botón izquierdo del ratón. Windowing
	<b>WINDOWING</b> Esta herramienta ajusta el 'Nivel y Anchura de Window' para comparar parámetros de windowing. Seleccione esta herramienta y arrastre el puntero del ratón con el botón izquierdo del ratón. El arrastrar a derecha e izquierda controla el valor de 'Anchura de Window' y, el arrastrar arriba y abajo, el valor del 'Nivel de Window'.
	<b>INVER IMAGING/ INVERSIÓN</b> Esta herramienta invierte todas las imágenes mostradas en la pantalla. Después de seleccionar esta herramienta, se invierten todas las imágenes. Haga clic en el botón una vez más y podrá ver las imágenes originales.
	<b>TEXT OVERLAY/TEXTO SUPERPUESTO</b> Esta herramienta alterna el Overlay de Texto mostrado sobre las imágenes MPR. Cuando se selecciona esta herramienta, la información de texto aparece en la pantalla.
	<b>VOI SUPERPUESTO</b> Esta herramienta configura VOI (Volume of Interest) que define el rendering en el panel 3D. Después de seleccionar esta herramienta, aparece el cuadro VOI mostrado en líneas azules sobre los paneles MPR. Puede configurar VOI arrastrando el botón izquierdo del ratón en el cuadro VOI para cada panel de MPR.

## HERRAMIENTAS DE MEDIDA

Function	
	<b>RULER/ REGLA</b> Ésta mide la distancia entre dos puntos de una imagen utilizando unidades métricas [mm]. Después de elegir esta herramienta, marque un punto haciendo clic izquierdo del ratón y cuando se marca otro punto segundo, se dibuja una línea entre los dos puntos. Ud. puede mover la línea arrastrándola con el botón izquierdo del ratón
	<b>TAPE LINE/CINTA MÉTRICA</b> Mide la longitud de una línea o curva conectando varios puntos marcados sobre una imagen en milímetros. Después de seleccionar esta herramienta, marque algunos puntos a lo largo de una línea o curva que desee en la imagen haciendo clic en el botón izquierdo del ratón. Para completar su dibujo, haga doble clic en el botón izquierdo o derecho del ratón.
	<b>ANGLE</b> Éste mide un ángulo entre dos líneas. Después de seleccionar esta herramienta, haga clic en tres o cuatro puntos para medir el ángulo. Si selecciona el botón 'Ángulo', Ud. puede ver sus 'Opciones de Herramienta' como se muestra en la siguiente figura. Hay tres tipos de opciones de herramienta a dibujar líneas para un ángulo: 3-Puntos Clic, 4-Puntos Clic y ángulo en 3D.
	<b>PROFILE/ PERFIL</b> Esta herramienta muestra los valores de píxeles sobre una línea de una imagen MPR con una gráfica.
	<b>ÁREA</b> Esta herramienta crea una ROI (Región del Interés) sobre una imagen y mide el área de la ROI. Después de elegir esta herramienta, marque algunos puntos para dibujar un cuadro de ROI haciendo clic izquierdo del ratón Si selecciona el botón 'Área', puede ver sus 'Opciones de Herramientas' Puede elegir un tipo de línea para dibujar el cuadro de ROI.
	<b>ROI/ INFORMACIÓN ROI</b> (Region of Interest) proporciona información sobre el promedio, el máximo, el mínimo, y la varianza de los valores de píxel. Si selecciona el botón 'ROI', puede ver sus 'Opciones de Herramientas'. Usted puede elegir la ROI para un cuadro o una forma de círculo.
	<b>ARROW/FLECHA</b> Esta herramienta marca una flecha sobre un punto de interés de una imagen. Si selecciona el botón "Flecha" podrá visualizar las "Opciones de Herramientas"
	<b>NOTE/NOTA</b> Esta herramienta escribe una nota simple en la ubicación deseada de una imagen
	<b>DELETE/BORRAR</b> Esta herramienta borra todos los resultados de los análisis realizados en las imágenes MPR.

Imágenes [http://www.ondemand3d.com/download/OnDemand3DDental\\_\\_1.0.10.GENERAL.pdf](http://www.ondemand3d.com/download/OnDemand3DDental__1.0.10.GENERAL.pdf)

## 5.2. APLICACIONES GENERALES DE TCCB EN ORTODONCIA.

En un Tratamiento en Ortodoncia, las radiografías que más se utilizarán dependerán mucho del criterio del profesional y la alteración o mal oclusión presente en cada paciente.

Todas las técnicas radiográficas ofrecen diferentes tipos de detalle y es por eso que se les utiliza como un medio diagnóstico excelente para discriminar alteraciones de tipo óseo con las de tipo dental, normalmente las alteraciones en ortodoncia que provienen desde la base ósea son más complicadas de corregir que las de alteración puramente dental; es por eso que suelen ser tratadas en edades de crecimiento.

La adquisición de imágenes Cone-Beam 3D proporcionan varios tipos de imágenes para tratamientos de ortodoncia y estéticos o para el tratamiento de enfermedades más graves, como lo son las imágenes panorámicas, telerradiografías, inclusive modelos de estudio en imagen 3D, ofrecen una representación exhaustiva del área explorada, permitiendo además modificar el ángulo de visión y el espesor de las imágenes reconstruidas

Las imágenes 3D pueden mostrar claramente detalles específicos tales como el nivel óseo periodontal, aspecto muy importante antes del tratamiento de Ortodoncia como ha sido enfatizado por el *American Board of Orthodontic*. **(28)**

La tomografía es un excelente auxiliar para entender las relaciones anatómicas, posiciones exactas de los dientes, tamaño de las raíces, verificar su angulación radicular, identificar reabsorciones radiculares, fracturas o restos radiculares, la presencia de quistes.

Es posible realizar una valoración endodóntica preoperatoria, como localización del conducto radicular, detección de fracturas de raíces y traumas del complejo dentoalveolar, representación de reabsorciones preoperatorias internas y externas de las raíces, diagnóstico pre operativo en caso de lesiones óseas periapicales, o planificación endodóntica, necesidad de apicectomía, etc.

La imagenología 3D facilita la determinación de la existencia, posición y forma de un diente impactado o desplazado, existe una diferencia sustancial entre la capacidad descriptiva de un plano radiográfico bidimensional y la de las imágenes tridimensionales, especialmente si está colocado de manera central en la arcada superior, por ejemplo. Posibilita encontrar dientes supernumerarios y su ubicación exacta, también es una excelente herramienta de transmisión de información clínicamente correcta a los cirujanos orales para facilitar la extracción y evitar una cirugía exploratoria.

También es posible valorar la amplitud de la afectación del maxilar en caso de labios leporinos con paladar hendido, o la valoración de expansión rápida de maxilar, en casos ortopédicos.

Mejorando el diagnóstico integral de cada paciente, las imágenes en 3D permiten identificar problemas potencialmente graves, como la obstrucción de las vías respiratorias, los senos maxilares son claramente visibles y medibles **(28)**. También Puede valorarse la articulación temporomandibular, y observar anomalías de los tejidos blandos. Así como permitir una mejor planeación interdisciplinaria con Cirugía oral y maxilofacial.

Además, muchos de los softwares actuales están enfocados en poder realizar análisis cefalométricos, ya sea de forma tradicional en radiografía lateral 2D (obtenida en la misma toma de imagen tomográfica) o inclusive en 3D. Permite precisar la colocación de mini implantes para tracción ortodóncica, **(29)**

### **5.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE TCCB.**

El tomógrafo 3D presenta una serie de ventajas y unas prestaciones superiores respecto a la radiografía convencional:

Proporciona una gran calidad de imágenes; es decir, produce imágenes en los tres ejes del espacio y reconstrucciones tridimensionales (3D) de alta resolución y bien contrastadas, extremadamente útiles para evaluar el hueso, medir la densidad ósea y saber las distancias y relaciones exactas de estructuras anatómicas de importancia como son el nervio dentario inferior, senos maxilares, fosas nasales, dientes adyacentes, permite una valoración más exacta en el diagnóstico de asimetría esquelética, etc. **(30)**

Brinda rapidez y comodidad: Las imágenes se adquieren en tan sólo 14 segundos, dependiendo del tomógrafo del que se trate, mientras el paciente está cómodamente sentado o de pie en un ambiente no claustrofóbico.

La Escala que se utiliza es 1:1 es decir, las imágenes no tienen distorsión ni magnificación. Todas las imágenes son presentadas a tamaño real, lo que hace posible hacer medidas exactas directamente en cada estructura. Y elimina por completo la super imposición de imágenes brindando una excelente nitidez. **(31)**

Las imágenes cuentan con una resolución sub milimétrica, lo que ofrece cortes de hasta 0.15 mm de espesor de cualquier región anatómica.

Otra ventaja que ofrece la TCCB es que las alteraciones producidas por restauraciones metálicas son menos significativas que en la tomografía convencional.

La reducción de la dosis efectiva de radiación recibida por el paciente es de hasta el 90% en comparación con un escáner médico habitual. Además, la mayoría de los aparatos posee un protocolo de exploración pediátrica. Un niño recibirá sólo un 50% de la dosis de un adulto.

La dosis de radiación efectiva de la tomografía computarizada odontológica varía de acuerdo con la marca comercial del equipo y con las especificaciones técnicas seleccionadas durante la toma: como el tamaño del campo de visión, tiempo de exposición, mili-amperaje y kilovoltaje. **(30)** Sin embargo, de un modo general, se muestra significativamente reducida en comparación a la tomografía computarizada tradicional.

La dosis de radiación total en una tomografía es similar a la de una ortopantomografía y telerradiografía y algo inferior a la de una serie radiográfica periodontal convencional. Pero con una sola exploración, podemos estudiar a detalle y con alta resolución cualquier parte del cráneo, cosa que la ortopantomografía y la telerradiografía no es posible al ser radiografías en 2D y con distorsiones significativas complicadas de medir y compensar.

Con el visualizador adecuado es posible estudiar, diagnosticar y planificar tratamientos en varios campos de la odontología interdisciplinaria como ortodoncia, endodoncia, periodoncia, cirugía oral y maxilofacial, ATM y odontología general. Inclusive tiene indicaciones en otorrinolaringología. Y con el software específico se puede planificar y realizar simulaciones de tratamientos de implantes de forma predecible y segura.

Otra ventaja es la compatibilidad, ya que las imágenes obtenidas en formato *DICOM* son totalmente compatibles con cualquier programa médico alrededor del mundo lo cual permite la remisión a diferentes áreas médicas. Las imágenes de interés pueden ser impresas, grabadas y almacenadas, como parte de la documentación.

Las imágenes 3D son un gran apoyo visual para explicar a los pacientes de manera clara y más detallada su padecimiento y facilita su comprensión del plan de tratamiento a realizar.

Las **desventajas** principales son; respecto a la cantidad de laboratorios radiográficos que cuentan con los aparatos tomográficos específicos para atender las demandas de la

población, aunque en la actualidad esta desventaja es cada día menos perceptible, ya que la mayoría cuentan con al menos un aparato para la toma de imagenología 3D.

Otra desventaja es la referente al costo para el paciente, que aún es mayor a lo de un estudio radiográfico ortodóncico convencional, sin embargo, el costo ha ido disminuyendo a medida que es más difundido su utilización, además las ventajas que representa el tener imágenes 3D sobre la imagenología convencional para el diagnóstico de los padecimientos y permitir una mejor planeación del tratamiento hace valer la pena el costo pagado. **(31)**

También es prudente mencionar que las imágenes 3D tienen problemas inherentes ya que el máximo beneficio obtenible de imágenes de CBCT son limitadas al uso indispensable de computadoras que permitan la manipulación de las imágenes para tomar decisiones diagnósticas, o en su defecto de solo impresiones 2D de datos originalmente en 3D. **(31)**

#### **5.4. TIEMPO Y VALORES DE EXPOSICIÓN A RADIACIÓN IONIZANTE.**

Cómo sabemos la *radiación ionizante* es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (alfa, beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina *radiactividad*, y la energía excedente emitida es una forma de *radiación ionizante*. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan *radionúclidos*. Cada radionúclido se caracteriza por el tipo de radiación que emite, la energía de la radiación y su semivida.

La actividad, utilizada como medida de la cantidad de un radionúclido, se expresa en una unidad llamada **becquerel (Bq)**: un becquerel corresponde a una desintegración por segundo.

La semivida es el tiempo necesario para que la actividad de un radionúclido disminuya por la desintegración a la mitad de su valor inicial. La semivida de un elemento radiactivo es el tiempo que tarda la mitad de sus átomos en desintegrarse, y puede variar desde una fracción de segundo a millones de años; por ejemplo, el yodo 131 tiene una semivida de 8 días mientras que el carbono 14 tiene una semivida de 5730 años. **(32)**

#### **Fuentes de Radiación.**

Las personas están expuestas a la radiación natural a diario. La radiación natural proviene de muchas fuentes, como los más de 60 materiales radiactivos naturales presentes en el suelo, el agua y el aire. Por ejemplo; el radón es un gas natural que emana de las rocas y

la tierra siendo ésta la principal fuente de radiación natural. Diariamente inhalamos e ingerimos radionúclidos presentes en el aire, los alimentos y el agua.

Asimismo, estamos expuestos a la radiación natural de los rayos cósmicos, especialmente a gran altura. Por término medio, el 80% de la dosis anual de radiación de fondo que recibe una persona procede de fuentes de radiación naturales, terrestres y cósmicas. Los niveles de la radiación de fondo varían debido a diferencias geográficas. En determinadas zonas la exposición puede ser más de 200 veces mayor que la media mundial.

La exposición humana a la radiación proviene también de fuentes artificiales que van desde la generación de energía nuclear hasta el uso médico de la radiación para fines diagnósticos o terapéuticos. Hoy día, las fuentes artificiales más comunes de radiación ionizante son los aparatos de rayos X y algunos otros dispositivos médicos.

### **Tipos de exposición.**

La exposición a la radiación puede ser interna o externa, y puede tener lugar por diferentes vías.

La exposición interna a la radiación ionizante se produce cuando un radionúclido es inhalado, ingerido o entra de algún otro modo en el torrente sanguíneo (por ejemplo, inyecciones o heridas). La exposición interna cesa cuando el radionúclido se elimina del cuerpo, ya sea espontáneamente (por ejemplo, en el excremento) o gracias a un tratamiento.

La contaminación externa se puede producir cuando el material radiactivo presente en el aire (polvo, líquidos, aerosoles) se deposita sobre la piel o la ropa. Generalmente, este tipo de material radiactivo puede eliminarse del organismo por simple lavado.

La exposición a la radiación ionizante también puede resultar de la irradiación externa (por ejemplo, la exposición médica a los rayos X). La irradiación externa se detiene cuando la fuente de radiación está blindada o la persona sale del campo de irradiación.

### **Efectos de las radiaciones ionizantes en la salud.**

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos depende de la dosis recibida, o dosis absorbida, que se expresa en una unidad llamada **gray (Gy)**. El daño que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos.

El **sievert (Sv)** es una unidad de dosis de radiación ponderada, también llamada dosis efectiva. Es una manera de medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daño. El sievert tiene en cuenta el tipo de radiación y la sensibilidad de los tejidos y órganos. El sievert es una unidad muy grande, por lo que resulta más práctico utilizar unidades menores, como el **milisievert (mSv)** o el **microsievert ( $\mu$ Sv)**. Hay 1000  $\mu$ Sv en 1 mSv, y 1000 mSv en 1 Sv. Además de utilizarse para medir la cantidad de radiación (dosis), también es útil para expresar la velocidad a la que se entrega esta dosis (tasa de dosis), por ejemplo, en  $\mu$ Sv/hora o mSv/año.

Más allá de ciertos umbrales, la radiación puede afectar el funcionamiento de órganos y tejidos, y producir efectos agudos tales como enrojecimiento de la piel, caída del cabello, quemaduras por radiación o síndrome de irradiación aguda. Estos efectos son más intensos con dosis más altas y mayores tasas de dosis. Por ejemplo, la dosis liminar para el síndrome de irradiación aguda es de aproximadamente 1 Sv (1000 mSv). **(32)**

Si la dosis es baja o se recibe a lo largo de un periodo amplio (tasa de dosis baja) hay más probabilidades de que las células dañadas se reparen con éxito. Aun así, pueden producirse efectos a largo plazo; si el daño celular es reparado, pero incorpora errores, transformando una célula irradiada que todavía conserva su capacidad de división, dicha transformación puede producir cáncer pasados años o incluso decenios. No siempre se producen efectos de este tipo, pero la probabilidad de que ocurran es proporcional a la dosis de radiación.

El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, ya que son mucho más sensibles que los adultos a la exposición de la radiación. **(32, 45)**

La radiación ionizante puede producir daños cerebrales en el feto tras la exposición prenatal aguda a dosis superiores a 100 mSv entre las 8 y las 15 semanas de gestación y a 200 mSv entre las semanas 16 y 25. Los estudios en humanos no han demostrado riesgo para el desarrollo del cerebro fetal con la exposición a la radiación antes de la semana 8 o después de la semana 25. Los estudios epidemiológicos indican que el riesgo de cáncer tras la exposición fetal a la radiación es similar al riesgo tras la exposición en la primera infancia. **(32)**.

Una vez que el riesgo de contraer cáncer la radiación X se confirmó a principios del siglo XX, la comisión internacional de protección radiológica (ICRP) ha trabajado para desarrollar guías para la exposición a rayos X y protocolos de seguridad. En la década de los 1990's, esta institución promovió el uso de la dosis efectiva medida microsievert como medida de órgano dosis y riesgo biológico. **(33)**

## Dosis Promedio.

La persona promedio recibe una dosis efectiva de aproximadamente 3 mSv por año proveniente de materiales radiactivos naturales y de la radiación cósmica proveniente del espacio exterior.

Cómo se mencionó esta dosis natural “de fondo” varía dependiendo de la zona geográfica. La altitud tiene un papel importante, pero la principal fuente de radiación de fondo es el gas radón de nuestros hogares aproximadamente 2 mSv por año. Al igual que otras fuentes de radiación de fondo, la exposición al radón varía mucho de una parte del país a otra.

Un viaje de ida y vuelta en avión comercial de una costa a otra añade una dosis de rayos cósmicos de aproximadamente 0.03 mSv.

## DOSIS DE RADIACIÓN EFECTIVA EN ADULTOS.

<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Riesgo adicional aproximado de cáncer fatal por el examen para un adulto:</b>
Insignificante:	menos de 1 en 1.000.000
Mínimo:	1 en 1.000.000 a 1 en 100.000
Muy Bajo:	1 en 100.000 a 1 en 10.000
Bajo:	1 en 10.000 a 1 en 1.000
Moderado:	1 en 1.000 a 1 en 500

**Nota:** Estos niveles de riesgo representan adiciones muy pequeñas a la probabilidad de 1 en 5 que todos tenemos de morir de cáncer.

<http://diagnosticoclinicadelvalle.com/tomografia-computada/dosis-de-radiacion-en-examenes-de-rayos-x-y-tac/>

A continuación, se muestra una comparación de las dosis de radiación efectivas en adultos con la exposición de fondo para varios procedimientos radiológicos.

<b>Para este procedimiento:</b>	<b>* La dosis aproximada de radiación efectiva en un adulto es:</b>	<b>Comparable con la radiación natural de fondo durante:</b>	<b>** Riesgo estimado de por vida de cáncer fatal debido al examen:</b>
<b>Región Abdominal:</b>			
Tomografía Axial Computarizada (TAC) – Abdomen y Pelvis	10 mSv	3 años	Bajo
<b>Huesos:</b>			
Radiografía (rayos X) – Columna	1.5 mSv	6 meses	Muy Bajo
<b>Tórax:</b>			
Tomografía Axial Computarizada (TAC) – Tórax	7 mSv	2 años	Bajo
Tomografía Axial Computarizada (TAC) – Detección Temprana del Cáncer de Pulmón	1.5 mSv	6 meses	Muy Bajo
<b>Dental:</b>			
Rayos X intraorales	0.005 mSv	1 día	Insignificante

<http://diagnosticoclinicadelvalle.com/tomografia-computada/dosis-de-radiacion-en-examenes-de-rayos-x-y-tac/>

### **Dosis absorbida en estudios dentales:**

- Radiografía intraoral: 1-8 mGy.
- Radiografía Panorámica: 100 mGy/cm<sup>2</sup>.
- Radiografía cefalométrica: 0.25-7 mGy.  
(ref. 34)

### **Dosis efectiva:**

- Radiografía intraoral: 1 - 8  $\mu$ Sv.
- Radiografía panorámica: 4 - 30  $\mu$ Sv.
- Radiografía cefalométrica: 2 - 3  $\mu$ Sv.
- CBCT: 34 - 652  $\mu$ Sv. (para CBTC dentoalveolar de volúmen pequeño).
- CBCT: 30-1079  $\mu$ Sv. (para CBTC craneofacial de gran volúmen).

Por lo tanto, las dosis de los exámenes radiológicos dentales intraorales y cefalométricos son más bajas; por lo general inferiores a la correspondiente a la radiación natural de fondo de un día. Las dosis en las radiografías panorámicas varían más, pero incluso los valores más altos no superan a la exposición correspondiente a unos pocos días de radiación natural de fondo, que es similar a la dosis de una radiografía de tórax por ejemplo. (34)

## **5.5. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

### **Justificación de una práctica.**

Una práctica está justificada cuando la exposición produce suficiente beneficio como para compensar el daño por la radiación que la exposición pudiera causar. Entonces, una exposición sin beneficio no está justificada.

### **Limitación de las dosis.**

La exposición normal de los individuos debe restringirse para que ni la dosis efectiva total a órganos relevantes o tejidos, causadas por la posible combinación de exposiciones de prácticas autorizadas, excedan cualquier límite de dosis vigente, excepto en circunstancias especiales.

## **Restricciones de dosis.**

Para exposiciones ocupacionales, restricción de dosis, es un valor de dosis individual referido a una fuente en particular, y es usado para limitar el margen de opciones consideradas en el proceso de la optimización durante el trabajo habitual.

## **Optimización de la protección.**

Principio **ALARA** “*As Low As Reasonably Achievable*”

La optimización incluye el criterio: las dosis deben ser “tan bajas como sea razonablemente posible”. Optimizar significa conseguir el mínimo riesgo y el máximo beneficio, teniendo en cuenta factores económicos y sociales en la práctica día a día.

## **Exposición médica.**

Es la exposición que recae en los pacientes como parte de su propio diagnóstico médico o dental o de su tratamiento. Por personas distintas de las expuestas ocupacionalmente, con el debido conocimiento mientras ayudan voluntariamente a la sujeción, al cuidado o a confortar a los pacientes; en voluntarios en un programa de investigación biomédica que implique su exposición. **(36)**

Hoy en día, la necesidad de analizar diferentes regiones de interés (R.O.I.) con diferentes dimensiones está regulada por las normas internacionales con el fin de reducir la dosis efectiva al paciente siguiendo los principios de dosis utilizando el principio **ALARA** antes mencionado.

En particular para la toma de tomografías volumétricas, el uso de un campo de visión (FOV) pequeño en la región definida por el usuario en periodoncia, endodoncia, implante o para la localización de dientes afectados; además de reducir la dimensión de la región irradiada, permite un aumento significativo en la precisión y en la resolución de imágenes para todas las patologías donde sea necesario identificar pequeños detalles en alta definición.

Por el contrario, un mayor campo de visión (el cual incluye el techo de las órbitas hasta el hueso Hioides) permite al operador con una sola rotación escanear pacientes donde los médicos necesitan ver la mayor parte de las regiones anatómicas de la cabeza del paciente, por ejemplo: Ortodoncistas, Cirujanos maxilofaciales, etc.

Adicionalmente, el campo de visión mediano también es seleccionable, en el cual se puede capturar desde el centro de las órbitas hasta el mentón (verticalmente) y de cóndilo a cóndilo (horizontalmente) y son muy útiles en diagnóstico de articulación temporomandibular (ATM), panorámicas y en implantes.

Los nuevos tomógrafos dentales cuentan con distintos protocolos de dosis obteniendo un equilibrio adecuado entre el campo de visión, la dosis y la exactitud, utilizando un protocolo de dosis diferente para cada campo de visión, y edad del paciente.

Existen organizaciones internacionales cuyo propósito es informar y realizar recomendaciones en lo que refiere a la cantidad de radiación y sus efectos nocivos sobre el medio ambiente y el ser humano. Entre ellas podemos encontrar la siguientes:

La **ICRP** (*International Commission on Radiation Protection*) ó **CIPR** (Comisión Internacional de Protección Radiológica) ofrece sus recomendaciones a agencias reguladoras y asesoras. Proporciona asesoría para ayudar en la gestión personal y profesional con responsabilidades en protección radiológica. Aunque la CIPR no tiene capacidad formal para imponer sus propuestas a nadie, la legislación de la mayoría de los países se ajusta, fielmente de hecho, a sus recomendaciones. <http://www.icrp.org>

La **UNSCEAR** (*United Nations Scientific Committee for the Effects of the Atomic Radiation*) o (Comité Científico de las Naciones Unidas para los Efectos de la Radiación Atómica). Elabora los informes “*UNSCEAR reports*”, para la Asamblea General de las Naciones Unidas sobre uso y efectos de la radiación atómica. <http://www.unscear.org>

La **IAEA** (*International Atomic Energy Agency*) u (Organismo Internacional de Energía Atómica) es un Organismo intergubernamental independiente, basado en tecnología y ciencia, dentro de la familia de organismos de Naciones Unidas, que sirve como foco mundial para la cooperación nuclear. <http://www.iaea.org>.

## **REGULACIONES MEXICANAS.**

En México las regulaciones en lo referente al uso médico de rayos X están determinadas por el organismo **COFEPRIS**, la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, siendo una dependencia federal de gobierno de México vinculada al Departamento de Regulación y Fomento Sanitario de la Secretaría de Salud.

La clave de la norma es *NOM-229-SSA1-2002* cuyo título es referente a Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X. Siendo ésta de observancia obligatoria en todo el territorio nacional.

**(37)**

Su publicación más reciente en el Diario Oficial data del 15 de septiembre de 2006, entrando en vigor al siguiente día de su publicación, presenta una primera modificación el 26 de diciembre de 2011 y una segunda modificación el 29 de diciembre de 2014 teniendo un estado actual como VIGENTE. Y la cual puede ser consultada fácilmente en su página de internet oficial: <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/229ssa1.pdf>

El objetivo y campo de aplicación con respecto a los criterios de diseño, reconstrucción y conservación de las instalaciones fijas y móviles, requisitos técnicos para la adquisición y vigilancia del funcionamiento de los equipos de diagnóstico médico con rayos X, los requisitos sanitarios, criterios y requisitos de protección radiológica que deben cumplir los Titulares, Responsables y Asesores Especializados en Seguridad Radiológica en establecimientos para diagnóstico médico que utilicen equipos de radiación ionizante para su aplicación en seres humanos, con el fin de garantizar la protección a pacientes, personal ocupacionalmente expuesto y público en general. **(37)**

Tomando un extracto de esta norma publicada encontramos las determinaciones permitidas de radiación en los diferentes estudios radiográficos.

**A2. Tomografía Computarizada.**

Examen	Dosis media en barridos múltiples* (mGy)
Cabeza	50
Columna vertebral lumbar	35
Abdomen	25

\* Derivada de mediciones efectuadas en el eje de rotación en maniqués equivalentes a agua, de 15 cm de longitud y 16 cm (cabeza) y 30 cm (columna vertebral y abdomen) de diámetro.

**\*APENDICE A NORMATIVO****NIVELES ORIENTATIVOS PARA DIAGNOSTICO MEDICO CON RAYOS X****A1. Radiografía.**

Examen	Dosis de entrada en superficie por radiografía * (mGy)	
	AP	10
Columna vertebral lumbar	LAT	30
	ASL	40
Abdomen, urografía y colecistografía intravenosas	AP	10
Pelvis	AP	10
Articulación de cadera	AP	10
Tórax	PA	0.4
	LAT	1.5
Columna vertebral torácica	AP	7
	LAT	20
Dental	Periapical	7
	AP	5
Cráneo	PA	5
	LAT	3

**PA** proyección postero-anterior

**LAT** proyección lateral

**ASL** proyección de la articulación sacrolumbar

**AP** proyección antero-posterior

Tablas <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/229ssa1.pdf>

## **5.6. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DE LOS TOMÓGRAFOS DIGITALES CONE-BEAM MAS COMÚNMENTE USADOS EN ORTODONCIA.**

Los escáneres dentales son relativamente pequeños y presentan componentes diferentes de los de Tomografía Computarizada de cuerpo entero. En particular, los escáneres de TCCB están equipados con un tubo de rayos X compacto (de una potencia relativamente baja) con un haz en forma de cono, lo cual permite que todo el haz de los rayos X producido por la fuente generadora sea utilizado de una manera más racional.

La gran ventaja de estos equipos es que proporcionan una calidad de imagen suficiente para aplicaciones en radiología maxilofacial con costo relativamente bajo. De manera general ofrecen un rendimiento pobre en lo que respecta a la resolución de bajo contraste, lo que significa que los tejidos blandos no se pueden evaluar adecuadamente en las imágenes reconstruidas. Esto no supone en general una limitación para su aplicación clínica en el campo de imagen dental, aunque limita su potencial de aplicación en otros campos de la imagen médica, sin embargo, existen aparatos que a través de la toma fotográfica realiza una superposición sobre las imágenes tomográficas.

Con los equipos de TCCB dental se obtienen imágenes de cortes axiales muy finos de la mandíbula que puede ser reformateadas en múltiples vistas panorámicas y transversales.

A continuación, se mencionarán los equipos más utilizados en el área Odontológica, en específico para diagnóstico en Ortodoncia tanto a nivel mundial como en los laboratorios de estudios radiográficos dentales en México.

### **EQUIPOS SIRONA**

La tecnología *Cone-Beam* perfeccionada por Sirona registra el cráneo con ayuda de un haz de rayos X cónico y tridimensional. A partir de los datos de 200 radiografías individuales que sus equipos 3D registran en un solo giro, el software 3D reconstruye un volumen radiográfico con la mejor relación posible entre dosis y calidad de imagen. Los equipos más apropiados para sus aplicaciones ortodóncicas recomendados por esta marca son: ORTHOPHOS XG 3D y GALILEOS Confort.

## ORTHOPHOS XG 3D



### Especificaciones técnicas:

Es un equipo híbrido universal para la consulta general, de aplicación en múltiples tratamientos, por ejemplo, en el diagnóstico de dientes desplazados o impactados, análisis cefalométricos, reabsorciones de raíz, labios leporinos, etc.

La función tradicional de telerradiografía del ORTHOPHOS XG 3D proporcionan tomas laterales, simétricas (Postero-anterior y Antero-posterior) y del carpo que ayudarán en el diagnóstico ortodóncico. Por ejemplo, en casos de dientes desplazados, se puede además hacer uso de la radiografía en 3D para determinar de forma exacta la posición del diente.

### Volumen de Radiografía.

Con un volumen cilíndrico 3D perfectamente adaptado en FOV (*field of view*) de VOL1: volumen cilíndrico de 8 cm de diámetro x 8 cm de altura (colimable a maxilar superior/inferior) para la zona de la mandíbula dentada, puede ajustarse logrando captar el maxilar completo de un paciente con un solo escaneo. El gran tamaño del campo de visión hace que sea innecesario realizar más radiografías en 3D y unir las mediante *stitching*, por lo que se reduce la dosis de radiación que recibe el paciente. Y al mismo tiempo, es lo suficientemente pequeño para poder diagnosticar sin perder el tiempo.

Si es necesario un volumen aún más pequeño, puede seleccionarse el VOL 2 con un FOV de 5 cm x 5.5 cm de altura para la rehabilitación de un sólo diente de una zona o cuadrante. En la mayoría de los casos, la amplia gama de programas panorámicos y de telerradiografía garantizan la radiografía perfecta también en modo estándar.

Duración de la toma (tiempo de exploración).

Es de aproximadamente de 14 segundos en modo HD con un tiempo de emisión de rayos X de entre 2 a 5 seg., con un tiempo de reconstrucción de 4.5 minutos. Teniendo al paciente de pie o sentado apoyando el mentón o pieza de mordida oclusal con posicionamiento del paciente automático para tomas de radiografía panorámica en 2D.

En cuanto a la fente de emisión de rayos X tiene entre 60-90Kv, y entre 3-16mA; con una dosis efectiva de entre 16 a 94  $\mu$ Sv (Ludlow) con un Estándar de 64  $\mu$ Sv.

El espacio mínimo requerido para la ubicación del aparato es de 1,5 m x 1,1 m x 2,25 m (PAN), con un peso aproximado de 120 Kg.

El Software con los que cuenta el tomógrafo son: SIDEXIS XG que es el utilizado en el procesamiento y gestión de imagen que garantiza una conexión inalámbrica a los programas de gestión de la consulta y a los entornos DICOM.

GALAXIS es una guía al usuario de forma segura a través del volumen 3D para el trabajo orientado al diagnóstico y aclaración de problemas específicos de diagnóstico. Permitiendo realizar marcas directamente en el volumen radiográfico, guardar la imagen de pantalla con todos los ajustes realizados y en caso necesario, volver a abrirlos.

GALILEOS-Implant es el software de planificación de implantes y junto con CEREC-meets-GALILEOS se logra la planificación protésica y quirúrgica simultáneas reduciendo el número de sesiones necesarios reflejando una ventaja económica.

REPORTER (opcional); con el que se pueden elaborar rápida y fácilmente informes radiológicos que podrán después imprimirse en papel o en película, enviarlo como visor digital con diagnóstico o exportarlo en formato pdf o DICOM.

El brazo Ceph acoplable con el que cuenta el tomógrafo permite hacer programas como vistas Antero-Posterior, Postero-Anterior simétricas, laterales, tomas del carpo. De modo asimétrico, el tamaño de la imagen puede ajustarse en 23cm de altura y 18 cm de anchura o 23cm de altura por 28 cm de anchura. También permite programar proyecciones especiales como semiaxial. Modo de disparo rápido *quickshot* para la reducción de los ciclos de tomas. Colimado ajustable de la parte superior de la cabeza para reducir la dosis de radiación. Es posible ajustar el tamaño de la imagen, e imágenes en serie para ortodoncia con descansos reducidos para enfriado. **(38)**

## GALILEOS CONFORT



### Especificaciones Técnicas:

Es un equipo de tomografía volumétrica para radiología y consultas especializadas en cirugía, y que cumple con las exigencias para consultas con 3D centradas en ortodoncia, otorrinolaringología. Cuenta con un panel de mando *easy pad*. Aumenta las posibilidades de diagnóstico mediante las vistas cefalométricas, reconstrucción detallada de alta definición, Face-scanner o escáner facial (opcional).

### Volumen de Radiografía.

Volumen amplio y esférico de 15cm de diámetro (15 cm x 15 cm x 15 cm) que permite captar no solo el maxilar completo incluyendo la articulación temporomandibular, sino también todas las estructuras anatómicas craneofaciales.

### Duración de la toma (tiempo de exploración).

Es de aproximadamente de 14 segundos, con un tiempo de emisión de rayos X de 2-6s., con un tiempo de reconstrucción de la imagen de entre 2.5 y 4.5 minutos. La posición del paciente es de pie o sentado, con apoya mentón / pieza de mordida e inmovilización del paciente.

En cuanto a la fuentes de emisión de rayos X es de 85Kv y de 5-7 mA, con una dosis efectiva de 16 a 90  $\mu$ Sv (Ludlow) con un Estándar de 75  $\mu$ Sv.

El espacio mínimo requerido para su instalación es de 1,6 m x 1,6 m x 2,25 m, con un peso aproximado de 120 Kg.

El software SIDEXIS XG es el utilizado en el procesamiento y gestión de imagen que garantiza una conexión inalámbrica a los programas de gestión de la consulta y a los entornos DICOM. GALAXIS es una guía al usuario de forma segura a través del volumen 3D para el trabajo orientado al diagnóstico. Permite utilizar las diferentes vistas de radiografías panorámicas y cefalométricas y hasta cortes radiológicos de forma paralela. También permite realizar marcas directamente en el volumen radiográfico, guardar la imagen de pantalla con todos los ajustes realizados y en caso necesario, volver a abrirlos.

GALILEOS-*Implant* es el software de planificación de implantes y junto con CEREC-*meets*-GALILEOS se logra la planificación protésica y quirúrgica simultáneas reduciendo el número de sesiones necesarios reflejando una ventaja económica. REPORTER (opcional); se elaborarán rápida y fácilmente informes radiológicos que podrán después imprimirse en papel o en película, enviarlo como visor digital con diagnóstico o exportarlo en formato pdf o DICOM.

FaceScanner\*- es un *Viewer Software* que genera una reconstrucción facial virtual. Al haberse adquirido de forma conjunta, se obtiene de forma automática una superposición de máxima precisión. El *face scanner* le apoya en la comunicación terapéutica y permite que el paciente comprenda mucho mejor el tratamiento. Es un buen auxiliar para el uso de los datos en programas como *Dolphin Imaging*. El escáner facial GALILEOS trabaja sin láser y es, por lo tanto, más saludable, inofensivo e inocuo para el paciente. Tras el registro de la superficie de la cara, el software generará una textura y color perfectos, creando una representación especialmente real de todos los tejidos blandos. El paciente puede identificarse mucho mejor con este tipo de reproducción de su rostro que con una radiografía lo cual genera todavía más confianza. **(38)**



Imagen <http://www.sirona.com/en/products>

## NewTom® VGI



### Especificaciones técnicas:

QR S.R.L. es la compañía que está detrás de los equipos Cone Beam 3D y el creador de la Tecnología de Haz Cónico (Cone Beam) en el campo de la Odontología, desde el NewTom 9000 (conocido también como Maxiscan™) que fue el primer sistema de haz cónico en el mundo y se instaló en 1996.

### Volumen de Radiografía.

Su volumen de adquisición es de una toma por cada grado de giro, es decir  $360^\circ = 360$  tomas. Cuenta con revolucionario *flat panel* de rayos X con un punto focal muy pequeño (0,3 mm), que produce las imágenes más claras, y más nítidas posibles.

Este tomógrafo cuenta con múltiples campos de visión (FOV) dependiendo de la zona de la anatomía del paciente se desea visualizar.



Pueden realizarse tomas precisas de imágenes en escala 1:1, lo cual elimina la magnificación de los errores de la tecnología de imagen cefalométrica convencional y de la tecnología de imágenes ortopantomográficas.

### Duración de la toma.

Es de aproximadamente de entre 18-26 segundos en su modo estándar con tiempo de emisión de rayos X de 5 segundos, con un tiempo de reconstrucción de la imagen aproximado de 1 minuto de dependiendo del campo de visión elegido. Con posición del paciente de pie o sentado, con adaptabilidad para silla de ruedas. Las herramientas de posicionamiento de los pacientes incluyen láseres en cruz y un espejo, que son herramientas poderosas para el posicionamiento vertical exacto del paciente.

En cuanto a la fente de emisión de rayos X es de 110Kv y de 1-20 mA, con una dosis efectiva estándar de 99-100  $\mu$ Sv en Campo de Visión completo. Este tomógrafo cuenta con tecnología *safe-beam* que ajusta automáticamente la dosis de radiación según la edad y el tamaño del paciente. Utiliza ráfagas intermitentes de radiación que duran sólo milisegundos, durante la adquisición de la imagen, lo cual elimina exposiciones innecesarias.

El espacio mínimo requerido para su instalación es de 1.5 m x 1.5 m x 2.29 m, con un peso de la unidad del escáner 272 kg (600 lb) y Caja de control 100 kg (220 lb).

El Software de análisis que utiliza es el **NNT**, desarrollado por ingenieros de ésta misma compañía, que permite la creación de diferentes tipos de imágenes 2D y 3D en una escala de grises de 16 bits. Contiene aplicaciones de planificación de implante, posición de dientes impactados o supernumerarios, absorción, crecimiento hiperplásico, anomalías en la estructura del diente y en el conducto mandibular. Las imágenes pueden ser reunidas y utilizadas en plantillas de informes definidas por los usuarios y se pueden entregar digital (grabadas en CD o DVD), en papel, película o PDF. El software tiene diferentes versiones EXPERT para exploraciones, PROFESSIONAL para procesamiento de datos, VIEWER NNT que posibilita ver las imágenes procesadas. Dichas imágenes pueden exportarse en formato DICOM 3.0 en cualquier momento y son compatibles con todos los programas de software de terceros.

Es posible obtener imágenes Cefalométrica lateral, Cephalometrica post-anter./antero-post., cortes 2D libremente inclinables, Panorámica con navegación de cortes en 3D, TSA, LSA, axial, sagital, coronal, modelo 3D, volumen detallado de alta resolución. **(39)**



Imagen <http://es.slideshare.net/AlexSender/tomografa-newton>

## PLANMECA PROMAX 3D



A dedicated  
3D imaging device.



### Especificaciones técnicas:

Aparato que combina una imagen de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), una fotografía facial 3D a través de su programa *Pro-Face* y un escaneo de modelo 3D, puede

utilizarse para escanear modelos de yeso que pueden superponerse a los datos CBCT. Esta combinación 3D crea un paciente virtual en 3D, útil para la planificación clínica y de tratamientos ortodóncicos, así como la fabricación de guías quirúrgicas de implantes, y de cirugía ortognática.

### Volumen de Radiografía.

Es de aproximadamente de 9-40 segundos en su modo estándar con tiempo de emisión de rayos X de 5 segundos, con un tiempo de reconstrucción de la imagen aproximado de 2 a 55 seg. dependiendo del campo de visión elegido. Con posición del paciente de pie o sentado, con adaptabilidad para silla de ruedas. Las herramientas de posicionamiento de los pacientes incluyen láseres en cruz y un espejo para el posicionamiento vertical exacto del paciente.

En cuanto a la fuentes de emisión de rayos X es de 60-90Kv y de 1-12 mA, Utiliza ráfagas intermitentes de radiación que duran sólo milisegundos, durante la adquisición de la imagen, lo cual elimina exposiciones innecesarias.

La posición del paciente es parado o sentado con apoyo mentón y laterales.

Sus medidas son 116cm de ancho, 137 cm de fondo y entre 161-239 cm de alto con un peso de la unidad del escáner 131 kg (289 lb). El Software que utiliza es el PLANMECA ROMEXIS (40)

## **I-CAT FLX (USA)**

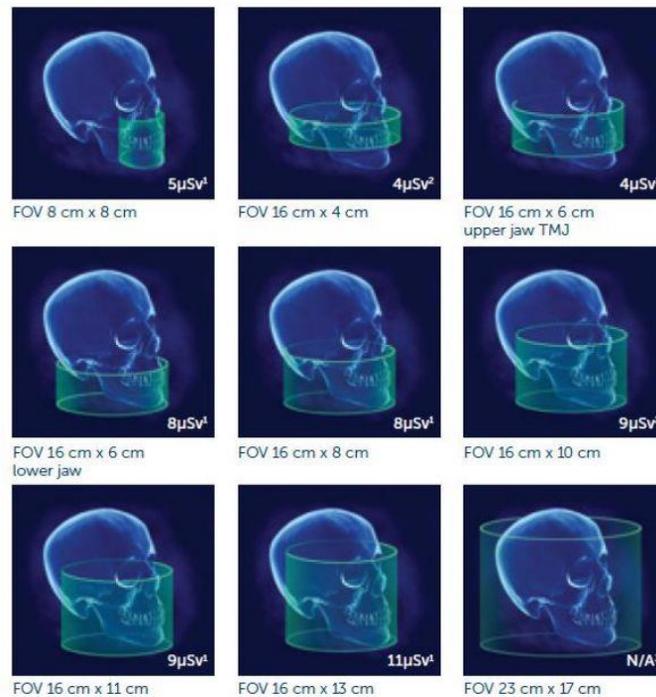


### Especificaciones técnicas:

Captura todos los registros en una sola exploración inicial con vistas 3D precisas para analizar los dientes, raíces, ATM, vías respiratorias y senos sin aumento o distorsión. Mejora la eficiencia de la práctica mediante la captura de un *work up* completo en menos de 10 segundos.

### Volúmen radiográfico:

Usa la dosis de radiación más baja 4,8 segundos en exploración en ortodoncia para capturar dramáticamente más información en imágenes detalladas en 3D al mismo tiempo, siendo una dosis más baja que una radiografía panorámica 2D con el *QuickScan+* dentición completa.



<sup>1</sup> Based on a study (not currently published) by John Ludlow, University of North Carolina, School of Dentistry, utilizing the i-CAT FLX QuickScan+ exposure protocol.

<sup>2</sup> Estimated dose measurements.

<sup>3</sup> QuickScan+ protocol is not available on the extended-field-of-view scan.

Cuenta con un **Sistema de estabilidad ergonómico** para minimizar el movimiento del paciente y reducir la necesidad de tomas.

El Software que utiliza es el **Visual iQuity™** tecnología de imagen avanzada que proporciona imágenes más claras de 3D y 2D de i-CAT. Fácil de usar, es una guía de flujo de trabajo con la interfaz de pantalla táctil **SmartScan STUDIO™**. Es posible capturar imágenes panorámicas 2D tradicionales con la característica **i-PAN™**

Modelos de *Impression less* mejoran la precisión ahorrando tiempo, mano de obra y el espacio en el consultorio odontológico moderno.

Es posible recopilar todas las imágenes disponibles rápida y fácilmente en el servicio de un modelo de estudio virtual completo con coronas, raíces, los dientes en desarrollo, retenciones y hueso alveolar.

Con sólo un solo clic, crear análisis cefalométrico 3D, pero también produce análisis 2D completo tradicional. **(41)**

## **CAPÍTULO 6.**

### **6.1. METODOLOGÍA.**

La población objetivo de este estudio estadístico son los registros de historias clínicas que fueron seleccionados de manera aleatoria del archivo de la Clínica de Especialización de Ortodoncia de la UNAM, ubicada en Naucalpan, Estado de México.

Se tomaron en dos muestras aleatorias de 100 archivos cada una, dependiendo del año en que fue llenada cada historia clínica.

La primera comprende de enero de 2010 a diciembre de 2013, y una segunda muestra de enero de 2014 a julio 2016.

#### **CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION.**

En la muestra aleatoria se incluyeron 100 archivos clínicos para cada muestra sin importar edad, género, o diagnóstico del paciente.

Se excluyeron de la muestra las historias clínicas que no contaban con auxiliares de diagnóstico (radiografías, tomografías) o faltaran los datos descriptivos del diagnóstico realizado por el residente de especialidad, y dichas historias se sustituyeron por otra seleccionada igualmente de forma aleatoria.

El método de *recolección de datos* será en hoja de cálculo de programa Microsoft Office Excel 2015.

FOLIO	FECHA DE REGISTRO	GENERO	EDAD
#	año	Masc /Fem	

ESTUDIOS CONVENCIONAL	ESTUDIOS DIGITAL	ESTUDIOS ADICIONALES	TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CONE-BEAM	DX. GRAL PARA USO DE TCCB
Si /No	Si /No	Si /No	Si /No	

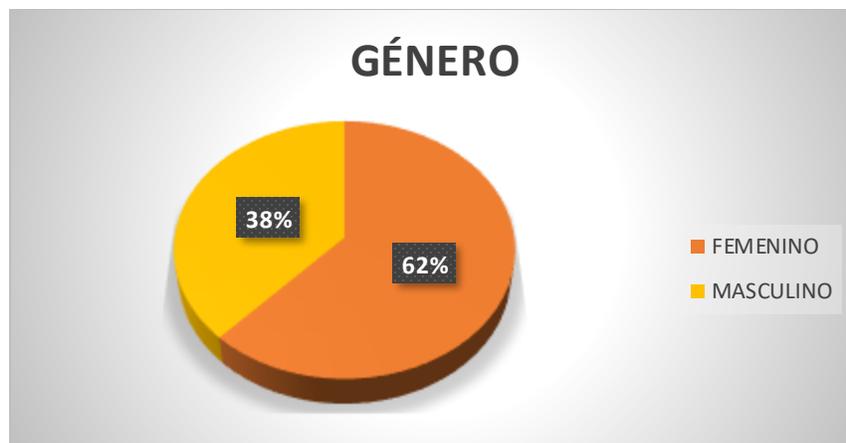
Se determinaron los promedios en cada uno de los rubros antes mencionados. Y se obtuvieron porcentajes de los casos en que fue utilizado la tomografía computarizada *cone-beam* así como la incidencia de las principales razones diagnósticas que determinaron su uso.

## 6.2. RESULTADOS.

A continuación, se mencionan los resultados obtenidos a manera de resumen. Los datos obtenidos en el estudio pueden ser consultados de manera individual en el apartado de anexos.

### ***Historias clínicas del 2010-2013***

Edad promedio: 16.7 años



Debido al protocolo que se sigue para la recepción de los pacientes de la clínica de Ortodoncia, al total de pacientes se les solicita estudios generales antes de iniciar su asignación con su Ortodoncista tratante y por lo tanto su diagnóstico, tomando este punto como principio para ambas muestras, se obtuvieron los siguientes resultados.

Historias con solo estudios con radiografías convencionales = 63

Historias con solo estudios digitales =25

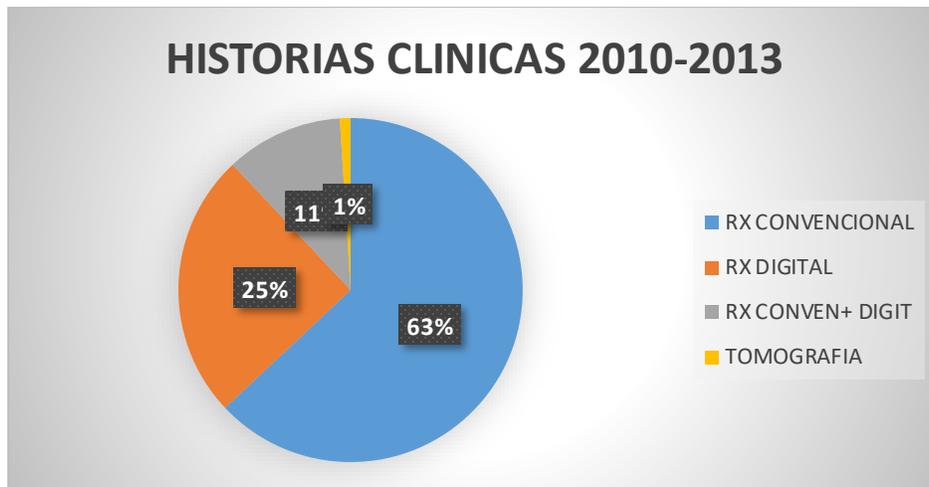
Historias con estudios convencionales y digitales= 11

De ésta historias, podemos observar que algunas cuentan con diferentes estudios auxiliares como lo son:

Historias con radiografías auxiliares convencionales (periapicales, carpales, etc) = 8

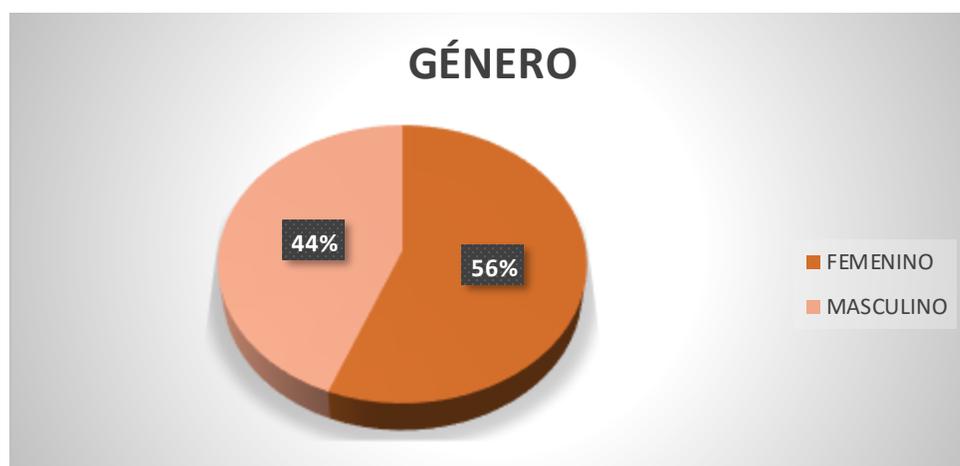
Historias con CD de fotografías digitales (gabinete laboratorio) =71

Historias con tomografías= 1 (*viewer on demand*); solicitada para diagnóstico de raíces cortas.



### ***HISTORIAS CLÍNICAS DEL 2014-2016***

Edad promedio: 17 años

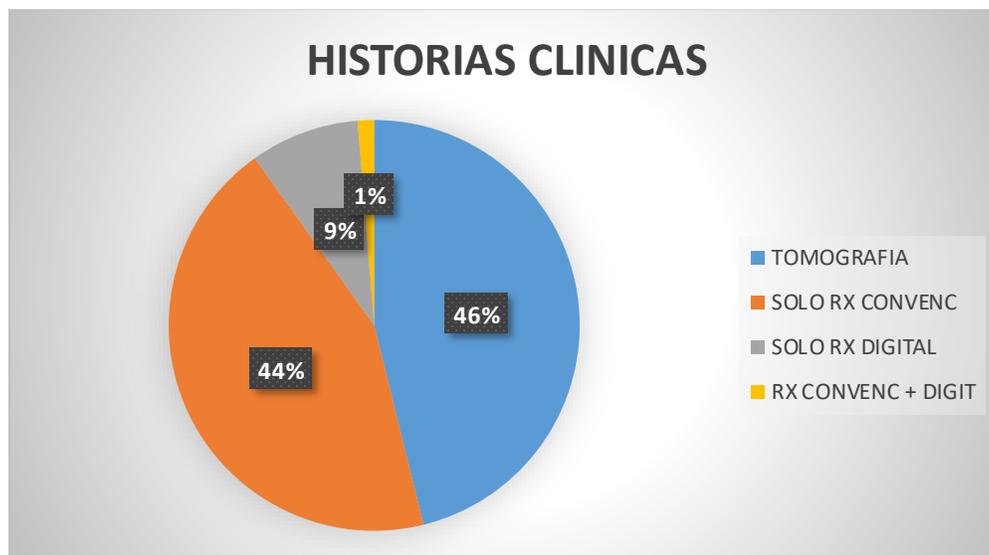


Historias con solo estudios convencionales = 41

Historias con solo estudios digitales = 8

Historias con estudios convencionales y digitales = 8

Historia con estudios convencionales y tomografía 3D = 43



De éstas historias, podemos observar que algunas cuentan con diferentes estudios auxiliares como lo son:

Historias con radiografías auxiliares convencionales = 2

Historias con CD de fotografías digitales (gabinete laboratorio) = 77

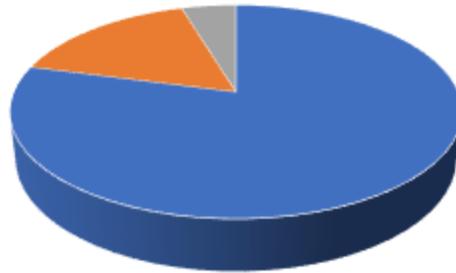
**HISTORIAS CLÍNICAS CON TOMOGRAFÍA 3D** = en total 43 con viewer *OnDemand*

de las cuales con tomografía + Rx convencional = 34

con tomografía + Rx digitales = 7

con tomografía + Rx convencional + Rx digital = 2

## HISTORIAS CLINICAS 2014-2016



■ TCCB+ Rx Convencional   ■ TCCB+ RX Digital   ■ TCCB+ Rx conven + digit

### Uso de TCCB- Valoración de:

Caninos retenidos = 11

Valoración de Clase II esquelética = 9

Caninos retenidos + raíces cortas = 5

Raíces cortas = 4

Retraso en erupción no canina = 4

Mordida abierta = 4

Prequirúrgico = 2

Mordida profunda = 1

Apiñamiento severo = 1

Asimetría facial = 1

Falta de desarrollo maxilar = 1

- En comparación de los dos grupos de historias clínicas dependiendo el año, se puede observar un ligero incremento en el uso de estudios radiográficos digitales en el grupo de los años más recientes, sin embargo, aún siguen siendo los estudios radiográficos convencionales los de mayor uso.

- También se observa un marcado incremento en el uso de tomografía en los últimos tres años del estudio representando el 43%; en comparación con tan solo el 1% en el primer grupo de historias perteneciente a los primeros años del estudio, lo cual nos indica el interés de los Ortodoncistas en formación por conocer, a través de su uso, las nuevas tecnologías.
- Siendo las principales indicaciones para el uso de tomografía 3D como auxiliar de diagnóstico; la determinación y localización de dientes retenidos, que frecuentemente son caninos, y también la longitud de las raíces dentales. Y en menor grado la determinación de otros padecimientos como mordida abierta o profunda o para una planeación prequirúrgica.

### 6.3. CONCLUSIONES.

Es innegable el excelente auxiliar que representa la tomografía computarizada cone-beam para el diagnóstico de pacientes en Ortodoncia, sin embargo, existe controversia respecto a su uso como sustitución definitiva de las radiografías convencionales, ya que se trata del uso de radiación ionizante que sabemos es acumulativa y sus posibles consecuencias adversas son conocidas, lo cual hace obvio los riesgos posibles dependiendo de la dosis usada. Varios autores mencionan la importancia de no hacer un uso indiscriminado de la tomografía cone-beam.

El Dr. Brent E. Larson **(28)** de Minneapolis, Minnesota, USA, plasmó su opinión en un artículo para la revista Americana de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial sugiriendo que la tomografía computarizada cone-beam debe ser usada en Ortodoncia como una técnica de imagen adjunta, y propone que aunque todavía nos queda mucho por aprender sobre la mejor manera de utilizar la tomografía para optimizar los resultados en el tratamiento de ortodoncia, ya se sabe lo suficiente para tomarla en cuenta como imagen de elección para el tratamiento de ortodoncia integral y que ha venido a reemplazar los cefalogramas laterales y radiografías panorámicas convencionales para evaluar a los pacientes ortodónticos

En contraparte, Demetrios J. Halazonetis **(42)** de Kifissia, Grecia, en esa misma revista americana presenta argumentos en contra de usar la tomografía computarizada cone-beam como la técnica de imagen de elección para la evaluación integral de todos los pacientes de Ortodoncia. Dentro de estos argumentos menciona lo realizado en un proyecto de la Unión Europea que tiene como principal objetivo el obtener información clave, necesaria para el uso clínico de TCCB basado científicamente, y para usar dicha información en el desarrollo de guías para el uso justificado, optimizado y con criterios referenciales para el uso adecuado de la TCCB. Es decir, no recomiendan el uso rutinario de la tomografía en todos los casos. Esas mismas conclusiones se mencionan en las guías de la Sociedad Ortodóntica Británica (BOS) y la Asociación Americana de Ortodoncia (AAO).

Semejante a ésta última opinión, Ryan J. Hodges y cols. **(29)** En los Ángeles, California, USA., en el año 2013, midieron el impacto de la tomografía computarizada cone-beam en el diagnóstico y planeación del tratamiento ortodóntico.

En dicha investigación un grupo de estudio comprendido por 23 especialistas en ortodoncia con un promedio de 24 años de experiencia a los cuales se les mostró individualmente estudios radiográficos tradicionales de 6 pacientes se les pidió que proporcionaran como diagnóstico una lista de problemas, y un plan de tratamiento hipotético. Posteriormente se les pidió que evaluaran una tomografía computarizada cone-beam de cada uno de los

pacientes y después mencionaran si harían algún cambio, confirmación o mejoras para el diagnóstico o plan de tratamiento que habían diseñado previamente. Los resultados arrojaron que existió una amplia variación en los planes de tratamiento de acuerdo a las características de cada paciente, principalmente en pacientes con dientes no erupcionados, con severa reabsorción radicular o con discrepancia esquelética severa. Pero no se encontraron beneficios importantes en términos de cambio en los planes de tratamiento cuando la razón para obtener una TCCB fue para examinar apiñamiento, o anomalías en la vía aérea, o de articulación temporomandibular. Y de manera general los ortodontistas participantes en este estudio mencionaron obtener un mejor diagnóstico y mayor confianza en el plan de tratamiento después de observar una tomografía computarizada cone-beam. **(29)**

Después de observar los datos obtenidos respecto de su uso en la clínica de Especialización de Ortodoncia se puede concluir que representa un excelente auxiliar obtener una tomografía computarizada antes de realizar un diagnóstico definitivo en pacientes con dientes no erupcionados, retraso en la erupción o con una localización cuestionable, reabsorción radicular severa observada mediante hallazgo en una radiografía panorámica o sospecha de ello, o con discrepancia esquelética severa; ya que repercute de manera benéfica en el plan de tratamiento; por lo cual, se propone que las tomografías computarizadas deben ser ordenadas solo en casos donde es claro, específico y con una justificación clínica individual. Evitando así, la utilización innecesaria de mayor cantidad de radiación ionizante, tomando en cuenta por un lado que los pacientes en su mayoría jóvenes que acuden a atención a la clínica de Especialización son parte del grupo más vulnerable a los efectos nocivos de dicha radiación, y por el otro que probablemente dichos estudios radiográficos extras no aporten ningún cambio significativo en el diagnóstico y plan de tratamiento.

La indicación de TCCB debe basarse entonces, de acuerdo a la historia del paciente, examen clínico, radiografías anteriores si es que existen y las condiciones clínicas presentes mediante las cuales se justifica el beneficio de la dosis de radiación mayor y utilizarla cuando la interrogante diagnóstica no se puede responder con imágenes bidimensionales. Además de tener presente un protocolo correcto de selección del campo de visión (FOV), minimizar la exposición, y resolución.

Se debe evitar solicitar una TCCB para sólo obtener radiografías panorámicas o laterales de cráneo, además de evitar el uso de imágenes bidimensionales si el examen clínico indica que lo adecuado es una TCCB.

Es responsabilidad del especialista en ortodoncia actualizar constantemente sus conocimientos mediante el aprendizaje permanente de las nuevas tecnologías que surgen

día con día, estudiar su manejo e interpretación apropiada y los beneficios y riesgos que proporciona, pero de igual forma asumir la responsabilidad de seleccionar cuidadosamente a los pacientes, que en éste caso, se les pedirá una tomografía computarizada tomando en cuenta la obtención de un beneficio tangible para el diagnóstico y plan de tratamiento y por lo tanto un mejor pronóstico para el paciente, y resistir la tentación de usar la tecnología solo por ser una nueva tecnología.

# ANEXOS

FOLI	AÑO	GENERO	EDAD	RX.	RX. DIGIT	ADICIONAL	TOMOGRAFI	USO
1	2010	F	15	SI				
2	2010	F	20	SI				
3	2010	M	10	SI	SI			
4	2010	M	20	SI				
5	2010	F	27	SI				
6	2010	M	22		SI	FOTO DIGIT		
7	2010	F	13		SI	FOTO DIGIT		
8	2010	F	13	SI				
9	2010	M	19	SI		FOTO DIGIT		
10	2010	M	24	SI				
11	2010	M	11	SI	SI	FOTO DIGIT		
12	2010	F	10	SI		FOTO DIGIT		
13	2010	M	14	SI		FOTO DIGIT		
14	2010	F	20	SI		FOTO DIGIT		
15	2012	F	21	SI		FOTO DIGIT		
16	2010	F	12	SI	SI	FOTO DIGIT		
17	2010	F	20		SI	FOTO DIGIT		
18	2010	F	17		SI	FOTO DIGIT		
19	2010	F	13		SI	FOTO DIGIT		
20	2010	F	33	SI		FOTO DIGIT		
21	2010	M	11	SI				
22	2010	F	15	SI				
23	2010	F	19	SI		FOTO DIGIT		
24	2010	M	13	SI				
25	2010	F	13	SI				
26	2020	M	22	SI				
27	2010	F	10	SI		FOTO DIGIT		
28	2010	M	17	SI				
29	2010	M	9	SI	SI	FOTO DIGIT		
30	2010	F	11		SI	FOTO DIGIT	SI	RAICES CORTAS, INC. INCLUIDO
31	2011	M	8		SI	FOTO DIGIT		
32	2010	F	12	SI		FOTO DIGIT		
33	2010	F	11	SI				
34	2011	F	28		SI	FOTO DIGIT		
35	2012	M	27		SI	FOTO DIGIT		
36	2010	M	16		SI	FOTO DIGIT		
37	2011	F	19	SI		FOTO DIGIT		
38	2011	M	23	SI		FOTO DIGIT		
39	2010	M	22	SI		FOTO DIGIT		
40	2011	F	31		SI	FOTO DIGIT		
41	2011	F	17	SI		FOTO DIGIT		
42	2011	F	15		SI	FOTO DIGIT		
43	2011	M	28	SI				
44	2011	F	23		SI	FOTO DIGIT		
45	2011	F	13		SI	FOTO DIGIT		
46	2013	F	13	SI		FOTO DIGIT		
47	2011	F	22	SI				
48	2011	M	20	SI		FOTO DIGIT		
49	2011	F	13	SI		FOTO DIGIT		
50	2011	F	15	SI				

50	2011	F	15	SI				
51	2012	F	17	SI		FOTO DIGIT		
52	2011	F	11	SI		FOTO DIGIT		
53	2012	F	19	SI	SI	FOTO DIGIT		
54	2012	F	16	SI				
53	2012	F	22	SI		FOTO DIGIT		
56	2012	F	13	SI	SI /MOD. VIRT	FOTO DIGIT		
57	2012	F	22	SI				
58	2012	M	17	SI		FOTO DIGIT		
59	2012	F	13	SI		FOTO DIGIT		
60	2012	F	13	SI		FOTO DIGIT		
61	2012	M	18	SI		FOTO DIGIT		
62	2012	F	14	SI		FOTO DIGIT		
63	2012	F	21		SI	FOTO DIGIT		
64	2012	F	11	SI		FOTO DIGIT		
65	2012	F	19	SI				
66	2012	F	14	SI		FOTO DIGIT		
67	2012	F	13	SI		FOTO DIGIT		
68	2013	F	19	SI		FOTO DIGIT		
69	2013	F	21		SI	FOTO DIGIT		
70	2012	F	15	SI				
71	2012	F	20	SI		FOTO/ MOD VIRT		
72	2012	M	19	SI				
73	2012	M	24	SI	SI	FOTO DIGIT		
74	2012	M	17		SI	FOTO DIGIT		
75	2013	F	14	SI	SI	FOTO DIGIT		
76	2013	M	23		SI	FOTO DIGIT		
77	2013	F	16	NO RX				
78	2013	F	10		SI			
79	2013	F	11	SI		FOTO DIGIT		
80	2013	M	14		SI	FOTO DIGIT		
81	2010	F	19		SI	FOTO DIGIT		
82	2010	M	12	SI				
83	2010	F	15	SI		FOTO DIGIT		
84	2010	F	11	SI		FOTO DIGIT		
85	2013	M	9	SI		FOTO DIGIT		
86	2013	F	20	SI	SI	FOTO DIGT		
87	2013	M	10	SI	SI	FOTO DIGIT		
88	2013	M	9		SI	FOTO DIGIT		
89	2013	M	11	SI	SI	FOTO DIGIT		
90	2013	M	11	SI		FOTO DIGIT		
91	2013	F	19	SI	SI	FOTO DIGIT		
92	2013	M	10	SI		FOTO DIGIT		
93	2013	F	35	SI		FOTO DIGIT		
94	2013	M	11		SI	FOTO DIGIT		
95	2013	M	16	SI		FOTO DIGIT		
96	2013	F	23	SI				
97	2013	M	16		SI	FOTO DIGIT		
98	2013	F	14	SI				
99	2013	M	22	SI				
100	2013	M	17	SI		FOTO DIGIT		

FOLIO	AÑO	GENERO	EDAD	RX	RX DIGITAL	ADICIONAL	TOMOGRAFIA	USO
1	2014	M	30	SI	SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CANINO RETENIDO
2	2015	F	14	SI		FOTOS DIGIT		
3	2015	F	14	SI		FOTOS DIGIT		
4	2015	M	15	SI	SI	FOTOS DIGIT		
5	2015	F	20	SI		FOTOS DIGIT		
6	2015	M	17	SI		FOTOS DIGIT		
7	2015	M	16	SI		FOTOS DIGIT		
8	2015	F	22	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	FALTA DESARROLLO MAX
9	2015	F	11	SI		FOTOS DIGIT		
10	2014	F	19	SI		FOTOS DIGIT		
11	2014	F	30	SI		FOTOS DIGIT		
12	2015	F	14	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	RETRASO ERUP. NO CANINA
13	2014	F	12	SI		FOTOS DIGIT		
14	2014	F	28	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	MORDIDA ABIERTA ANT
15	2014	F	9	SI	SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	MORDIDA ABIERTA ANT
16	2014	F	9		SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETENIDO+RAIZ CORTA
17	2014	F	18	SI		FOTOS DIGIT		
18	2014	F	12	SI		FOTOS DIGIT		
19	2014	M	11	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CL. III ESQ. / PREQUIRURG
20	2014	M	17	SI		FOTOS DIGIT		
21	2014	M	12			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETENIDO C BIPROTRU
22	2014	F	17	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETENIDO+RAIZ CORTA
23	2014	M	22	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CANINO RETENIDO
24	2014	F	12	SI		FOTOS DIGIT		
25	2015	F	16	SI	SI	FOTOS DIGIT		
26	2015	F	14			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	MORDIDA ABIERTA ANT
27	2015	F	13	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CANINO RETENIDO
28	2014	F	21	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	RAICES CORTAS
29	2014	F	18				ON DEMAND	CL II ESQUELETAL
30	2014	F	14				ON DEMAND	CL II ESQUELETAL
31	2014	M	22				ON DEMAND	CL. II ESQUELETAL
32	2014	M	14	SI		FOTOS DIGIT		
33	2015	M	22	SI				
34	2014	M	18	SI	SI	FOTOS DIGIT		
35	2014	F	23				ON DEMAND	RETARDO ERUP. 25/CL II ESQ
36	2014	F	14	SI		FOTOS DIGIT		
37	2014	M	14	SI		FOTOS DIGIT		
38	2014	F	14	SI		FOTOS DIGIT		
39	2014	M	15	SI				
40	2014	F	15			FOTO DIGIT	ON DEMAND	MORDIDA PROFUNDA
41	2014	M	10	SI			ONDEMAND	CAN RETENID, MESIODENTS
42	2014	M	13	SI				
43	2014	M	6	SI				
44	2015	F	15	SI				
45	2015	M	15	SI	SI	FOTOS DIGIT		
46	2015	M	13	SI		FOTOS DIGIT		
47	2015	M	13	SI		FOTOS DIGIT		
48	2015	F	18	SI				
49	2015	F	27	SI		FOTOS DIGIT		

50	2015	M	14	SI		FOTOS DIGIT		
51	2015	M	20	SI		FOTOS DIGIT		
52	2015	F	14	SI		FOTOS DIGIT		
53	2014	F	12	SI		FOTOS DIGIT		
54	2014	M	16	SI		FOTOS DIGIT		
55	2014	M	22	SI		FOTOS DIGIT		
56	2014	F	20	SI		FOTOS DIGIT		
57	2014	F	21	SI			ON DEMAND	RAICES CORTAS INCISIVOS
58	2015	M	15	SI		FOTOS DIGIT		
59	2015	F	16	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	MORDIDA ABIERTA ANT
60	2015	F	10				ON DEMAND	APIÑAMIENTO SEVERO
61	2015	F	21	SI		FOTOS DIGIT		
62	2015	F	18	SI				
63	2015	F	13	SI		FOTOS DIGIT		
64	2015	F	12			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	ASIMETRIA FACIAL
65	2015	F	13	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	RETENCIO DE INCISIVO 21
66	2015	M	15	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETENIDO D.13
67	2015	F	15	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETENIDO+RAIZ CORTA
68	2015	F	17	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETENIDOS D. 13 Y23
69	2015	M	19	SI		FOTOS DIGIT		
70	2015	F	25	SI		FOTOS DIGIT		
71	2015	F	11	SI		FOTOS DIGIT		
72	2016	M	21	SI		FOTOS DIGIT		
73	2016	F	26	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	RAICES CORTAS/CL II ESQ
74	2016	M	23	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CLASE II ESQ/ ANCLAJE
75	2015	M	15	SI		FOTOS DIGIT		
76	2015	F	14	SI		FOTOS DIGIT		
77	2015	F	15	SI		FOTOS DIGIT		
78	2016	M	14	SI		FOTOS DIGIT		
79	2015	F	22	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CANINO RETETINO D.13
80	2015	M	16	SI		FOTOS DIGIT		
81	2015	M	15	SI		FOTOS DIGIT		
82	2015	F	18	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	MORDIDA PROF/ LATEROGN
83	2014	F	14			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CANINO RETENIDO D. 13
84	2015	M	17			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CLASE II ESQ
85	2014	M	21	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETENIDO+RAIZ CORTA
86	2014	M	10			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CLASE II ESQ
87	2014	M	14			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	RAICES CORTAS INCISIVOS
88	2014	M	17		SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CLASE II ESQ
89	2014	M	14			FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CLASE II ESQ/ANCLAJE
90	2014	F	11		SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	RETRASO ERUP. NO CANINA
91	2015	F	15		SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CAN RETEN+ RAIZ CORTA INC
92	2015	F	16		SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CLASE II ESQ
93	2015	M	13	SI		FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CANINOS RETENIDOS
94	2016	M	15		SI	FOTOS DIGIT	ON DEMAND	CANINOS RETENIDOS
95	2014	M	26	SI	SI	FOTOS DIGIT		
96	2014	F	12	SI	SI	FOTOS DIGIT		
97	2015	F	11	SI		FOTOS DIGIT		
98	2014	F	28		SI	FOTOS DIGIT		
99	2015	M	27		SI	FOTOS DIGIT		
100	2016	M	23	SI		FOTOS DIGIT		

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29891/1/historia.pdf>
- (2) <http://radiohoms.blogspot.mx/2012/08/antecedentes-historicos-de-la-radiologia.html>
- (3) <http://es.slideshare.net/MayraLopez2/descubrimiento-de-los-rayos-x-y-evolucion>
- (4) [www.internationaldayofradiology.com/wp\\_live\\_idor\\_uai3A/wp-content/uploads/2013/10/IDOR\\_2012\\_Story-of-Radiology\\_SPANISH.pdf](http://www.internationaldayofradiology.com/wp_live_idor_uai3A/wp-content/uploads/2013/10/IDOR_2012_Story-of-Radiology_SPANISH.pdf)
- (5) <http://radiohoms.blogspot.mx/2012/08/antecedentes-historicos-de-la-radiologia.html>
- (6) Kanvas H. Thunthy, Early pioneers of oral and maxilofacial radiology. <https://aaomr.memberclick.net>.
- (7) <http://leninfisher.blogspot.mx/2012/01/historia-de-los-rayos-x-y-de-la.html>
- (8) [www.inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/ANTECEDENTES.pdf](http://www.inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/ANTECEDENTES.pdf)
- (9) Alvarez Cordero, Rafael, *La Inauguración del Hospital General de México*, Revista de la Facultad de Medicina, UNAM, Vol.55 No.5, septiembre-octubre 2010, pp. 23-28. Obtención digital en: [www.ejournal.unam.mx/rfm/no53-5/RFM053000507.pdf](http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no53-5/RFM053000507.pdf)
- (10) [http://c.ymcdn.com/sites/www.aaomr.org/resource/resmgr/mel/the\\_history\\_of\\_oral\\_radiolog.pdf](http://c.ymcdn.com/sites/www.aaomr.org/resource/resmgr/mel/the_history_of_oral_radiolog.pdf)
- (11) Karjodkar Freny R.; *Textbook of dental and Maxillofacial Radiology*, Jaypee Brothers Medical Publishers New Delhi, India. 2006.
- (12) Lischer BE. *On new methods of diagnosing dentofacial deformities*. The International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography. 1924; X (9):521-41.
- (13) Companioni Bachál, Alberto Dr., Dra. Mabel Rodríguez Quiñonez, Dra. Victoria Dias de Villegas Rushkova, Dr. Rigoberto Otaño Lugo II., *Bosquejo histórico de la Cefalometría Radiográfica*. Facultad de Estomatología, Instituto Superior de Ciencias Médicas de la Habana, Cuba. Octubre 2007.
- (14) Quirós Oscar. Dr., Quirós Jelsyka. *Radiología digital Ventajas, desventajas, implicaciones éticas. Revisión de la literatura*. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría, edición electrónica; agosto 2005. Venezuela. Obtenible en: [www.ortodoncia.ws](http://www.ortodoncia.ws)
- (15) Rivas Muñoz, Ricardo, *Roentgenografía digital en Endodoncia (radiovisiografía)*, Apoyo académico por antologías, FES Iztacala, UNAM,



*imaging*, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, April 2012 Vol. 141 issue 4, pp.436-443.

- (31) Haney Eric, Stuart A. Gansky, Janice S. Lee, Earl Johnson, Koutaro Maki, Arthur J. Miller, John C. Huang, *Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines*, American Journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics, May 2010, Vol. 137 issue 5, pp.590-597.
- (32) OMS-WHO (Organización Mundial de la Salud/ World Health Organization). <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>
- (33) Najjar, Anas Al, Dan Colosi, Lawrence T. Dauer, Robert Prins, Gayle Patchell, Iryna Branets, Arthur D. Goren, Richard D. Faber. *Comparison of adult and child radiation equivalent doses from 2 dental cone-beam computed tomography units*, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, June 2013, Vol. 143 issue 6, pp.784-792.
- (34) UNITED NATIONS Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR Report Volume 1, United Nations, New York (2000).
- (35) EUROPEAN COMMISSION, European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology, RP 136, Luxembourg (2004).
- (36) <http://www.icrp.org>
- (37) <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/229ssa1.pdf>
- (38) <http://www.sirona.com/en/products>
- (39) [http://www.newtom.it/es/contacto/contatti/newtom\\_vgi-sp.pdf](http://www.newtom.it/es/contacto/contatti/newtom_vgi-sp.pdf)
- (40) <http://www.planmeca.com/na/Imaging/3D-imaging/Planmeca-ProMax-3D-Max>
- (41) <http://www.i-cat.com/products/i-cat-flx/>
- (42) Halazonetis, Demetrios J., *Cone-beam computed tomography is not the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment*, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2012(4) April. Pp.403-411.
- (43) González García, Enrique, *Tomografía cone beam 3D, Atlas de aplicaciones en odontología*, Editorial AMOLCA, 2da. Edición, México 2014.
- (44) Roque-Torres, Gina D., Abraham Meneses-López, Frab. Norberto Bóscolo, Solange María De Almeida, Francisco Haiter Neto, *La tomografía computarizada cone beam en la ortodoncia, ortopedia facial y funcional*, Rev Estomatológica Herediana. 2015 Ene-Mar;25(1):60-77.