



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA COMO
AUXILIAR DE DIAGNÓSTICO PARA LA
COLOCACIÓN DE IMPLANTES.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ÁNGEL RIVERA GONZÁLEZ

TUTORA: DRA. BEATRIZ RAQUEL YAÑÉZ OCAMPO

ASESORA: C.D. MARÍA DEL CARMEN GRANADOS SILVESTRE

VoBo
/Raquel/
9/Enero/23

VoBo.
/González/
10/enero/23.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que fueron parte de mi formación como persona y ahora como profesionalista, siempre tuve en mi mente esta meta y gracias al apoyo de las siguientes personas puedo decir que pude hacerlo realidad, estarán siempre en mi mente y corazón.

Primero y más importante que nadie, quiero agradecer a mi madre que con su trabajo, esfuerzo, dedicación y amor, hizo posible mi carrera. Esto es tuyo mamá, es por ti y para ti, te amo con todo el alma, eres la persona más fuerte que conozco y mi principal modelo a seguir, de aquí hasta el último de mis días. Todo lo que soy es y será por ti.

A mi padre, que siempre con una actitud firme y centrada me hacía ver la realidad para que jamás perdiera el objetivo, además de todo el amor que me ha dado.

A mi hermano, por ser el hermano mayor que marcó la pauta y la ruta a seguir para ser un profesionalista como él, te quiero mucho, gracias por estar ahí y ser mi hermano.

A mi tía Edith, por ser como la segunda madre que quiero tanto, que cuidó de mí desde niño y hasta la fecha lo sigue haciendo.

A mis amigos; Diana, Pablo, Areli, Vania, Freddy, Dianita, Dannie, Fannie, Montse, Alexis, Alberto, Nora, Deya, Jacky y Alfie, sin ustedes este largo proceso hubiera sido aún más difícil, con cada uno tengo recuerdos que valoro muchísimo y que siempre atesoraré en mi mente, les amo.

A mis profesores; Santa Ponce, Dolores Farfán, Rosy Góngora, Carmen Granados, Daniel Cobos, Gaby Fuentes, Alejandra Cabrera, Tere Espinosa, José Kuri, Raúl León, Raquel Yáñez, Irlanda Barrón, Ricardo Ito y Maru Rodríguez, los cuales son parte de mi formación como odontólogo, tanto clínicamente como en la parte ética,

más que profesores fueron mi inspiración para algún día llegar a ser tan bueno como ustedes.

A Christian Luna, Jesús Sánchez, Miriam Araujo y Marco Alba; por querer tanto a mi familia y ser excelentes personas, además de brindarle el apoyo a mi madre para cumplir este objetivo de ella y mío. Realmente sin ustedes no hubiera sido posible.

A la Dra. Fabiola Valderrama, gracias por creer en mí y brindarme esa fe que me hizo recuperar la confianza que perdí durante la pandemia, es como mi hada madrina de la odontología, la quiero muchísimo.

A mi tutora, la Dra. Raquel Yáñez, por tomarse el tiempo y aceptar ser mi tutora en este trabajo, la reconozco y respeto muchísimo, es una gran inspiración para llegar a ser tan buen periodontólogo como usted.

A mi asesora, la Dra. Carmen Granados, usted sabe que tiene mi absoluto respeto, cariño, amistad y apoyo cuando lo necesite, si algo me llevo de la facultad es la calidad de persona que es, la quiero con todo el corazón, gracias por estar desde mi segundo año en la facultad y compartir su conocimiento.

Y finalmente a la UNAM, por abrirme las puertas de esta casa de estudios desde mi primer año en ella, en mi Prepa 5 adorada, gracias por haberme permitido conocer a tanta gente maravillosa y brindarme esta carrera tan hermosa que respetaré y cuidaré hasta que la vida me lo permita, realmente estoy muy feliz y satisfecho de haber llegado hasta este punto.

Índice

Introducción	1
Objetivo	3
Justificación	3
Capítulo I Tomografía computarizada	4
1.1. Generalidades en imagenología.....	4
1.2. Definición de tomografía.....	6
1.3. Historia de la tomografía computarizada.....	6
1.4. Tipos de tomógrafos.....	9
1.5. Tipos de tomografía.....	15
1.6. Indicaciones y contraindicaciones.....	17
1.7. Ventajas y desventajas.....	18
1.8. Funcionamiento de la tomografía computarizada.....	19
1.9. Técnicas de reconstrucción de imagen.....	26
Capítulo II Procesamiento de datos	32
2.1. Software de reconstrucción.....	32
2.2. Formato DICOM.....	33
2.3. Analizadores de datos.....	34
2.4. Aplicación del software.....	36
2.5. Obtención de modelos 3D.....	38
Capítulo III Diagnóstico de tejido óseo y estructuras	41
anatómicas para colocar implantes	
3.1. Estructuras anatómicas en la colocación de implantes.....	41
3.2. Tejido óseo.....	47
3.3. Calidad ósea.....	49
3.4. Clasificación de calidad ósea de Lekholm y Zarb.....	49
3.5. Clasificación de reabsorción ósea de Lekholm y Zarb.....	51
3.6. Clasificación ósea de Misch.....	52
3.7. Implantes dentales.....	54
Conclusiones	61
Bibliografía	62

Introducción

Existen varias técnicas que ayudan a obtener imágenes para el diagnóstico, disponibles para el análisis preimplantológico como radiografías intraorales convencionales, películas radiográficas extraorales, y tomografías convencionales o computarizadas. ⁽¹⁾

Solo una valoración imagenológica exhaustiva puede proporcionar la información necesaria para seleccionar los sitios óptimos, el número y el tamaño de los implantes a colocar. La selección de un estudio de imagen es una decisión importante y se debe basar en la calidad de imagen requerida, más que en los factores de costo y radiación. ⁽²⁾⁽³⁾

Las imágenes basadas en la tomografía computarizada y la cirugía guiada, proporcionan información radiográfica como altura, ancho, densidad del hueso y datos clínicos, como la información del eje de orientación para obtener resultados protésicos exitosos, determinando la trayectoria, profundidad y distribución de los implantes. ⁽⁴⁾

La tomografía computarizada (TC) es una herramienta de diagnóstico dominante en la planificación de un tratamiento con implantes dentales ya que ha demostrado ser una de las técnicas disponibles más precisas. ⁽⁵⁾⁽⁶⁾

Utilizar programas de computación, asociados a exploraciones radiográficas, logran entregar una información vital gracias a su disposición multiplanar. Al manejo de las imágenes tomográficas a voluntad y manipular el plan de tratamiento en forma virtual y a conveniencia del paciente. ⁽⁶⁾

Los beneficios asociados con el plan de tratamiento de implantes dentales guiados por computadora son: el incremento de precisión en la cirugía, predictibilidad del

caso, disminución de efectos negativos, control de riesgos, disminución del daño en tejidos, acortar el tiempo de trabajo y brindar tratamientos de alta calidad. ⁽⁷⁾

Además algunas herramientas de los programas son: marcar distancias en sentido axial y sagital, graficar la densidad de hueso, marcar el canal mandibular, realizar videos y guardar la información en discos. ⁽⁸⁾

Objetivo

Destacar la importancia que representa la tomografía computarizada como elemento auxiliar para la obtención de un buen diagnóstico y la elaboración de un plan de tratamiento adecuado para la colocación de implantes.

Justificación

La tomografía computarizada a lo largo del tiempo ha sido un auxiliar de diagnóstico esencial para el especialista en el área de periodoncia e implantología para la planificación en la colocación de implantes dentales en los pacientes que acuden a consulta, proveyendo las bases necesarias para el adecuado y acertado plan de tratamiento dental que el periodoncista busca ofrecer.

Es por esto que, mediante la elaboración de este trabajo donde se encuentra una recopilación bibliográfica de libros, artículos y revistas; se busca destacar la importancia de la tomografía computarizada como el auxiliar diagnóstico más óptimo e ideal para la colocación de implantes dentales, proporcionando así el medio perfecto con base a imágenes en tercera dimensión las cuales presentan medidas reales de cada paciente para su manejo personalizado en cada uno de los tratamientos.

Capítulo I Tomografía computarizada

1.1. Generalidades en imagenología

Wilhem Conrad Roentgen profesor de Física teórica en Würzburg en la región de Baviera, Alemania el 8 de Noviembre de 1895 descubrió un tipo de radiación desconocida capaz de atravesar la materia e impresionar una placa fotográfica; los llamo rayos X. El 22 de noviembre del mismo año obtuvo la primera imagen radiográfica obtenida de la mano de su esposa, de esta manera se dio paso al descubrimiento de la “radiografía” que se definió como un método de evaluación anatómica in vivo. ⁽⁹⁾

El 14 de diciembre de 1895, el médico alemán Otto Walkhoff realizaba la primera radiografía dental, y descubrió que en efecto, el diente como el dedo es una estructura de fácil acceso para los rayos x, cuyos elementos anatómicos garantizan un contraste óptimo. ⁽⁹⁾

Durante más de tres cuartos de siglo, el dispositivo básico de obtención de imágenes descrito por Roentgen fue el único medio que disponía el radiólogo, Estaba constituido por un tubo emisor de rayos X, cuyo haz cónico atravesaba el cuerpo de estudio. El haz emergente transportador de la imagen latente provocaba una reacción en una emulsión rica en sales de plata, que una vez revelada daba lugar a imágenes negras (porción del haz no absorbido), grises (porción del haz no modulado) y blancas (porción del haz absorbido). ⁽⁹⁾

A partir de este dispositivo primario fueron añadiéndose a lo largo de los años modificaciones en los elementos complementarios, como películas, pantallas y químicos para el mejoramiento de la radiografía. ⁽⁹⁾

Las características individuales de cada tipo de estudio imagenológico han aportado algo distinto a lo largo de las décadas, a continuación se detalla cada una de ellas.

La radiografía dentoalveolar, provee detalles de la región a tratar como lo son; la estructura periodontal, estado endodóntico del diente establecido, el nivel de hueso de la región edéntula, las raíces residuales y las patologías que puedan llegar a tener ubicadas. ⁽¹⁰⁾

La radiografía panorámica ofrece visualizar las bases óseas maxilar y mandibular, los principales accidentes anatómicos y dimensiones a considerar en el maxilar; altura existente hasta las alturas piriformes y altura hasta el piso del seno maxilar, en la mandíbula; altura ósea desde la cresta alveolar y altura existente hasta el canal del nervio dentario inferior. ⁽¹¹⁾

Esta radiografía de primera intención, posibilita la comparación sencilla de derecha a izquierda pero tiene la desventaja de magnificación vertical y horizontal, no permite en ningún momento dimensiones bioanatómicas confiables, debido a la forma elíptica de la curva que es la variable de cambio de un aparato a otro, pero sobre todo de la irreproductibilidad estricta de postura cefálica del paciente. ⁽¹²⁾

La ortopantomografía como también se le nombra a este estudio, deberá complementarse necesariamente con otras proyecciones, aunque la incorporación de un marcador metálico de longitud predeterminada en el área de tratamiento, va a permitir una aproximación más cercana de la altura ósea disponible. ⁽¹²⁾

A pesar de las limitaciones presentes, esta modalidad de radiografía se considera como regla inicial en la evaluación prequirúrgica radiográfica por su disponibilidad, la vista de cualquier estructura en maxilar o mandíbula y su bajo costo. ⁽¹³⁾

La cefalografía lateral, provee excelente información respecto al perfil facial, la relación de los maxilares, muestra una sección del espesor y la forma de reborde alveolar anterior. ^{(10) (14)}

La American Academy of oral and Maxilofacial Radiology (AAOMR) después de revisar la literatura recomienda el uso de imágenes de corte transversal para el tratamiento de implantes e indica que la información imagenológica de radiografías panorámicas, cefalometrías y las películas intraorales es inadecuada para la evaluación completa, de la arquitectura del hueso de la zona a implantar. Concluyendo que esta información es mejor adquirida con tomografía convencional o computarizada. ⁽⁴⁾

1.2. Definición de tomografía

El diccionario de la Real Academia Española en 2001, admite el termino TAC (acrónimo de tomografía axial computarizada). ⁽¹⁴⁾

El término tomografía deriva del griego **tomos** que significa corte y **graphos** que corresponde a escritura, imagen o dibujo. La tomografía es un tipo de examen que permite realizar cortes del cuerpo a estudiar, estos cortes permiten reproducir estructuras prácticamente libre de superposiciones. ⁽¹⁴⁾

La palabra axial significa “relativo al eje” y plano axial es aquel que es perpendicular al eje longitudinal de un cuerpo. La tomografía axial, aplicada al estudio del cuerpo humano, obtiene cortes transversales a lo largo de una región concreta del cuerpo o de todo él. ⁽¹⁴⁾

1.3. Historia de la tomografía computarizada

Todo inició en 1917 cuando J. Radon, un matemático austriaco, demostró que toda la estructura interna de un objeto puede ser determinada a partir de la información contenida en el conjunto infinito de todas las proyecciones, estableciendo el fundamento teórico de la reconstrucción. ⁽¹⁵⁾

Más tarde en el año de 1956 Allan M. Cormack, un físico inglés, se enfocó al estudio de las matemáticas, por medio de las cuales una imagen podía ser reconstruida

desde los datos generados de un escáner, desarrollando así un método para calcular los coeficientes de atenuación de los tejidos de múltiples proyecciones para producir una imagen en escala de grises, publicando esos resultados en 1964. ⁽¹⁵⁾

Durante los años de 1961 a 1963 los doctores D. Kuhl y W. Oldendorf, desarrollaron sistemas de reconstrucción de imágenes con ayuda de una computadora, partiendo de múltiples medidas de radiación tomadas en diferentes ángulos. ⁽¹⁵⁾

Fue entonces que para el año de 1968 eligen en inglés Godfrey Hounsfield, quien dirigía la sección de Laboratorio Central de Investigación de la EMI Corporation (Electrical Musical Instruments) una empresa dedicada al campo de la producción discográfica, propuso la posibilidad de ampliar computadoras y determinadas procedimientos matemáticos para lograr la reconstrucción de una imagen seccional del cuerpo humano. Los trabajos previos de Cormack fueron muy importantes en el trabajo posterior realizado por Hounsfield. ⁽¹⁵⁾

Es así como se fabrica el primer prototipo de escáner para tomografía computarizada de la casa EMI, el Mark I, que fue instalado en 1972, en el Antkinson Morley Hospital, en Londres, Inglaterra. Éste estaba limitado a la obtención de imágenes del cráneo, posteriormente se creó el primer equipo de cuerpo entero, el ACTA-Scanner, instalado en 1973. ⁽¹⁵⁾

Fue así que Godfrey Hounsfield y Allen Cormack, quien era un físico de origen sudafricano de la Universidad de Tufts Massachusetts, desarrollaron el primer sistema de tomografía computarizada por aplicación clínica, recibiendo el Premio Nobel de medicina y fisiología en 1979. ⁽¹⁵⁾

Los primeros aparatos de tomografías computarizadas fueron instalados entre 1974 y 1976, estos están limitados al uso exclusivo para toma de imágenes de cráneo, en 1976 comenzaron a usarse modelos diseñados para cuerpo completo. ⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾

La primera imagen anatómica que se obtuvo fue la de un cerebro humano, el tiempo estimado para obtener estas imágenes era de 50 minutos para un solo corte y mucho más tiempo para obtener una imagen con la información obtenida. ⁽¹⁷⁾

En 1987 la tomografía es usada en Odontología por Schartz, Rotman, Chafetz y Rhodes quienes desarrollaron un programa específico para el estudio de la zona maxilo mandibular al que denominaron Dentascan. Este programa permite obtener imágenes de alta resolución a partir de cortes en el plano axial, realizando reconstrucciones panorámicas y transversales en milímetros, de gran contraste sin superposiciones de estructuras o distorsiones como en la radiografía convencional. ⁽¹⁶⁾

En las primeras tomografías computarizadas, la energía que alimentaba al tubo de rayos x llegaba por cables de alto voltaje, enrollados en un sistema de tambores y poleas. El tubo podía rotar 360° en una dirección y efectuar una imagen a corte para luego volver en sentido contrario y generar un nuevo corte. ⁽¹⁷⁾

A mediados de los 80s, se desarrollaron los anillos deslizantes, por lo que el sistema de poleas que sostenía los cables de alimentación se eliminó, estos anillos aportan energía continua al tubo de rayos X, por lo que puede rotar sin detenerse, así se desarrollaron los aparatos tomográficos espirales y helicoidales. ⁽¹⁶⁾

En 1989 se introdujo la tomografía computada helicoidal de un solo corte y poco más tarde en 1992, se introdujo la tomografía computada multicorte dual. El modelo que prevaleció definitivamente fue el de tercera generación, donde tanto el detector, como el tubo de rayos X giran en forma conjunta. El giro es continuo y en un mismo sentido, mientras que el paciente avanza a través del gantry. La diferencia entre estas técnicas está, en que en lugar de que sólo exista un solo set de detectores, ahora son múltiples, hasta 64. ⁽¹⁷⁾ Son los multidetectores los que permiten cortes de hasta 0.2mm prácticamente en tiempo real. Este gran avance permite estudios

no invasivos, tales como endoscopias virtuales, además de diagnosticar un mayor rango de condiciones patológicas en menos tiempo. ⁽¹⁶⁾

El gran impacto que tuvo en la medicina esta invención, es difícil de dimensionar y hoy en día es un método de diagnóstico que se ha internacionalizado. ⁽⁴⁾

La American Academy of oral and Maxilofacial Radiology (AAOMR) después de revisar la literatura recomienda el uso de imágenes de corte transversal para el tratamiento de implantes” e indicó que la información imagenológica de radiografías panorámicas, cefalometrías y las películas intraorales es inadecuada para la evaluación completa, de la arquitectura del hueso de la zona a implantar. Concluyendo que esta información es mejor adquirida con tomografía convencional o computarizada. ⁽⁴⁾

1.4. Tipos de tomógrafos

La tecnología en la construcción y diseño de las unidades de TC ha ido evolucionando rápidamente desde sus comienzos y se habla de generaciones de equipos cuando los avances en relación a éstos mejoraban las limitaciones en calidad de imagen, tiempo de exploración y calidad de equipos. ⁽¹⁶⁾

Primera generación (1972)

La adquisición de datos en la tomografía computarizada de primera generación se basó en la geometría de haces paralelos con el principio de traslación-rotación entre el tubo y el detector. El tubo de rayos roentgen y el detector se mueven de forma continua sobre el paciente, realizando proyecciones durante la traslación. Al final de cada traslación el tubo y el sistema detectores cerró tan un número de grados y se repite la traslación para hacer la siguiente proyección.

El proceso de traslación rotación se repita durante 180° de giro para hacer una toma de datos completa. (Fig.1) ⁽¹⁶⁾

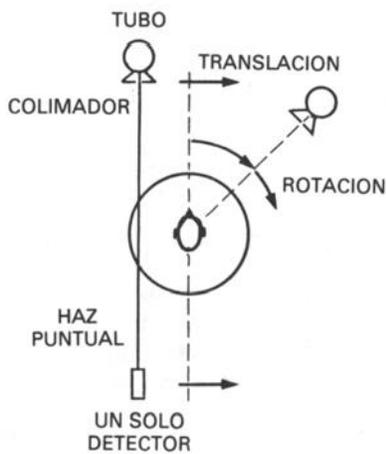


Figura 1. Manera en la que funciona el tomógrafo de primera generación. ⁽¹⁶⁾

Desde el punto de vista clínico, esta máquina de primera generación presentaba el gran inconveniente de requerir grandes periodos de exploración (alrededor de cinco minutos), lo que limitaba su uso a partes corporales que podían ser inmobilizadas como el cráneo. ⁽¹⁶⁾

Segunda generación (1975)

En este sistema enlace rayos roentgen se convirtió en un abanico con un ángulo divergente de 3° a 10°, se colocaron varios detectores de 30 elementos para interceptar este haz. Fig. 2 ⁽¹⁶⁾

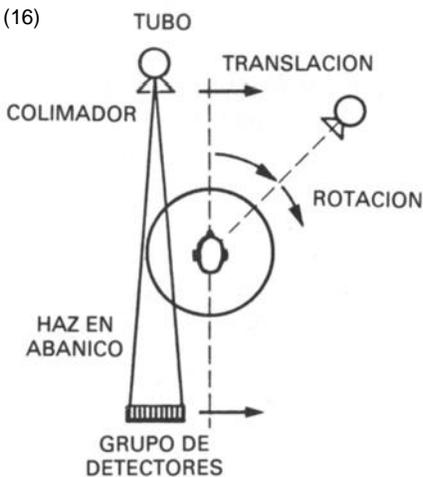


Figura 2. Manera en la que funciona el tomógrafo de segunda generación. ⁽¹⁶⁾

Al utilizar más detectores de rayos roentgen, el número de rotaciones podía reducirse a 6 aproximadamente por corte, y tener un número suficiente de proyecciones en intervalos de tiempo mucho más cortos. Estos aparatos podían obtener una imagen en periodos de 20 a 60 segundos, por lo que a partir de este sistema se emplearon también en exploraciones de cuerpo entero. De todas formas todavía no era lo suficientemente rápido como para evitar los movimientos del paciente. ^{(15) (17)}

Tercera generación (1977)

En estos sistemas el abanico divergente de los rayos roentgen utilizados era de mayor ángulo (50° - 55°), cubriendo de esta forma todo el campo de medición, por lo que se eliminó el movimiento de traslación. (Fig.3) ¹⁶⁾

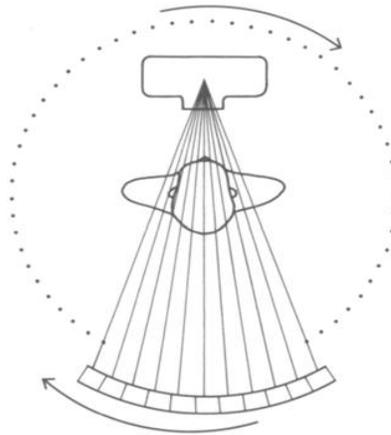


Figura 3. Rayos roentgen formando un haz en forma de abanico en el tomógrafo de tercera generación. ⁽¹⁶⁾

El sistema de detectores consta de una corona en forma de arco que contiene entre 380 y 750 elementos detectores, dependiendo del sistema. Éste arco de detectores y el tubo de rayos roentgen rota de forma continua alrededor del paciente hasta completar los 360° . Este sistema hoy en día cubre casi todo el mercado de escáneres para la tomografía computarizada debido a que obtiene gran precisión en un tiempo muy corto de aproximadamente tres segundos por corte. ^{(15) (18)}

Cuarta generación (1977)

La cuarta generación es usada actualmente. Utilizan también un haz divergente de ángulo ancho (50° - 55°), sin embargo, en este caso el sistema detector consiste en un anillo estacionario de detectores, que varían entre 424 y 2400, dependiendo del modelo. (Fig.4) ⁽¹⁶⁾

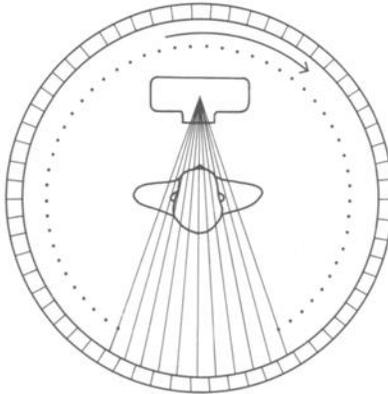


Figura 4. Forma en la que un tomógrafo de cuarta generación libera el haz de rayos roentgen. ⁽¹⁶⁾

Con este sistema se obtiene en tiempos de exploración iguales a los de la generación anterior los cuales ocupaban 3 segundos para obtener un corte. ⁽¹⁸⁾

TC Espiral-helicoidal (1989)

Hasta la cuarta generación de tomógrafos, la energía que alimentaba el tubo de rayos roentgen llegaba por cables de alto voltaje enrolladas en un sistema de tambores y poleas. El tubo podría rotar 360° en una dirección obteniendo una imagen para luego volver en sentido contrario y generar un nuevo corte. Con el desarrollo de la tecnología de anillos deslizantes en los años 80s, el sistema de tambores y poleas eliminó, estos anillos aportan energía continua al tubo de rayos roentgen por lo que puedan rotar sin detenerse. ⁽¹⁸⁾

De modo que para el año 1989 se introdujo la tomografía computarizada helicoidal, donde la mesa del paciente pasa por el gantry, mientras que el tubo de rayos roentgen gira continuamente a lo largo de la superficie del paciente produciendo una hélice de proyecciones, ello permite una rápida adquisición volumétrica de los datos. El tubo de rayos roentgen gira a una revolución de 360° por segundo o menos, por lo que se puede explorar un volumen de varios centímetros en un pequeño periodo de apnea del paciente, lo que permite la realización de estudios completos de las zonas anatómicas de forma muy rápida y en un solo estudio. (Fig.5) ⁽¹⁸⁾

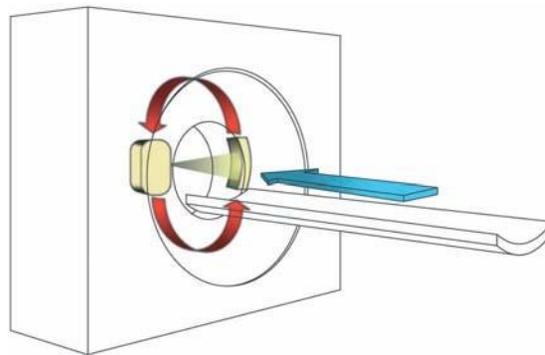


Figura 5. Forma en la que el tomógrafo espiral-helicoidal funciona. ⁽¹⁸⁾

El espesor del corte puede elegirse libremente, y de forma independiente al movimiento de la mesa y el intervalo de reconstrucción asociándose simultáneamente. De esta manera poder mejorar la calidad de la imagen en las reconstrucciones multiplano (sagital, coronal y frontal) así como en la reconstrucción en tercera dimensión (3D).

Los escáneres espirales permiten reducir la dosis de radiación del paciente hasta del 33% durante un estudio completo, comparado con la tomografía computarizada convencional. ⁽¹⁸⁾

TC Espiral multicorte (1992)

Actualmente la tomografía computarizada espiral multicorte representa lo más moderno que existe en tomografía computarizada, es superior a la tomografía computarizada espiral debido a que provee dos ventajas mayores: un incremento dramático en la velocidad de obtención de los datos y por la dimensión añadida de filas de múltiples detectores (2, 4, 6, 64) permitiendo una mayor cobertura anatómica en una sola rotación y una franca mejoría en la resolución espacial de las imágenes obtenidas debido a que permite reconstrucciones hasta de 0.2mm. Todos los sistemas de tomografía computarizada espiral multicorte de hoy utilizan geometría de la tercera generación. (Fig.6) ¹⁸⁾

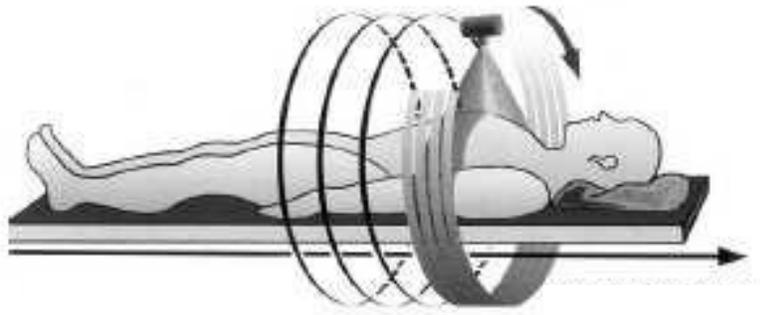


Figura 6. Obtención de imágenes en la tomografía computarizada espiral multicorte. ⁽¹⁸⁾

1.5. Tipos de tomografía

De acuerdo al equipo que usan existen; la tomografía convencional y la tomografía computarizada. ⁽¹⁴⁾

Tomografía convencional

La tomografía convencional utiliza una película radiográfica y también es llamada “radiografía del cuerpo en secciones”. ⁽¹⁹⁾

Es una técnica que permite visualizar con mayor claridad los objetos situados en un plano de interés. Esto se consigue difuminando las imágenes de las estructuras localizadas superficial y profundamente respecto al plano de interés a través de un proceso de “indefinición” por movimiento. ⁽¹⁹⁾

El principio básico de la tomografía convencional consiste en un movimiento sincronizado de un tubo de rayos Roentgen y una película radiográfica en direcciones opuestas alrededor de un punto fijo, dado que estos están conectados de forma rígida mecánicamente. Con este movimientos coordinado, las imágenes de los objetos situados dentro del plano focal permanecerán en posiciones fijas dentro de la película radiográfica a lo largo del recorrido del tubo, de modo que se visualizarán con nitidez, mientras que los objetos que se sitúen por fuera del plano focal experimentarán cambios de posición en la película por lo que se observarán borrosos, resultando de la definición de imagen al movimiento. (Fig.7) ^{(14) (18)}

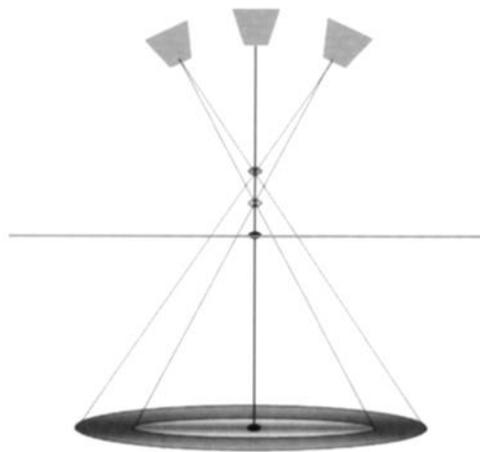


Figura 7. Obtención de imágenes en la tomografía convencional. ⁽¹⁸⁾

Existen por lo menos 5 tipos de movimiento tomográfico. Mecánicamente el movimiento tomográfico más sencillo es en línea. Los movimientos que producen las mejores imágenes tomográficas son el movimiento espiral y el movimiento hipocicloidal y son llamados movimientos multidireccionales. (Fig.8) ⁽²⁰⁾

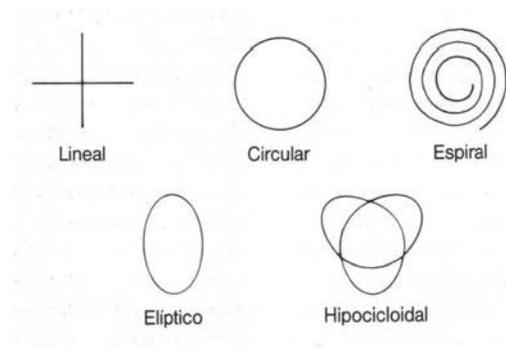


Figura 8. Diferentes tipos de movimiento que ofrece la tomografía computarizada. ⁽²⁰⁾

Sin embargo desde la introducción de la tomografía computarizada, la tomografía con películas se utiliza cada vez menos. Actualmente esta técnica se aplica a zonas anatómicas de contraste alto, como la articulación temporo-mandibular (ATM) y los diagnósticos preliminares sobre implantes dentales. ⁽¹⁴⁾⁽¹⁹⁾

Tomografía computarizada

A diferencia de la tomografía convencional, en la tomografía computarizada (TC) no se utiliza la película radiográfica para la adquisición de las imágenes. Después de que la radiación incide sobre las estructuras anatómicas, éstas son captadas por sensores que transmiten la información a una computadora para procesar las imágenes. La tomografía computarizada es una exploración de rayos Roentgen que produce imágenes detalladas de cortes axiales del cuerpo. En lugar de obtener una imagen como la radiografía convencional, la TC obtiene múltiples imágenes al rotar alrededor del cuerpo. Una computadora combina todas estas imágenes en una imagen final que representa un corte del cuerpo como si fuera una rodaja. Esta

máquina crea múltiples imágenes en cortes de la parte del cuerpo que está haciendo estudiada. ⁽²⁰⁾

Las técnicas radiográficas tradicionales como la radiografía dentoalveolar y la ortopantomografía no permiten la evaluación de la tercera dimensión (vestíbulo-lingual o palatina); por eso, nuevas técnicas radiográficas fueron creadas o adaptadas para suplir las principales necesidades de la implantología, como la evaluación de la cantidad y la calidad ósea. A partir de estas necesidades los aparatos radiográficos existentes sufrieron grandes avances tecnológicos y hoy, muchos de estos equipos ya permiten la realización de tomografías convencionales o computarizadas. ⁽²⁰⁾

1.6. Indicaciones y contraindicaciones

Como en todo tipo de tratamiento, la tomografía, ya sea convencional o computarizada es indicada o contraindicada dependiendo de las características individuales del paciente a tratar, ya que el estudio requiere que el paciente este en una posición firme, donde no se mueva durante un tiempo marcado por el radiólogo. ⁽⁶⁾⁽²¹⁾

La siguiente tabla presenta las indicaciones y contraindicaciones para cada tipo de tomografía. (Tabla 1) ⁽⁶⁾⁽²¹⁾

<i>Tomografía convencional</i>	<i>Tomografía computarizada</i>
<p><i>Indicaciones</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Localización de tumores. ❖ Detecta traumas en tejido óseo. ❖ Auxiliar en la planificación de tratamiento médico. ⁽⁶⁾ 	<p><i>Indicaciones</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ En extensiones de tumores. ❖ Localización de cuerpos extraños en tejidos duros y blandos. ❖ Trauma severo de la cabeza como lo son contusiones, hemorragias y fracturas. ❖ Extracción de terceros molares ❖ Planeación de cirugía ortognática

<p>Contraindicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ En pacientes psiquiátricos. ❖ Pacientes con Parkinson. ⁽⁶⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Extensión de biopsias. ❖ Valoración en calidad y cantidad del hueso receptor de implantes. ⁽²¹⁾ <p>Contraindicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ No aplica. ⁽²¹⁾
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 1. Indicaciones y contraindicaciones de la tomografía convencional y la tomografía computarizada. ⁽²¹⁾

1.7. Ventajas y desventajas

De igual manera, los dos tipos de tomografía, tendrán características particulares dependiendo el tipo de imagen que se desea obtener, ya sea imágenes en dos dimensiones o en tres dimensiones, esto será determinante para poder decidir cuál de las dos utilizar. ⁽⁶⁾⁽²²⁾

En la siguiente tabla se presentan las ventajas y desventajas en cada tipo de tomografía. (Tabla 2) ⁽⁶⁾⁽²²⁾

Tomografía convencional	Tomografía computarizada
<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Pueden diagnosticar condiciones potencialmente mortales. ❖ Muestra zonas afectadas en dos dimensiones. ❖ Fácil manejo del equipo. ❖ No provoca dolor. ⁽⁶⁾ 	<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Elimina la superposición de imágenes. ❖ Es exacta y no provoca dolor ❖ Se pueden distinguir diferencias entre los tejidos. ❖ Visualización de imágenes en los planos axial, coronal y sagital. ❖ Se obtiene imágenes en tercera dimensión.

<p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Proporciona imágenes con menor detalle en tejidos. ❖ Sólo muestra imágenes en dos dimensiones. ❖ Tiene un erro del 20% en la calidad de imagen. ❖ No brinda información detallada para la realización de procesos quirúrgicos. ❖ No funciona para la planificación y colocación de implantes dentales. ❖ Cantidad de radiación recibida. (6) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Determina la posición de la guía quirúrgica. ❖ Se pueden realizar mediciones directas de las imágenes. ❖ Cantidad de radiación recibida con base al costo beneficio. (22) <p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Costo elevado. (22)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la tomografía convencional y la tomografía computarizada. (22)

1.8. Funcionamiento de la tomografía computarizada

Aunque existen muchas configuraciones de sistemas diferentes para escáneres de TC, todos tienen los mismos componentes básicos: el gantry, la computadora y la consola de operaciones. Cada uno de estos componentes posee, a su vez, diversos subsistemas. (14)

Gantry

Es el lugar físico donde es introducido el paciente para su examen. En él se encuentran el generador de alta tensión, el tubo de rayos Roentgen, el grupo de detectores y todo el conjunto mecánico necesario para realizar el movimiento asociado a la exploración. (Fig.9) (14)



Figura 9. Movimiento del gantry y la mesa, en la tomografía computarizada de movimiento helicoidal. ⁽¹⁴⁾

La mayoría de los escáneres actuales de tomografía computarizada utilizan generadores de alta tensión para producir los cuantos de rayos Roentgen para los exigentes protocolos de estudio. Estos generadores admiten una gama amplia de técnicas de exposición, desde 80 a 140 kilovoltios (Kv) y de 30 a 500 miliamperios (mA) dependiendo del modelo. ⁽¹⁴⁾

El tubo de rayos Roentgen es básicamente el mismo que se utiliza en la radiografía convencional, con pequeñas variaciones. La tecnología de la tomografía computarizada de primera generación utilizaba tubo de rayos Roentgen de ánodo fijo refrigerados con aceite, con una capacidad limitada. Los tubos actuales incluyen ánodos rotatorios (3000 rpm) con métodos de refrigeración especiales para mejorar la capacidad del sistema en los niveles de producción de rayos Roentgen. ⁽¹⁴⁾

A lo largo de las diferentes generaciones de la tomografía computarizada se han utilizado diversos tipos de detectores de radiación, los cuales se clasifican como detectores de centelleo y detectores de gas. Los detectores de centelleo más utilizados se fabrican con yoduro de sodio, germanato de bismuto o tungstato de cadmio; los detectores rellenos de gas normalmente contienen xenón o una mezcla de xenón y criptón. Cualquiera que sea el detector utilizado, el fundamento de estas consiste en absorber el haz de rayos roentgen transmitido a través del paciente generando una señal eléctrica. Esta señal, que es proporcional a la radiación

atenuada, es transformada por medio de un convertidor analógico digital en valores digitales que pasarán posteriormente a la computadora, donde serán procesados. (23)(24)

Camilla de soporte

La camilla de soporte permite estabilizar la posición del paciente durante el examen de la tomografía computarizada. Está construida con un material de bajo peso molecular, como fibra de carbono, para asegurar que el haz de rayos roentgen no se alterado antes o después de atravesar el paciente. (23)

Se dispone de un dispositivo para accionar la camilla, así que el movimiento del paciente para la adquisición de un corte es suave, controlado y reproducible. En la tomografía computarizada helicoidal la camilla se mueve continuamente durante el examen, lo cual permite disminuir los tiempos de escaneo, pero requiere una mayor exactitud en el posicionamiento del paciente. (23)(24)

Computadora

La tomografía computarizada no sería posible sin la ayuda de una computadora con procesadores de alta velocidad. Una vez que los detectores han recibido la información de las proyecciones del objeto de estudio y después de la transformación analógico-digital de los datos, estos finalmente son procesados por la computadora mediante un cálculo algebraico.

Para cada proyección de rayos roentgen realizado durante una exploración en la tomografía computarizada se genera una ecuación. Dado que se obtienen miles de proyecciones de rayos en una exploración, existen miles de ecuaciones (alrededor de 30,000) para resolver de forma simultánea. Se han utilizado muchos métodos para resolver este conjunto de ecuaciones generadas, sin embargo en la actualidad la mayoría de los fabricantes utilizan el método de retroproyección filtrada, debido a que permite un tiempo de cálculo corto con soluciones relativamente exactas. Además permite el procesamiento de cada suma de rayos inmediatamente después de obtenerse, mientras continúa la adquisición de datos. Esto permite disponer de

la imagen final casi inmediatamente después de la finalización del proceso de exploración. ⁽²³⁾

El resultado del procesamiento de las ecuaciones efectuado por la computadora es una matriz, la cual está formada por números dos elementos. La representación se hace forma plana o bidimensional, donde el correspondiente elemento recibe el nombre de pixel y como la sección explorada tiene cierto espesor, cada uno de los elementos recibe el nombre de vóxel (volume element). A cada pixel se asigna el valor numérico de la atenuación producido dentro del correspondiente vóxel y es representado en un tono gris el cual forma parte de la imagen resultante de la zona explorada. ⁽²³⁾⁽²⁴⁾

De esta forma se tiene que los valores de atenuación altos están representados por tonos blancos y los valores bajos por tonos negros, donde los valores intermedios se representan por una amplia gama de tonos grises, es por eso que finalmente se observa una imagen con diferentes tonalidades.

El tiempo que tarda en la computadora en general una imagen visible tras la adquisición de los datos se denomina tiempo de reconstrucción, el cual actualmente es de segundos o algunos minutos dependiendo de la zona explorada. ⁽²³⁾⁽²⁴⁾

Consola de operaciones

La consola de control permite al técnico establecer los parámetros de la exploración de la tomografía, además de permitir visualizar las imágenes así como se van generando y determinar el formato de las mismas. Muchas consolas tienen al menos dos monitores, uno por el técnico y el otro por el radiólogo, quien puede consultar las imágenes y manipular su contraste, tamaño y condiciones generales para su presentación visual. Los datos de la imagen sean guardados en la computadora en formato DICOM (Digital Imaging Communication in Medicine) un sistema de visualización y manipulación de imágenes para tomografía computarizada con el cual posteriormente pueden ser reformateados. Estos datos pueden ser almacenados en discos o en cintas magnéticas para su uso posterior, o bien pueden ser impresas en películas radiográficas convencionales. ⁽²³⁾

La radiación emitida, por el equipo de la tomografía computarizada al atravesar un determinado cuerpo, pierde energía, llegando con menor intensidad a un conjunto de detectores, esto se debe a la atenuación o la absorción de la radiación del cuerpo examinado, este cuerpo está compuesto de diferentes tejidos celulares, los cuales componen a los diferentes órganos y tienen a su vez diferentes rangos de absorción y atenuación de la radiación. Estos detectores, absorben el haz de rayos x transmitido a través del paciente, generando una señal eléctrica de bajo nivel, esta señal eléctrica se relaciona directamente con la cantidad de radiación residual recibida. La electrónica asociada a los detectores toma esta señal eléctrica donde es cuantificada, amplificada y transformada en señal digital que es enviada a la memoria del computador para ser procesada. (Fig.10) ⁽²²⁾

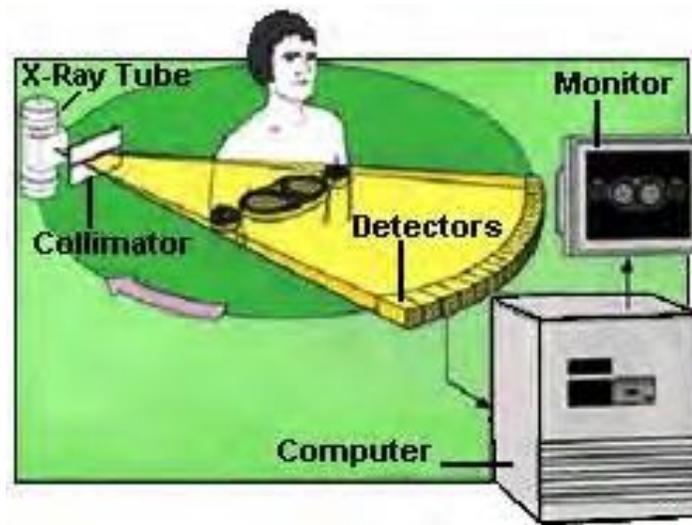


Figura 10. Recorrido de la radiación emitida por el tubo de rayos x, atravesando el cuerpo y captados en los detectores, para llegar a la computadora. ⁽²²⁾

La imagen generada por la tomografía, computarizada está formada por una matriz de múltiples cuadros llamados píxel (Picture element), que corresponde a los cuadros o rectángulos que forman una imagen digital plana o bidimensional, cuando esta imagen adquiere volumen se llama vóxel (volume element) que corresponde a un cuadrado o rectángulo tridimensional. (Fig.11) ⁽²²⁾.

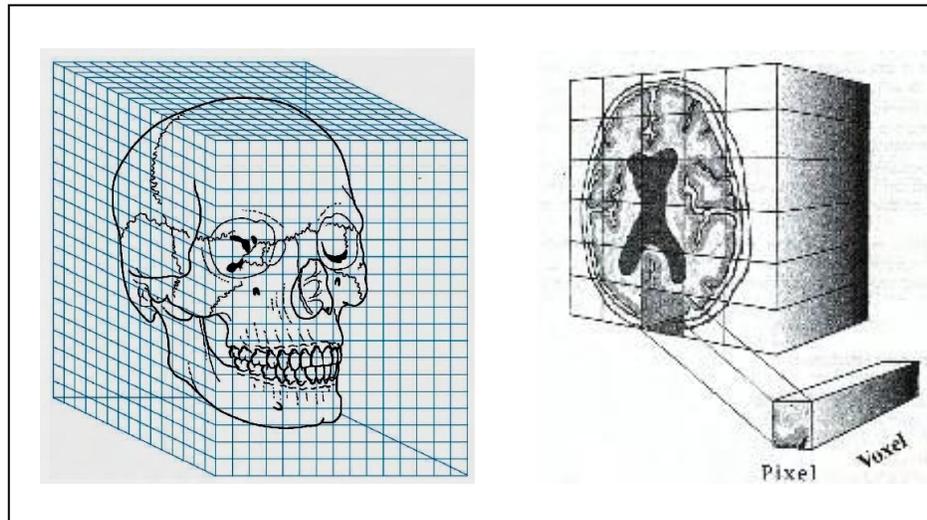


Figura 11. Representación en cráneo de vóxel y píxel. ⁽²²⁾

Esta información se distribuye entre el blanco y el negro, en la imagen de la pantalla, por lo tanto, se observa una imagen con diferentes tonalidades del blanco al negro pasando por el gris, en la que cada píxel representa cuantitativamente los valores atenuados de los tejidos explorados, los valores atenuados son medidos en unidades Hounsfield (HU). ⁽²²⁾

El valor de la atenuación del aire es -1000 y 0 para el agua, tomando el hueso cortical un valor de +1000. Los colores asignados son, negro para -1000, blanco para +1000 y gris para 0. Esta amplia de gama de grises se denomina escala Hounsfield. (Tabla 3) ⁽²²⁾

Elemento	Unidad Hounsfield
Hueso Cortical	800 a 1000
Calcificación	800 a 1000
Hueso Esponjoso	100 a 300
Sangre Coagulada	56 a 76
Hígado	40 a 65
Músculo	40 a 50
Riñones	40 a 50
Sustancia Gris	36 a 46
Sustancia Blanca	22 a 32
Agua	0
Grasa	-80 a -100
Aire	-1000

Tabla 3. Tabla de densidades en unidades Hounsfield. ⁽²²⁾

Es así como los diferentes elementos biológicos y tejidos adquieren números en la escala Hounsfield. (Fig.12) ⁽²²⁾

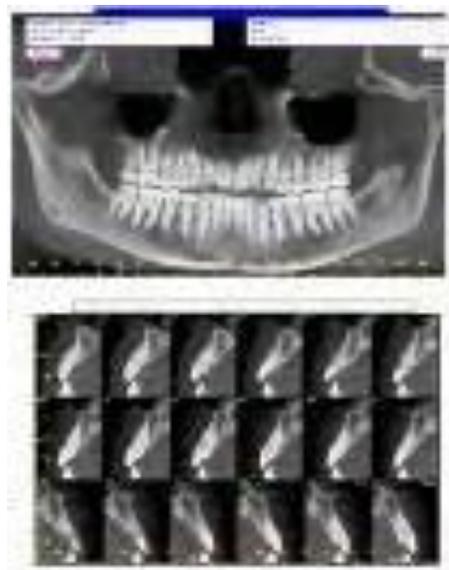


Figura 12. Vista coronal y sagital de las tonalidades de la escala Hounsfield. ⁽²²⁾

1.9. Técnicas de reconstrucción de imagen

Una vez que el equipo de tomografía computarizada ha terminado el barrido de la zona de interés, el ordenador contiene una serie de datos que constituyen el volumen a analizar. Las diferentes maneras que tenemos para seleccionar los datos, es lo que se denominan técnicas de reconstrucción de imagen que se presentan en seguida: ⁽²²⁾

- A) Representación en superficie**
- B) Representación volumétrica**
- C) Proyección de máxima intensidad**
- D) Reconstrucción multiplanar**

A) Representación de superficie.

Es la primera técnica de representación tridimensional, que suele utilizarse y consigue superficies en el interior del volumen, definiendo los límites (ej. La superficie del hueso cortical). El resultado son objetos tridimensionales que no dejan ver su interior, son representados como iluminados por una fuente de luz que se puede modificar en su intensidad y localización. ⁽²²⁾

El radiólogo, conociendo la estructura que deseamos ver, fija los límites de valores de atenuación que la definen (Ej. entre +40 UH y 90 UH para la piel y entre +800 UH y +1000 UH para el hueso) de manera que el ordenador solo incluiría los vóxeles que estén dentro de este rango e ignora el resto. ⁽²²⁾

Esta técnica de reconstrucción, en realidad desaprovecha muchos datos (sólo utiliza el 10% de la información disponible) pero tiene la ventaja de que es rápida de obtener y procesar ya que podemos girar la imagen para verla desde diferentes perspectivas. Su ventaja radica en que nos permite una valoración volumétrica

global de una estructura concreta, ignorando los tejidos que le rodean, esta es la representación que suelen emplear los programas de guías quirúrgicas para determinar en qué posición y con qué orientación colocar los implantes. (Fig.13) ⁽²²⁾

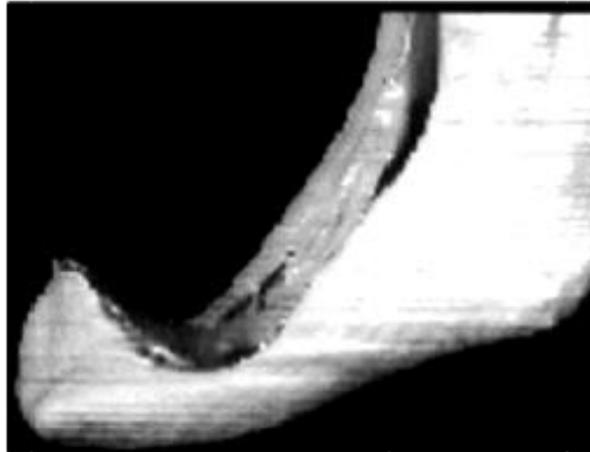


Figura 13. Reconstrucción en Superficie ⁽²¹⁾

B) Representación volumétrica.

Valora todos los datos de volumen vistos, desde una perspectiva concreta. Para diferenciar las estructuras, el radiólogo asigna diferentes valores de opacidad, (que quedarían representados por tonos diferentes) en función de los rangos de atenuación que definen a cada tejido. ⁽⁹⁾

De esta manera, podemos diferenciar los tejidos por capas o superposiciones, obteniendo imágenes muy realistas, útiles para analizar la relación entre las partes blandas y el hueso, especialmente indicada en el tratamiento de las deformidades faciales. ⁽⁹⁾

Al analizar el ordenador varias estructuras anatómicas, se obtiene una imagen más real del paciente, pero tiene el inconveniente de que al manejar todo el volumen de datos disponible, es necesario emplear ordenadores muy potentes. 14-Figura. ⁽²²⁾



Figura 14. Reconstrucción volumétrica con contraste intravenoso ⁽²²⁾

C) Representación de máxima intensidad

Es una forma de representación, que permite localizar una estructura anatómica concreta dentro del volumen de datos (por ejemplo, una litiasis salival). Desde una perspectiva fija, se evalúa cada vóxel a través del volumen de datos, (atravesándolo a lo largo de una línea imaginaria desde el ojo del observador), representando sólo aquellos vóxeles que tengan el valor máximo (máxima intensidad de atenuación, de ahí su nombre). ⁽²²⁾

Esta forma de reconstrucción, genera imágenes «transparentes» que permiten analizar en el interior de las estructuras, pero solo desde la perspectiva que hemos elegido. Y en esta característica reside su principal limitación, por ejemplo, una mayor densidad (atenuación) de un osteoma podría tapar un quiste que estuviera detrás. De esta manera, el radiólogo buscará la proyección concreta que permita evitar dichas superposiciones y los enmascaramientos que provocan. (Fig.15) ⁽²²⁾

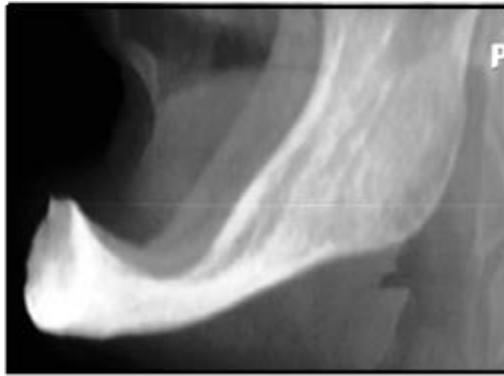


Figura 15. Proyección de máxima intensidad ⁽¹⁸⁾

D) Reconstrucción multiplanar

A diferencia, de los sistemas de reconstrucción previos, el radiólogo no se basa en las características de atenuación de la radiación, sino que obtiene la imagen en función de la interpretación espacial. Es decir, que traza un plano por dónde va a visualizar todo lo que hay en ese conjunto de datos. Es la técnica de representación más fácil e intuitiva, conocida como reformado o reconstrucción multiplanar (MPR). Para situar la imagen en el espacio utiliza varios planos, empleando el ordenador para eliminar el volumen de datos innecesarios. (Fig.16) ⁽⁹⁾

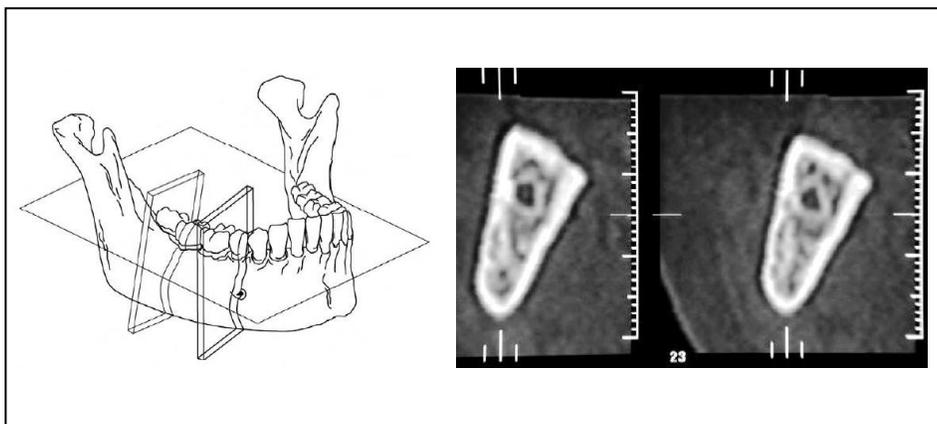


Figura 16. Imágenes en reconstrucción multiplanar, selección del área y vista sagital. ⁽⁹⁾

Tras eliminar el resto de vóxeles, si se corta en dirección X de la imagen, se puede ver la posición del maxilar o mandíbula en una vista axial. Si lo corta en dirección Z, se obtienen secciones sagitales, o bien, hacer cortes en dirección Y, obteniendo una visión coronal del cráneo. (Fig.17) (Fig.18) (Fig.19) (Fig.20)
(8)

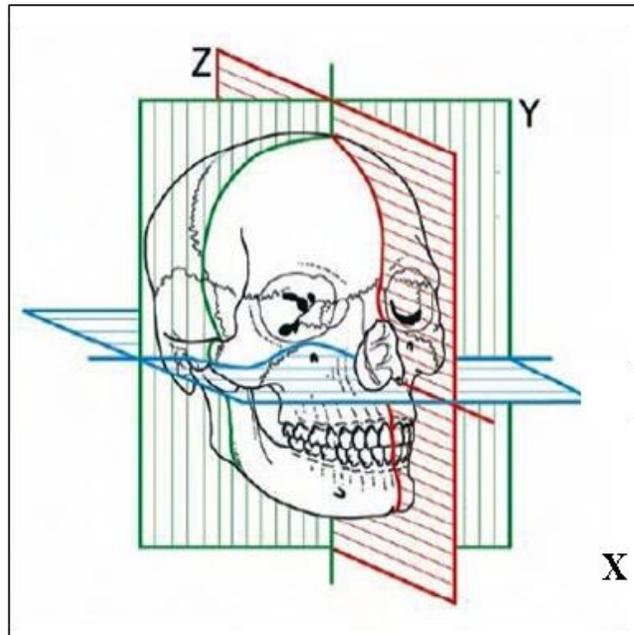


Figura 17. Planos espaciales de referencia, (Z) sagital, (Y) coronal y axial (X) (8)

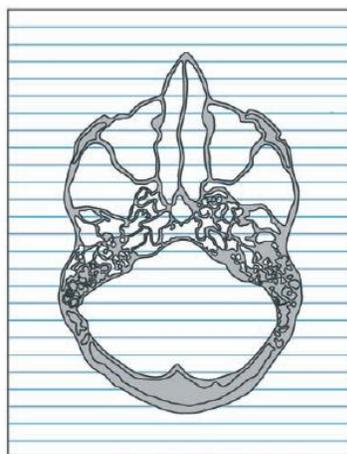


Figura 18. Plano axial. (8)

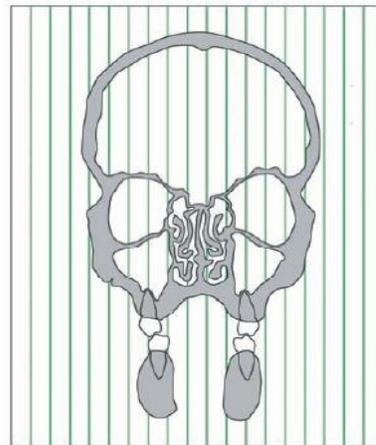


Figura 19. Plano coronal. (8)

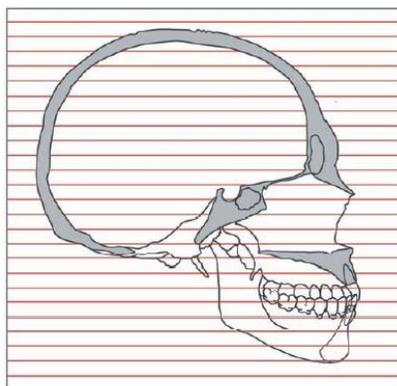


Figura 20. Plano sagital. ⁽⁸⁾

Para orientarse espacialmente, el radiólogo comienza, tomando referencias sobre un corte sagital de la cabeza completa, (una imagen muy similar a una radiografía lateral). Esta imagen lateral de la cabeza, le permite posicionar el plano de referencia, que es una línea que constituirá la base del bloque rectangular que contendrá la estructura de interés, en el maxilar suele emplearse como referencia el paladar duro, y en inferior la base del cuerpo mandibular. (Fig.21) ⁽⁸⁾



Figura 21. Corte inicial sagital de referencia, con posicionamiento del planomaxilar y mandibular. ⁽⁸⁾

Capítulo II Procesamiento de datos

2.1. Software de reconstrucción

Las imágenes de la tomografía computarizada multiplanar son muy útiles para la elaboración de diagnósticos, sin embargo, siguen siendo imágenes bidimensionales. Esto condujo a que numerosas investigaciones y progresos tecnológicos se aplicaron en la tomografía computarizada con el desarrollo de diversos software, o programas que reforman tienen los datos obtenidos en el estudio de la tomografía y los transforman en imágenes tridimensionales. Es así como desde finales de los años 80s, este software se han hecho populares para la planificación del tratamiento con implantes dentales. Algunos de estos son: Dental CT (Siemens Electric), DentaScan (General Electric), SIM/Plant (Materialise), MIMICS (Materialise).⁽²⁴⁾

En particular MIMICS (Materialise's Interactive Medical Image Control System), es un programa que trabaja con funciones de visualización de imágenes en tercera dimensión. Los datos de una tomografía que han sido guardados en un CD, en formato DICOM, pueden ser leídos por MIMICS, para reformatear los y de esta manera obteniendo diferentes tipos de reconstrucción de imágenes. (Fig.22)⁽²⁴⁾

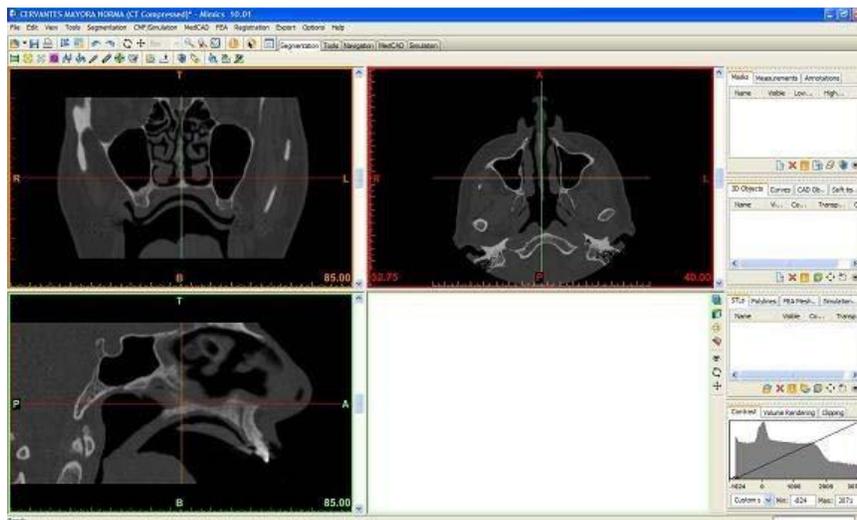


Figura 22. Reconstrucción de imagen formato DICOM

2.2. Formato DICOM

DICOM Vista 4.5 (Digital Imaging Communication in Medicine), es un sistema de visualización y manipulación de imágenes para Tomografía Computada y Resonancia Magnética. Funciona bajo el sistema operativo Microsoft Windows, requiere un procesador Intel de última generación, con al menos 64 Megabytes de memoria RAM, tarjeta gráfica de color real y lector de CD-ROM. ⁽²⁵⁾

Los archivos computacionales obtenidos en la tomografía tienen formato *DICOM*. (Fig.23) ⁽²⁵⁾

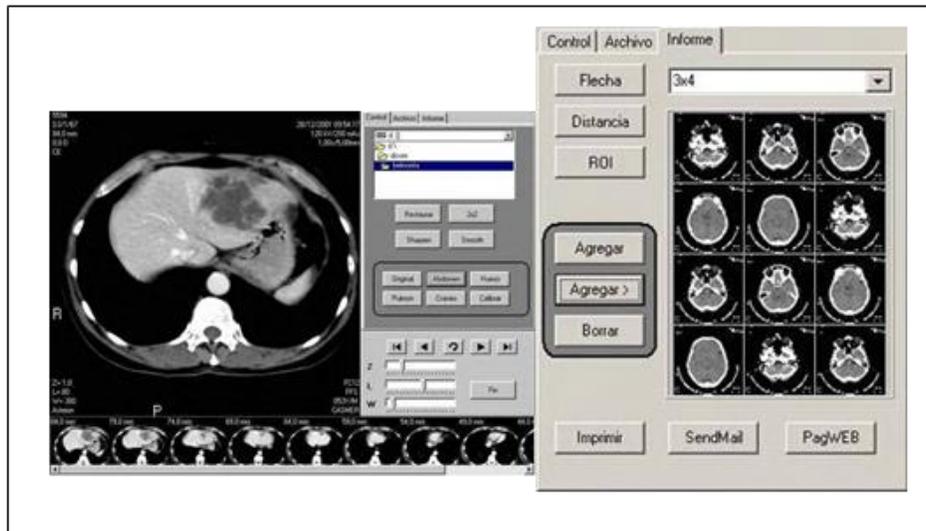


Figura 23. Representación del formato DICOM: ⁽²⁵⁾

Características del sistema DICOM

- 1- Presentación de las imágenes con todos sus datos anatómicos.
- 2- Muestra los iconos de las imágenes disponibles, permitiendo seleccionar una mediante el mouse.
- 3- Ajuste de ancho y nivel de ventana con 4 ventanas pre-programadas.
- 4- Zoom variable.
- 5- Exportación de imágenes a formato JPEG y BMP.
- 6- Medidas de ROI para áreas y densidad.
- 7- Medidas de distancia.
- 8- Permite copiar imágenes al portapapeles de Windows para utilizarlas en otras aplicaciones.
- 9- Envío de imágenes por e-mail.

- 10- Creación de páginas WEB con las imágenes del estudio.
- 11- Anotación de comentarios con flechas indicadoras.
- 12- Visualización de 1 o 4 imágenes en pantalla.
- 13- Visualización dinámica de imágenes.
- 14- Impresión multiformato compatibles con Windows o DICOM Print. ⁽²⁵⁾

2.3. Analizadores de datos

Los analizadores de datos, son programas de computación creados específicamente para la manipulación y reconstrucción de imágenes a partir del escaneo de la tomografía computarizada. (Fig.24) ⁽²⁵⁾

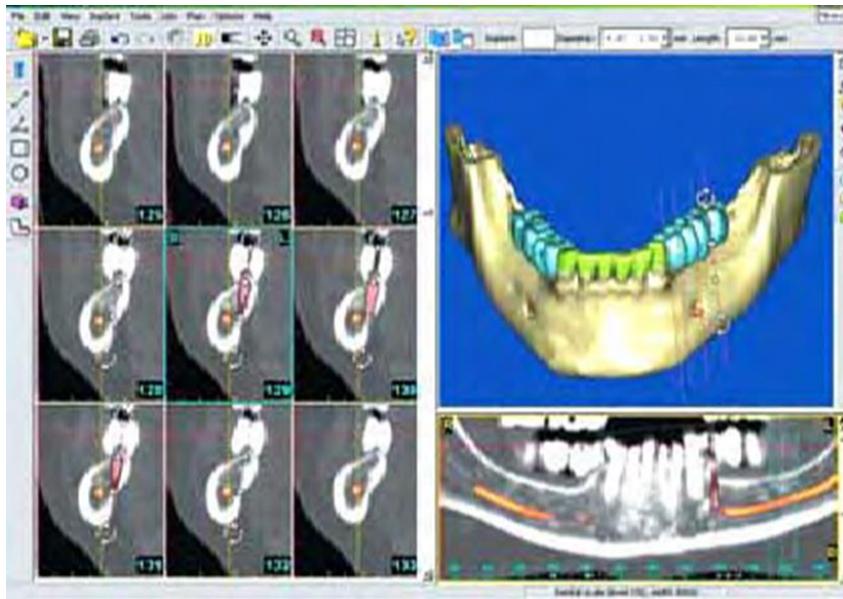


Figura 24. Imágenes topográficas en software, 3 ventanas, corte sagital (derecha), coronal (izquierda inferior) y 3D (izquierda superior) ⁽²⁵⁾

La diferencia entre estos tipos de software varía en las herramientas que se utilizan para diferenciar las estructuras de primordial importancia, escalas milimetradas, el número de ventanas, entre otras. ⁽²⁵⁾

El software, permite que los implantes sean planeados en dos y tres dimensiones, de esta manera despliega la visualización en el monitor de la computadora en cuatro ventanas. ⁽²⁵⁾

Un corte transversal, otra vista panorámica de la reconstrucción planeada mostrando la posición deseada de los dientes y el volumen del tejido. El espesor de la membrana del seno y la posición definida de la altura del hueso. ⁽²⁵⁾

Otra vista oblicua frontal, muestra la posición deseada del implante con base al volumen óseo y el óptimo perfil de emergencia del implante. ⁽²⁵⁾

Otra ventana muestra, la reconstrucción tridimensional permitiendo visualizar la verificación de la colocación del implante y su perfil de emergencia, observando estructuras anatómicas críticas. ⁽²⁵⁾

Cada cuadrante puede ampliarse hasta ocupar la pantalla entera. Con la habitual práctica de “botones” elegimos el lugar de trabajo, tipo de implante y orientación del mismo. El programa dispone de una “biblioteca” de implantes con todas las longitudes, diámetros y formas. Se “dibujará” el implante según el criterio del profesional, colocando el implante más adecuado, en la posición y orientación ideal. En la imagen 3D podemos ver cómo quedarían y realizar nuevos ajustes. También están disponibles otras aplicaciones como dibujar el nervio dentario, calcular el volumen óseo necesario en una elevación de seno, detección de interferencias y análisis de densidades óseas. ⁽²⁵⁾

2.4. Aplicación del software

Reconstruidas las imágenes, éstas se pueden manipular en cualquier dirección permitiendo su visualización desde cualquier orientación. Con esto, el especialista puede evaluar las características morfológicas del hueso de la zona elegida para los implantes y observar la estructura anatómica en relación con el seno maxilar, las fosas nasales, los trayectos neurovasculares, etc. (Fig.25) (Fig.26) ⁽²⁶⁾

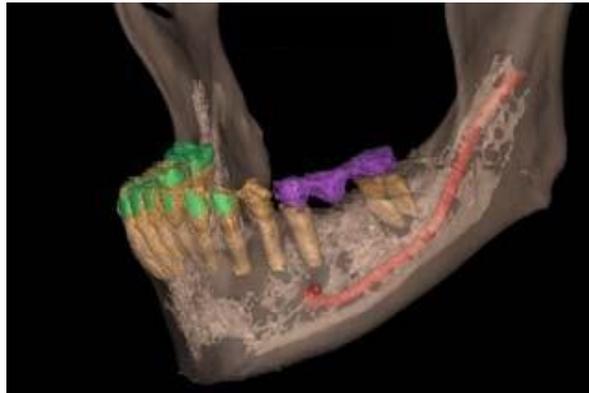


Figura 25. Guía para la implantación en la tomografía computarizada. ⁽²⁶⁾

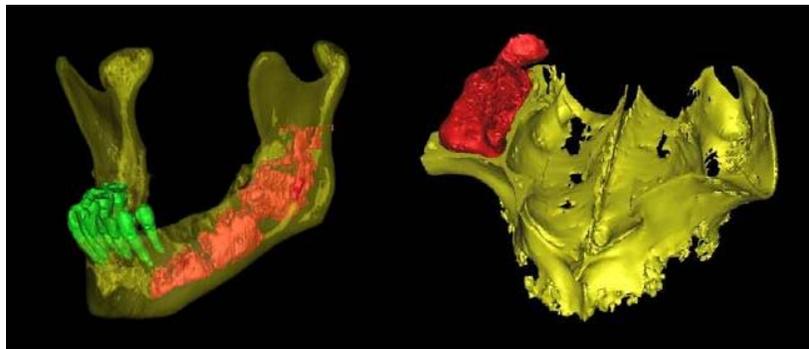


Figura 26. Guía anatómica para la colocación de implantes. ⁽²⁶⁾

También se pueden detectar las condiciones patológicas que puedan afectar la colocación de los implantes como por ejemplo: tumores, quistes, lesiones inflamatorias, fragmentos de dientes retenidos, etc. ⁽²⁶⁾

Estos software contienen herramientas que obtienen mediciones lineales exactas de los procesos residuales, en longitud y espesor y en relación a estructuras anatómicas; además, permite determinar la calidad del hueso receptor del implante

al realizar mediciones densitométricas que son expresadas en unidades Hounsfield. Las mediciones obtenidas se pueden comparar con los valores predeterminados que han sido clasificados como muestra la siguiente. (Tabla 4) ⁽⁵⁾

Densidad	Unidad Hounsfield
D 1	>1250
D 2	850-1245
D 3	350-845
D 4	150-345
D 5	<145

Tabla 4. Densitometría en unidades Hounsfield. ⁽⁵⁾

Otro aspecto importante es que permite planificar con gran precisión la estrategia quirúrgica debido a que se pueda determinar la habitación óptima de los implantes de forma virtual, dicho de otra forma, se pueden colocar cilindros en las imágenes que simulan los implantes y determinar su angulación, longitud y grosor, utilizando las herramientas que proporciona el mismo software. (Fig.27) ⁽²⁶⁾

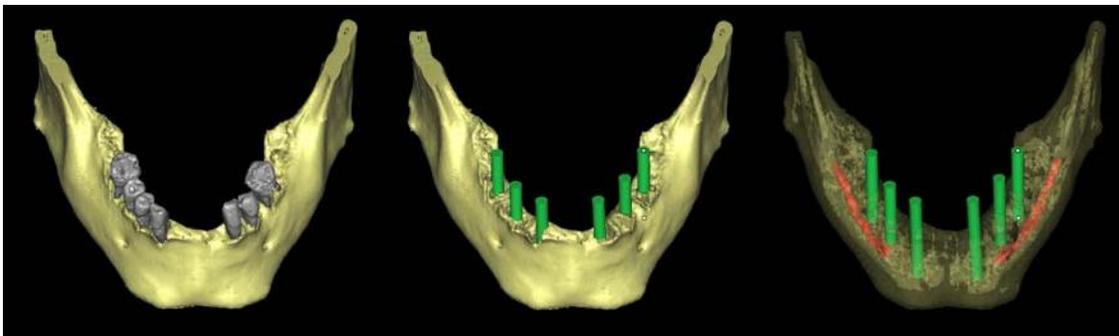


Figura 27. Planificación en colocación de implantes

De modo que la tomografía computarizada con ayuda de un software de reconstrucción es capaz de determinar los objetivos necesarios para el diagnóstico preimplantológico que son: ⁽²⁶⁾

- Identificar la existencia de procesos patológicos.
- Determinar la cantidad de hueso
- Determinar la calidad del hueso
- Identificar estructuras anatómicas críticas en la regiones propuestas para los implantes.
- Determinar la posición óptima de la colocación de los implantes. ⁽²⁶⁾

2.5. Obtención de modelos 3D

Otra ventaja que permite la tomografía computarizada y el software de reconstrucción es la posibilidad de realizar modelos atómicos tridimensionales exactos, al exportar los datos a un software de diseño y fabricación asistido por computadora (CAD-CAM), evitando de este modo la toma de impresiones al paciente. ⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾

Una de las técnicas para la fabricación de modelos tridimensionales es la estereolitografía (SurgiGuide, Materialise). (Fig.28) ^{(27) (28)}



Figura 28. Sistema computacional. ⁽²⁷⁾

Éste proceso ha sido utilizado ampliamente en diseño e ingeniería para la fabricación de piezas dentales a partir de programas computacionales. En odontología se ha utilizado especialmente en implantología, prótesis y cirugía maxilofacial. ⁽²⁷⁾

Los métodos para la fabricación de modelos tridimensionales se realizan en diversos materiales. Un método se realicen una máquina que consiste en una serie de instrumentos de corte que van formando el modelo a partir de un bloque de sulfato de calcio hasta ponerlo por completo, finalmente el modelo tallado se separa del bloque y se eliminan los excedentes punto en otro proceso se deposita y polimerasa una capa de polímero líquido por un láser dirigido por computadora, se colocan capas adicionales y se polimerizar hasta que se genera un modelo final.

La fabricación de estos modelos se realiza a partir de la información obtenida de una tomografía computarizada, por lo que se exactitud va a depender de la calidad del escáner de la tomografía, dónde es preciso que los cortes tomográficos se realicen a intervalos de 0.5 mm para poder realizar adecuadamente la reconstrucción tridimensional y el modelo real. (Fig.29) ⁽²⁹⁾

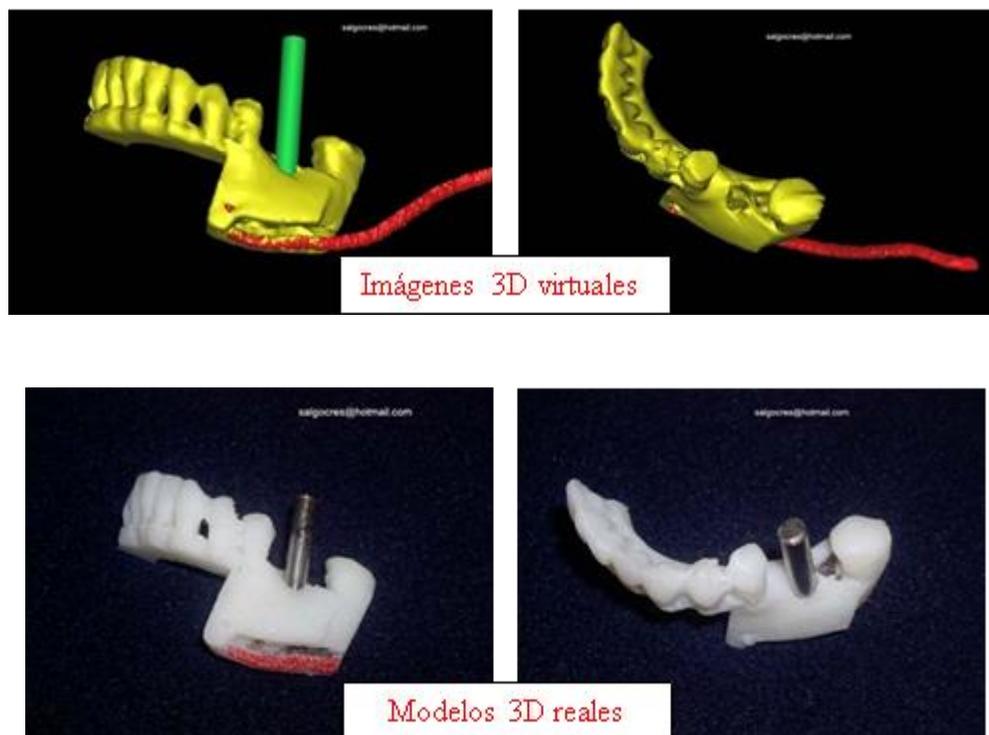


Figura 29. Imágenes 3D virtuales y modelos 3D reales obtenidos. ⁽²⁹⁾

Chois y cold. (2002), se volaron exactitud de estos modelos haciendo mediciones lineales de muchos juegos idénticos y observaron que estaba en el rango de 0.5mm. ⁽²⁹⁾

Éste modelo permite una visualización real de la condición de los maxilares, siendo un medio auxiliar útil, ya que se los datos anatómicos con esa actitud, lo cual permite planear con certeza la colocación de los implantes y los procedimientos de injerto, en caso de que sean necesarios, para lograr la cantidad de hueso adecuada. Finalmente a partir de este modelo se pueden realizar el diseño y la fabricación de guías quirúrgicas. ⁽³⁰⁾

Capítulo III Diagnóstico de tejido óseo y estructuras anatómicas para colocar implantes

3.1. Estructuras anatómicas en la colocación de implantes

Maxilar

Es un hueso par que se encuentra ubicado en la parte anterior y media del cráneo y conforma gran parte de la cara; morfológicamente es corto, cuadrilátero y simétrico, es un hueso neumático donde se encuentra el seno maxilar. Es una estructura compacta con pequeños islotes de tejido esponjoso en el proceso frontal donde se encuentran el proceso alveolar, este proceso se extiende desde el suelo de la cavidad nasal y el seno maxilar proporcionando un mínimo espacio para las raíces de los dientes. ⁽³⁰⁾

Para su estudio se divide en cara medial donde se encuentra el proceso palatino el cual presenta una cara superior lisa que forma el piso de la cavidad nasal y una cara inferior rugosa que forma parte del paladar óseo, el borde medial se une con el otro maxilar formando la cresta nasal que más adelante termina formando la espina nasal anterior, por detrás de este se observa un canal que con el otro maxilar forma el canal incisivo donde pasa el nervio y la arteria naso palatina. El borde anterior forma parte de las cavidades nasales y el borde posterior se articula con la lámina horizontal del hueso palatino. El proceso palatino divide a la cara medial en dos, la porción suprapalatina donde se encuentra el seno maxilar y la porción infrapalatina que forma parte de la bóveda palatina donde se notan algunas irregularidades que dan inserción de la mucosa bucal. (Fig.30) ⁽³¹⁾

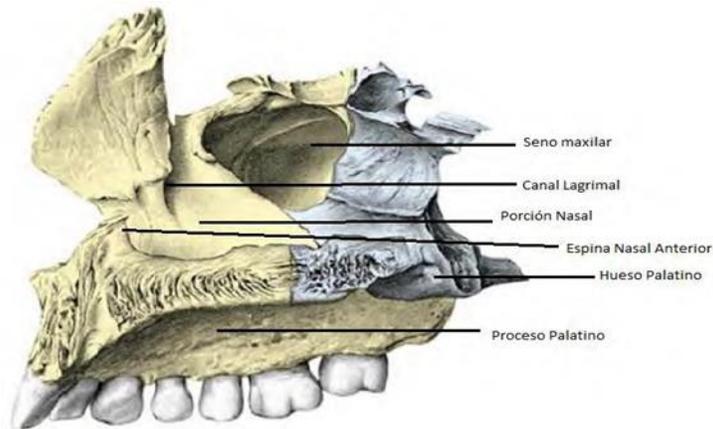


Figura 30. Cara media. ⁽³²⁾

En la cara lateral en su parte anterior por encima de la implantación de los incisivos se observa una depresión llamada fosa canina, limitada por una saliente llamada eminencia canina, por detrás y superior a esta eminencia se observa el proceso cigomático que se une por su base al resto del hueso, del proceso cigomático podemos destacar la cara posterior donde presenta forámenes alveolares destinados a los nervios alveolares y arteria alveolar posterior; de la cara anterior del proceso presenta un foramen terminación del conducto infraorbitario del cual emerge un nervio del mismo nombre. (Fig.31) ⁽³⁰⁾

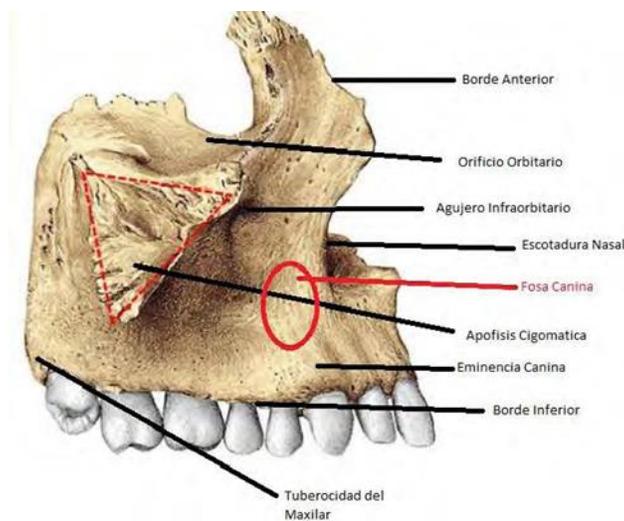


Figura 31. Vista lateral. ⁽³²⁾

El maxilar presenta 4 bordes, de estos destaca el borde inferior donde se encuentran los alveolos dentarios, ahí se encuentran las raíces de los dientes y esta relación depende de la distancia que existe entre el ápice con el piso deseno maxilar y piso nasal, en la vista inferior podemos apreciar el agujero nasopalatino, la sutura nasopalatina donde se unen ambos maxilares, el huesopalatino que se une por su cara posterior al hueso y los agujeros palatinos. (Fig.32) ⁽³¹⁾

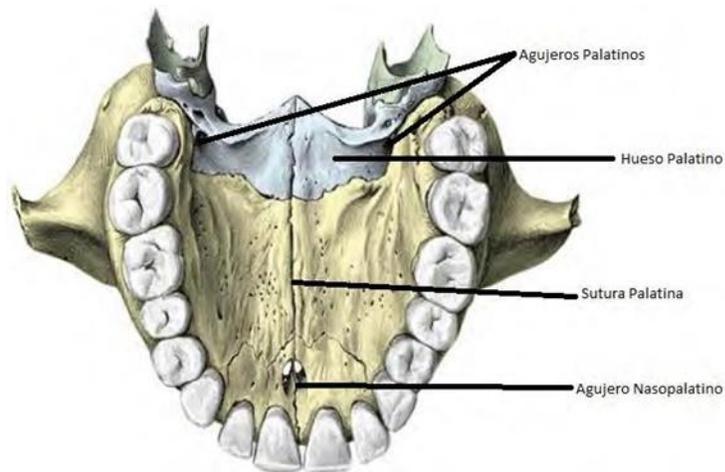


Figura 32. Vista inferior. ⁽³²⁾

Mandíbula

Hueso impar, compacto y simétrico situado en la parte inferior de la cara de forma cóncava hacia atrás, para su estudio se describe un cuerpo y dos ramas pero en nuestro contexto se estudia principalmente el cuerpo que es donde se encuentran las estructuras más importantes, este se encuentra constituido por una parte basal sobre la cual descansa la porción alveolar que se extiende hasta la sínfisis del mentón, existe una cortical que delimita la cara externa y la cara lingual o interna que en su interior estará constituida por tejido esponjoso entre dos láminas de hueso compacto, dentro del tejido esponjoso se encuentra un canal que tiene entrada a nivel medio de la rama llamada língula una pequeña eminencia ósea, este canal va a recorrer el cuerpo de la mandíbula hacia abajo llevando consigo al nervio mandibular junto con la arteria del mismo nombre, en esta cara interna podemos

observar la línea oblicua interna o milohioidea, esta línea divide en dos partes una superior o bucal que corresponde a la fovea que aloja la glándula sublingual y la porción por debajo de la línea milohioidea la cual va a presentar una depresión llamada fosa submandibular que aloja la glándula submandibular, esta glándula se encuentra relacionada con el nervio lingual ya que su conducto excretor se encuentra cercano al nervio. (Fig.33) ⁽³¹⁾

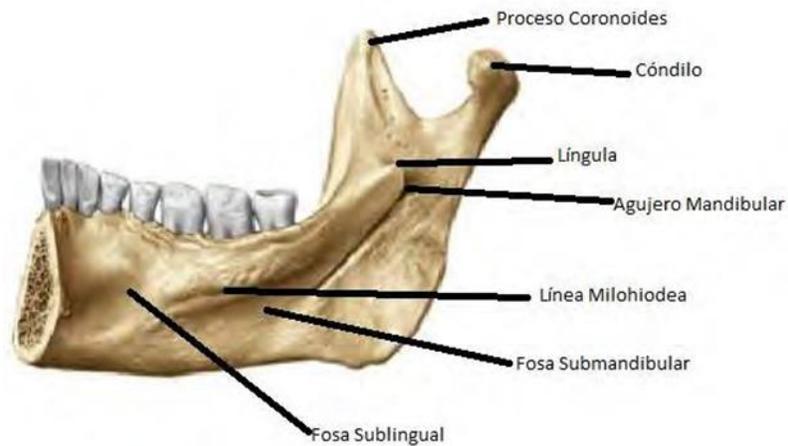


Figura 33. Vista interna. ⁽³²⁾

En una vista lateral y continuando el agujero mandibular que recorre la mandíbula hasta situarse entre el hueso compacto lingual y el vestibular a la altura del primero y segundo premolar el nervio sobresaldrá por un agujero o canal mentoniano para dar origen al nervio mentoniano que dará inervación al periostio y partes blandas mandibulares. (Fig.34) ⁽³⁰⁾

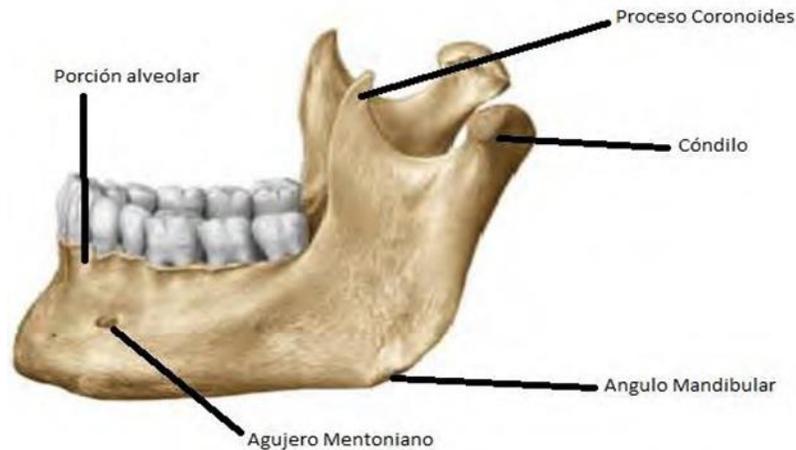


Figura 34. Vista lateral ⁽³²⁾

En el borde inferior del cuerpo mandibular y cercano a la línea media encontraremos la fosa digástrica donde se inserta el vientre anterior del digástrico y superior a la fosa se ubica el proceso alveolar donde se encuentran alojados las raíces de los órganos dentarios que se encontraran inclinados hacia dentro en relación con el eje vertical del cráneo lo que nos indica en relación a la pared alveolar con el hueso cortical que es más grueso en lingual. ⁽³²⁾

Por ultimo tenemos las ramas mandibulares que son dos láminas unidas al cuerpo y van a presentar una cara media, otra lateral y 4 bordes, la cara lateral presenta rugosidades para la inserción del músculo masetero y la cara medial se puede observar la línigula donde se encuentra el foramen mandibular que es penetrado por el nervio mandibular y la arteria alveolar inferior, por último el borde anterior se ensancha hacia abajo formando una depresión que corresponde a la glándula parótida y el borde superior que presenta la apófisis coronoides y el cóndilo que se articula a la fosa mandibular del temporal. (Fig.35) ⁽³⁰⁾

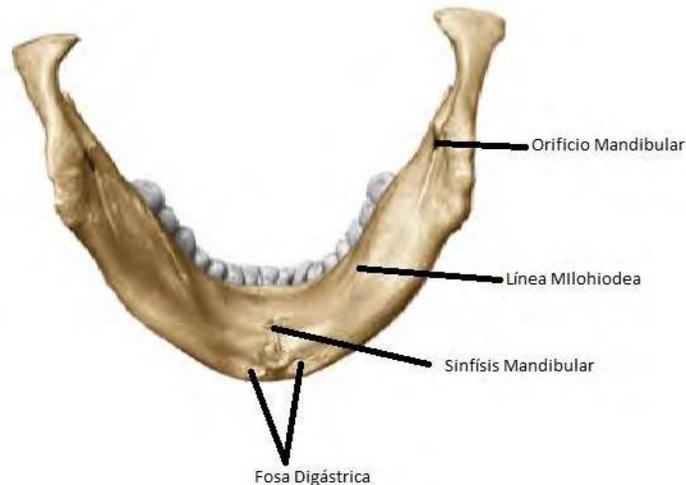


Figura 35. Vista inferior ⁽³²⁾

Hueso alveolar

Corresponde a la porción de hueso ya sea maxilar o mandibular que rodea los alveolos dentarios, estos procesos alveolares se van a ir desarrollando conforme los dientes adquieren la forma al momento de la erupción y es muy fino con múltiples y muy pequeñas perforaciones por donde pasan vasos sanguíneos, nervios y vasos linfáticos, la irrigación e inervación proviene de las arterias maxilares, estas originan a las arterias intratabicales que van en forma recta por los tabiques alveolares interdentarios e interradiculares y sus ramas terminales llamadas arterias perforantes atraviesan por numerosos forámenes la lámina cribiforme y por el ligamento periodontal. ⁽³³⁾

Es una variedad de tejido conectivo y se encuentra constituido por células y matriz extracelular (60% sustancia mineral, 20% agua y 20% componentes orgánicos), esta parte del hueso sirve para fijar al diente y los tejidos blandos de revestimiento, ayuda a eliminar las fuerzas generadas por contactos entre los dientes y masticación. ⁽³¹⁾

El hueso alveolar se divide en áreas anatómicas llamadas alveolos que funcionan como una unidad relacionando todas las partes en el soporte de los dientes. El

proceso alveolar estar formado por hueso esponjoso y compacto siendo el compacto quien forma parte de las porciones vestibulares y linguales de los alveolos mientras que el hueso esponjoso rodea la cortical alveolar en zonas apicales e interradiculares. (Fig.36) ⁽³³⁾



Figura 36. Hueso alveolar, mandíbula (izquierda) maxilar (derecha). ⁽³⁴⁾

3.2. Tejido óseo

La disponibilidad de tejido óseo es particularmente importante en la implantología, ya que es uno de los factores más substanciales para determinar si un paciente es candidato a recibir un implante dental, así la cantidad como calidad ósea tienen una estrecha relación para la obtención de la estabilidad primaria la cual determinará el éxito de la oseointegración así como determinará el plan de tratamiento a realizar. ⁽¹⁷⁾

Altura ósea

La altura disponible ósea se mide desde la cresta del reborde alveolar hasta los límites anatómicos opuestos de manera que una distancia conveniente existente será de 1 a 2mm con relación a estos límites. ⁽¹⁷⁾

Los límites anatómicos a considerar son:

- ❖ Las regiones anteriores se encuentran limitadas por las fosas nasales en el maxilar superior y por el reborde inferior de la mandíbula.

- ❖ Las regiones anteriores de ambos maxilares tiene la mayor altura, debido a que el seno maxilar y el nervio dentario inferior limita en esta dimensión en las áreas posteriores.
- ❖ La región de la zona canina ofrece la mayor altura de hueso disponible en la zona anterior del maxilar superior.
- ❖ En las regiones posteriores cenamos maxilares habitualmente hay más disponibilidad de hueso en altura en la zona del primer premolar que en el segundo, el cual, a su vez, posee más altura que la zona molar debido a la morfología cóncava del suelo del seno maxilar. ⁽¹⁷⁾

Anchura ósea

La anchura ósea disponible para la inserción del implante se mide entre las paredes bucales y linguales del proceso alveolar. Se determina la tomografía computarizada la cual nos proporcionará imágenes adecuadas para medir la anchura y para establecer la longitud del implante. ⁽¹⁷⁾

Forma ósea

La forma ósea se refiere a la forma del reborde alveolar este influye en la selección del cuerpo del implante y a la trayectoria del mismo ya que la anatomía del reborde es variable en cada zona, La forma del hueso puede modificarse mediante injertos óseos o alveoloplastía. ⁽¹⁷⁾

Longitud ósea

La longitud del hueso es la distancia desde un punto del reborde alveolar hasta otro en dirección mesio-distal. ⁽¹⁷⁾

3.3. Calidad ósea

La estructura interna del hueso se describe en términos de calidad ósea o densidad ósea, esta estructura interna y externa controla prácticamente cada punto en la práctica de la implantología dental ya que la densidad ósea disponible en un área edéntula es factor determinante en el plan de tratamiento, el diseño del implante, la técnica de colocación, el tiempo de cicatrización y la carga protésica. ⁽³³⁾

Se debe de entender que tanto maxilar como mandíbula tienen funciones diferentes ya que la mandíbula está diseñada como una unidad de absorción de fuerza por lo que su cortical ósea externa es más gruesa y densa al igual que el hueso trabecular, mientras que el maxilar es una unidad de distribución de fuerza por lo que cualquier tensión ejercida se transfiere por el arco cigomático y el paladar, como consecuencia el maxilar tiene una tabla cortical delgada y un hueso trabecular fino, este hueso cortical y trabecular con el paso del tiempo se ven constantemente modificados por el remodelado que es un proceso de formación y reabsorción en la misma área dando como resultado un cambio en el tamaño del hueso incluyendo regiones donde se perdieron dientes. La relación de densidad es muy importante ya que en base a esta sabremos si la calidad y la porosidad del hueso son buenas para ser receptoras de un implante. ⁽³³⁾

3.4. Clasificación de la calidad ósea de Lekholm y Zarb

Uno de los sistemas utilizados para clasificar la calidad ósea de un sitio edéntulo fue propuesta por Lekholm y Zarb en 1985, esta clasificación se divide en cuatro tipos los cuales son. (Tabla 5) ⁽³⁵⁾ ⁽³⁶⁾

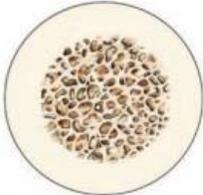
<p>Tipo 1: Casi el total del hueso de la arcada está compuesto de hueso compacto</p>	 <p>HUESO DENSO</p>
<p>Tipo 2: Una capa gruesa del hueso cortical rodea un núcleo de hueso trabecular denso</p>	 <p>HUESO DE DENSIDAD MEDIA</p>
<p>Tipo 3: Una capa fina del hueso cortical rodea un núcleo de la trabécula ósea densa.</p>	 <p>HUESO DE DENSIDAD MEDIA</p>
<p>Tipo 4: Una capa fina del hueso cortical rodea un núcleo de la trabécula ósea de densidad baja.</p>	 <p>HUESO DE DENSIDAD BAJA</p>

Tabla 5. Calidad Ósea de Lekholm y Zarb ⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾

Una cantidad y densidad suficientes de hueso receptor es primordial para el éxito de un implante, que puede ser no exitoso debido a la inestabilidad ósea. ⁽¹⁷⁾

3.5. Clasificación de reabsorción ósea de Lekholm y Zarb

Después de la pérdida de un órgano dentario el hueso sufre una reabsorción natural Lekholm y Zarb describieron una clasificación del hueso de los maxilares basado en su configuración, usada para analizar el anclaje del implante. ⁽⁵⁾⁽¹⁷⁾

Clasificación de la reabsorción de la maxila y mandíbula edéntula. (Fig.37) ⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

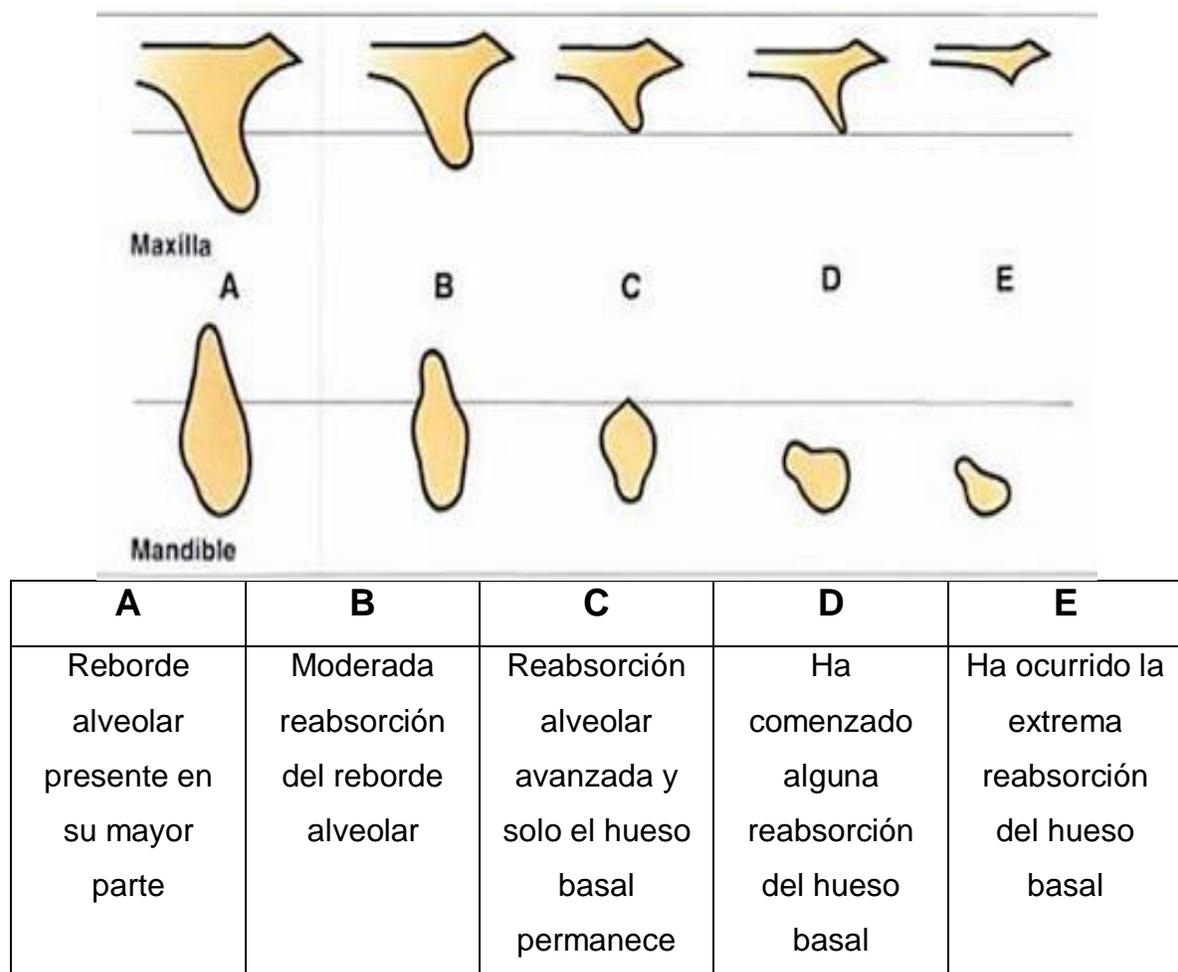


Figura 37. Clasificación de reabsorción ósea de Lekholm y Zarb. ⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

3.6. Clasificación ósea de Misch

En 1990 Misch propone una clasificación de hueso al igual que Lekholm y Zarb con base a la cortical y al espesor trabecular, además agrego la localización más común de estas en las distintas regiones del maxilar. Su condición favorable es determinada por dos estructuras óseas diferentes (compacta y esponjosa) y se subdivide para su análisis en cuatro categorías dependiendo de su condición para el anclaje de los implantes dentales. (Tabla 6) ⁽¹⁷⁾⁽³⁷⁾.

Tipo	Clasificación	Localización	Ventajas	Desventajas
D1	Hueso compacto denso	Zona mandibular anterior	Buena estabilidad primaria y gran área de contacto entre el hueso y el implante	Reducida irrigación sanguínea, escasa altura ósea y dificultad para la preparación del lecho del implante
D2	Hueso compacto denso y poroso-esponjosa con trabeculado densa	Zona maxilar anterior y Zona mandibular posterior	Buena estabilidad primaria, buena tendencia a cicatrización y preparación sencilla del implante	Ninguna

D3	Hueso compacto fino y poroso-esponjoso con trabeculado fino	Zona maxilar anterior y zona maxilar posterior	Buena irrigación sanguínea	Dificultad para preparar el lecho del implante, necesidad de aprovechar al máximo el hueso existente y presenta disminución de área de contacto entre implante y hueso
D4	Esponjosa con trabeculado	Zona maxilar posterior	Ninguna	Dificultad para preparar el lecho del implante, necesidad de aprovechar al máximo el hueso existente y presenta disminución de área de contacto entre implante y hueso

Tabla 6. Clasificación de Misch de las distintas calidades de hueso alveolar y la frecuente localización. ⁽¹⁷⁾

Con la llegada de nuevos avances tecnológicos en el diagnóstico radiográfico se abrió un nuevo horizonte en el análisis de la calidad ósea, gracias a que con estos podemos realizar no solo una apreciación visual, sino que podemos validar la calidad de hueso mediante Unidades Hounsfield (HU), dado que cada vóxel (volumen del pixel) contiene una cantidad determinada de HU que está en relación con la densidad de los tejidos. Misch aprovechó esta información para complementar su anterior clasificación, correlacionando HU con y la densidad táctil en el momento del fresado. (Tabla 7) ⁽³⁷⁾

Tipo	Unidades
D1	+1250 HU
D2	850-1250 HU
D3	350-850 HU
D4	150-350 HU
D5	-150

Tabla 7. Tipo de hueso medido en unidades Hounsfield en donde 1250 equivale a mayor densidad 150 a una baja densidad ósea. ⁽³⁷⁾

3.7. Implantes dentales

La implantología ha formado parte del desarrollo de la Odontología haciéndose presente al momento de querer rehabilitar y sustituir uno o múltiples órganos dentarios perdidos por diferentes factores como pueden ser caries, enfermedad periodontal o traumatismo, etc. ⁽⁵⁾

Los inicios en cuanto a la investigación de implantes comenzaron cuando en 1960 Branemark y cols. desarrollaron un implante que para su función dependía del anclaje óseo directo u oseointegración, ellos realizaron experimentos en animales descubriendo que era posible establecer este anclaje; aunque la idea para esa época no fue bien aceptada debido a la falta de evidencia por limitantes metodológicas, por lo tanto las evidencias histológicas eran indirectas; posterior a esto Schroeder a mediados de la década de 1970 utilizó técnicas desarrolladas para cortar hueso demostrando el contacto directo existente entre hueso e implante. ⁽³⁵⁾

Al conocerse esta relación entre implante y hueso se determinó que existían una serie de factores básicos necesarios para obtener la oseointegración, tales como:

- ❖ La biocompatibilidad.
- ❖ El diseño.
- ❖ Las condiciones de la superficie del implante.
- ❖ **El estado del lecho o huésped.**
- ❖ La técnica quirúrgica de inserción.
- ❖ La carga aplicada después de la implantación. ⁽³⁵⁾

Los implantes en forma de tornillo, son los más usados en la práctica para la rehabilitación de algún diente. Están compuestos de tres partes que son la plataforma del implante, el cuerpo o porción media y el ápice que es la punta o extremo final. (Fig.38) ⁽³³⁾



Figura 38. Implante en forma de tornillo. ⁽³⁶⁾

Consideraciones para la colocación de implantes

Para conocer las condiciones ideales que debe de presentar un paciente candidato a un implante dental, es necesario realizar estudios previos y tomar en cuenta los factores que pueden poner en riesgo el tratamiento. Es básico el realizar una historia clínica médica y un estudio dental completo que nos proporcione el estado de salud sistémico y bucal del paciente, respectivamente. Esto con la finalidad de identificar enfermedades y otras situaciones como una configuración anatómica desfavorable que no permitan la colocación del implante, o sean factores de riesgo

para la periimplantitis o el fracaso del procedimiento, es decir se debe de realizar una valoración del riesgo. ⁽³⁶⁾

Consideraciones anatómicas

Anatómicamente las zonas de interés para la colocación de un implante en maxilar y mandíbula se pueden dividir en anterior y posterior. En la zona posterior de la mandíbula en su cara interna a nivel de molares y premolares presenta desniveles linguales donde se inserta el musculo milohiideo y corre la arteria milohiidea y submentoniana por lo que deben de considerarse al momento de preparar el lecho ya que si se rompe la cortical lingual puede causar una hemorragia difícil de controlar. ⁽³⁶⁾

En la zona mandibular anterior se encuentran el foramen o agujero mentoniano el cual debe de ser localizado con exactitud ya que por su recorrido al momento de hacer el colgajo podría producir parestesia temporal en la zona del mentón, se debe de tomar en cuenta la colocación de implantes en la zona interforaminal cuando existen aún dientes adyacentes y se debe de considerar que la colocación de estos implantes no debe de ser más profundo que los ápices porque se puede dañar el nervio incisivo y producir parestesia en esa zona. Por ultimo esta zona de la mandíbula también puede presentar un desnivel en la parte lingual que si no se toma en cuenta y se perfora puede producir daño a arterias importantes como como la submentoniana, submandibular y sublingual. (Fig.39) ⁽³⁶⁾



Figura 39. Zona anterior (1) y zona posterior (2) de mandíbula. ⁽³⁶⁾

En la zona anterior maxilar se encuentra el piso de las fosas nasales, el cual no debe de ser sobrepasado por el implante. El haz neurovascular nasopalatino que se localiza a un centímetro aproximadamente posterior a la papila incisiva debe de ser tomado en cuenta para no lesionar el nervio o la arteria del mismo nombre, si este haz es dañado complica el manejo durante la fase quirúrgica. ⁽³⁶⁾

En el maxilar posterior encontramos al seno maxilar el cual representa la estructura más importante de esta zona en donde se debe de tener un margen de seguridad de uno a dos milímetros, en esta parte se debe de considerar el tipo de hueso y la neumatización porque estas condiciones podrían desfavorecer la estabilidad del implante. (Fig.40) ⁽³⁶⁾

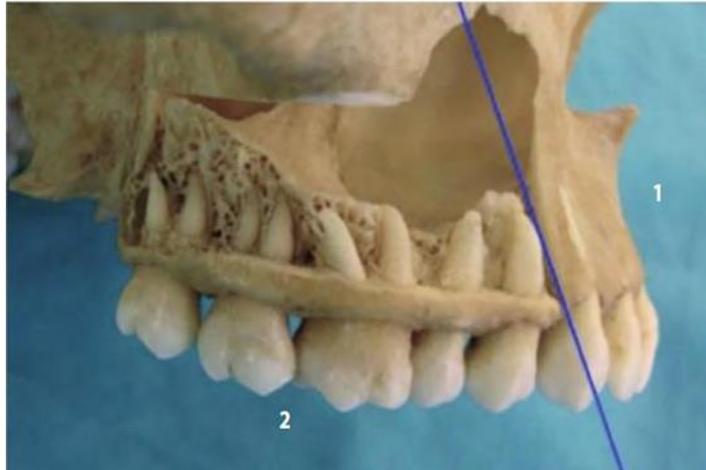


Figura 40. Zona anterior (1) y zona posterior (2) del maxilar. ⁽³⁶⁾

Posicionamiento óptimo del implante

La posición tridimensional del implante está determinado por dos aspectos, uno el restaurador el cual debe permitir la restauraciones estéticas y el otro es el biológico el cual el implante debe mantener la salud del tejido óseo así como el tejido blando. ⁽³⁷⁾

Además el posicionamiento del implante se observa en tres dimensiones las cuales distinguen dos zonas en cada dimensión: una zona de confort y una zona de peligro las cuales deben ser consideradas y previstas para el posicionamiento final del implante. Existen tres dimensiones en las cuales estará posicionado el implante. ⁽³⁷⁾

Mesio-distal

La cantidad de hueso disponible en sentido mesio-distal es un factor indispensable ya que influenciara la selección del tipo y diámetro del implante, además será determinado si implante será colocado continuo a un diente o a un implante. El punto de referencia para medir las distancias mesio-distales un implante es el hombro ya que es la parte más voluminosa, es necesaria una distancia mínima de

1.5 mm de nivel óseo entre el hombro del implante y el diente adyacente, para la colocación de múltiples implantes es importante tener distancia del nivel óseo mínimo de 3mm entre cada implante y estas medidas están dentro de la zona de confort. (Fig.41) ⁽³⁷⁾



Figura 41. Posición ideal del implante en sentido mesio-distal. ⁽³⁷⁾

Buco-lingual

Para asegurar la estabilidad del tejido blando y duro la pared ósea en sentido buco-lingual debe presentar una zona de confort con un volumen mínimo de 1mm de tal forma que prevenga dehiscencias en la cortical. La deficiencia en la amplitud buco-lingual debe identificarse antes de la colocación del implante y si es así realizar un aumento óseo. (Fig.42) ⁽³⁷⁾

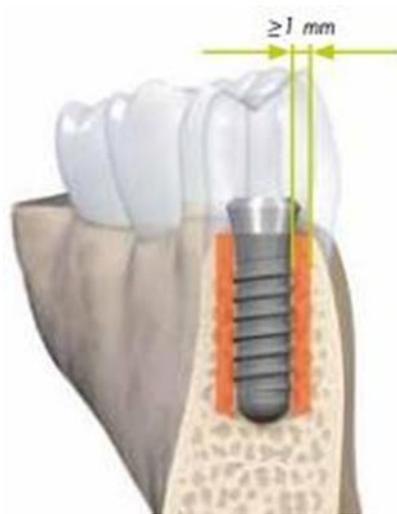


Figura 42. Posición ideal de implante en sentido buco-lingual. ⁽³⁷⁾

Corono-apical

En posicionamiento corono apical está influenciado en función de la anatomía individual. El implante dental debe ser colocado en la zona confort a una distancia alrededor de 1 mm de apical a la unión cemento-esmalte del diente contralateral, sin embargo esto sólo es válido para los dientes que no presentan pérdida de tejido periodontal. (Fig.43) ⁽³⁷⁾

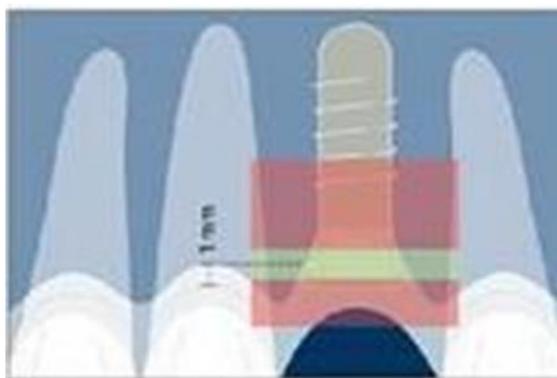


Figura 43. Zona de confort del posicionamiento corono-apical. ⁽³⁷⁾

Conclusiones

Todas las técnicas radiográficas aportan información para el diagnóstico en una valoración para la colocación de implantes dentales, pero no todas son capaces de proveer esa información la cual es necesaria para brindar un tratamiento de calidad.

El estudio para la colocación de implantes dentales requiere la identificación morfológica del sitio receptor con la mínima distorsión posible, además de proporcionar datos que determinen la calidad del hueso sobre el que se desea de actuar.

Simular la colocación de los implantes de forma virtual por medio de los software permiten una mayor predictibilidad de los casos, concediendo así la posibilidad de realizar modificaciones en el plan de tratamiento, con el fin de conseguir resultados satisfactorios, antes de someter al paciente a una cirugía.

Los estudios de la tomografía computarizada incorporados a programas de reconstrucción se han convertido en una de las técnicas de elección, ya que han demostrado proveer una mayor información en el momento del diagnóstico, de esta forma se evitan complicaciones durante los procedimientos quirúrgicos, como perforaciones de seno maxilar o lesiones de estructuras nerviosas, que pudieran comprometer seriamente el resultado del tratamiento

La densidad ósea que nos proporciona la tomografía computarizada es de gran importancia para la planeación de los implantes dentales, permitiendo de esta manera una valoración completa para poder decidir si cada paciente es o no candidato a ellos, ya que la densidad ósea será la que nos permita preparar el lecho del implante y determinar si el sitio es óptimo para la colocación.

Bibliografía

- 1) Rothman S.L Dental applications of Computerized tomography Surgical planning for implant placement. Editorial Quintessence, 1998 P. 3-8
- 2) Guerrero M. Eugenia. State of the art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. 2022
- 3) Byron W. Benson. Presurgical radiographics planning for dental implants. Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. 2011. 751-61.
- 4) Almog D.M. Computerized tomography-based imaging and surgical guidance in oral implant. The journal of oral implantology. 2006; 32,1. 14-18
- 5) Misch C. Dental Implant Prosthetics. St. Louis, Missouri. Elsevier. 2 edition 2015. pp1 – 46.
- 6) Sarment DP. Shammari KA. Kazor CE. Stereolithographic surgical templates for placement of dental implants in complex cases. The I. Journal of periodontics & Restorative dentistry. Vol 23, Num. 3 2013. pp 287- 295
- 7) Tardieu FB. Vrielinck L. Escolano E. Henne M. Tardieu AL. Computer-assisted implant placement: scan template, simplant, surgiguide, and safe system. The international journal of periodontics & restorative dentistry. 27-2,2017 pp 141-149.
- 8) Glaria BI. Sim-plant, Programa radiológico, de planeamiento en implantología. Information & communication Technologies in Healthcare development. 2014.
- 9) Freitas A. Radiología Odontológica. 1a edición, Ed Artes Médicas. 2012 pp 4-7
- 10) Sethi A., Kaus T. Practical implant dentistry, 1a. ed. Editorial Quintessence, 2005
- 11) Chiapasco M., Romeo E. Rehabilitación implantosoportada en casos complejos, ed. Amolca, 2018, Pp 11-22
- 12) Gutierrez J.L., Perez M.G. Integración de la implantología en la práctica odontológica. Madrid. 2020 Ed. Ergon 23-27

- 13) Najarro DJ, Sakakura E.C, Gulnara S.A Survey of radiographic measurement estimation in assessment of dental implant length. The Journal of oral implantology, 2007;33,4 ProQuest medical library pp 186-190
- 14) Urzúa NR. Técnicas radiográficas y Maxilofaciales. Ed. Amolca 2005, 235-289.
- 15) González R. J. et al. Tomografía computarizada. Ed. Paraninfo. 2012. pp 17-29.
- 16) Álvarez Pedrosa C., Casanova Gómez R., Diagnóstico por imagen, tratado de radiología clínica. Vol. I 2ª ed. Editorial McGraw Hill Interamericana, 2012. pp 83
- 17) Spickerman H. atlas de Implantología. Barcelona, ed. Masson 2011, 106-109.
- 18) Aaga J.R. Lanzlerl C.F. Gilkeson R.C., TC y RM Diagnóstico por imagen del cuerpo humano. Vol. I 4ta ed. Editorial Elsevier. 2014. Pp: 2-33.
- 19) White S., Pharoah M. J., Radiología oral principios e interpretación. 4ª ed. Editorial Harcourt S.A. 2012. pp: 217-231.
- 20) Cicero D.J. Waldemar D.P. Implantes oseointegrados, cirugía y prótesis. Ed. Artes Médicas Latinoamérica. 2013. pp: 36-51
- 21) Known PH, Laskin DM, Manual clínico de Cirugía oral y maxilofacial. Ed. Amolca. 2013 47-52
- 22) Arana-Fernández E, Buitrago PV, Benet I, Tobarra EP, RCOE. Tomografía computarizada: introducción a las aplicaciones dentales. Vol. 11 tomo 3. Madrid 2016.
- 23) Parks, T. E. Basic principles of computed tomography. Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. Vol. 13 N° 4 Nov 2011.
- 24) Miles D. A., Madero S. Clínicas Odontológicas de Norteamérica, Aplicaciones de las distintas modalidades de

- imagen digital en Odontología. Vol. II. Editorial McGraw-Hill. 2020. pp: 403-445.
- 25) Sarmient D. Tomografía Computarizada de Haz Cónico. Ed Amolca, 2017.
 - 26) James J. Abrahams, MD. Dental CT images: a look at the jaws, Radiology 2017; 219: 334-345.
 - 27) Matos D. Manual de prótesis sobre implantes, pasos clínicos y laboratoriales. Editorial Artes Médicas Latinoamérica. 2007, pp: 19-30.
 - 28) Rodríguez-Tizcareño M. H. Fundamento estéticos para la rehabilitación con implantes oseointegrados. Editorial Artes Médicas Latinoamérica. 2016, pp: 32-48.
 - 29) Jiménez R, Benavides A. La estereolitografía en la Facultad de Odontología de la UNAM. Revista Odontológica Mexicana, 2015; 9:48-50.
 - 30) Fuentes R, De Lara Galindo S. Anatomía Humana General Edit. Trillas México D.F. 1997 Vol. 1 pp29
 - 31) Díaz H. Anatomía de la Cabeza con Enfoque Odontoestomatológico Edit. Médica Panamericana Madrid Tercera Edición 2001 50 – 57. Peñarrocha R. Implantología Oral. Ars Médica. 2021. pp19-29
 - 32) Netter F. Atlas of human anatomy. Sixth edition. Philadelphia, Pennsylvania Saunders. 2014.
 - 33) Carranza F. Periodontología Clínica. México. McGraw-Hill Educación. 2010. pp1072- 1118.
 - 34) Lindhe J. Periodontología Clínica e Implantología Odontológica. Panamericana Cuarta Edición 2012. pp845-862.
 - 35) Devlin H, Nishimura I. Oral and Cranial Implants. Springer Heidelberg. 2013. pp15-17.
 - 36) Monteagudo C, Vargas A, Yañez B. Periodontología e Implantología. México D.F. Editorial Panamericana. 2016. pp380 – 403.
 - 37) Lanucci J. Howerton L. Radiografía Dental Principios y Técnicas. 4ta edición. Caracas Venezuela. Amolca. 2013. pp 312 – 313.