



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EL IMPACTO DE LA FOTOGRAMETRÍA EN 3D EN EL
TRATAMIENTO DE ORTODONCIA.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

LAURA JACQUELINE ROMERO PINTOR

TUTORA: Esp. FABIOLA TRUJILLO ESTEVES

MÉXICO, Cd. Mx.

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A mis padres por ser mi pilar de vida, porque sin ellos no sería, ni hubiera logrado terminar ésta etapa de mi vida, por darme tanto e incluso hasta lo imposible con tal de cumplir uno de mis sueños. A mi mamá Yolanda por enseñarme a nunca darme por vencida, por apoyarme, alentarme y educarme de una manera única. A mi papá Jacobo por sus esfuerzos para siempre estar bien, por enseñarme que el que persevera puede alcanzar cualquier cosa que se proponga, espero jamás decepcionarlos y que siempre puedan estar orgullosos de mí como yo estoy cada día de ustedes, por educarme de una manera singular, todos mis logros y en especial éste es dedicado a ustedes y siempre estaré eternamente agradecida por todo lo que me han dado y espero en un futuro poder remunerárselos, los amo.

A mi hermano Josimar la persona que más amo y mi motor de vida, que sin su apoyo no hubiera logrado llegar hasta aquí, mi ejemplo a seguir, por ser una persona que siempre da lo mejor para que yo esté bien, por amarme, regañarme y alentarme a ser mejor, ojalá algún día pueda retribuirte todo lo que me has dado, tu amor y existencia han sido mi motor para superarme día a día, y éste logro es tuyo, porque sin ti no lo hubiera logrado, te amo.

A mis abuelitos Adela y Juan por siempre confiar en mí, por quererme y estar al pendiente de mí sin importar la distancia, por demostrarme y enseñarme tanto, ojalá fueran eternos, los quiero.

A mis tíos y primos por brindarme su apoyo y confianza durante este proceso, por ser mis pacientes y aconsejarme para ser mejor cada día.

A mis amigos Diana, Marcela, Paola, Adair, Bruno, Miguel y Willie por estar en los momentos más importantes de mi vida, por hacerme feliz y apoyarme en el poco o mucho tiempo que llevo de conocerlos, gracias por brindarme su amistad, consejos y conocimientos, los quiero.

A mi tutora la doctora Fabiola Trujillo por brindarme su tiempo, paciencia y asesoría en este trabajo, gracias por todo el conocimiento compartido y ser un motivo de inspiración, como bien lo dijo: “el saber es poder”, gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO	7
Capítulo I. ANTECEDENTES	8
Capítulo II. ESTÉTICA FACIAL	11
2.1 Proporción áurea	16
Capítulo III. AUXILIARES DE DIAGNÓSTICO	18
3.1 Análisis facial	18
3.2 Examen frontal	20
3.3 Análisis de Powell	22
3.4 Análisis de Arnett-Bergman	25
3.5 Análisis de Marquardt	32
Capítulo IV. ANÁLISIS FOTOGRÁFICO ORTODÓNCICO	35
4.1 Fotografía digital	36
4.2 Evolución del análisis ortodóncico por imágenes	40
Capítulo V. ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL	40
5.1 Fotografía en 3D	40
5.2 Sistema de adquisición de datos en 3D	43
5.2.1 Adquisición sin contacto	43
5.3 Escaneo a láser	45
5.4 Fotometría estereoscópica pasiva	45
5.5 Fotometría estereoscópica activa	48
5.6 Fotogrametría 3D	49
5.7 Tomografía computarizada cone-beam	50
5.7.1 Formación de imagen digital TCCB	51
5.7.2 Consideraciones de la dosis de radiación	52
5.7.3 Superposiciones en la TCCB	53

Capítulo VI. ANÁLISIS 3D	54
6.1 Análisis fotogramétrico 3D	54
6.2 Puntos sobre tejido blando	58
6.3 Puntos dentales	60
6.4 Diferencia entre hombres y mujeres	64
6.5 Resultados al realizar análisis 3D con fotogrametría	66
6.6 Ventajas y desventajas	68
6.7 Integración de TCCB y 3D	70
 CONCLUSIONES	 73
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 76



INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se ha visto que el ser humano busca un estatus de perfección, ya sea por evolución, moda, cultura o un conjunto de todo; en diferentes culturas desde tiempos remotos donde en particular las mujeres utilizaban aditamentos como arcilla, tierras de distintos pigmentos entre otras cosas para mejorar su “estética”. Vemos reflejado cómo los individuos basan su vida con este concepto de belleza, pero ¿cómo podríamos definirla? Si bien es un concepto muy complejo y ambiguo en cierto modo, debido a que todas las personas tendremos una percepción diferente, inclusive si se hablara de la misma persona, se tendrían opiniones diferentes, debido a que es un concepto abstracto y subjetivo para poder definirlo; con esto derivo otro tema relacionado con el “atractivo facial”. Los estándares de belleza son inculcados de alguna forma por lo que nos rodea y con mayor influencia por los medios de comunicación, tanto por tener un aspecto físico agradable, un claro ejemplo sería, las pasarelas o concursos de belleza donde se califica y cuestiona qué tan delgada o atractiva es, siendo un factor primordial.

Por otro lado, desde Da Vinci, quien fuera el primero en realizar estudios en donde pone al hombre como el centro del Universo, buscando la simetría y proporcionalidad del cuerpo humano para obtener un ideal de belleza. Nos describe las proporciones en todo el cuerpo, siendo de gran utilidad para nosotros las proporciones faciales.

Con lo antes mencionado puedo concretar que desde entonces la estética facial ha tenido un importante significado hasta nuestros días, muchos



pacientes en la actualidad buscan un tratamiento ortodóncico no sólo para mejorar el posicionamiento dental, sino como principal razón la estética facial.

En la práctica general el plan de tratamiento será definido de los datos obtenidos de los auxiliares de diagnóstico, una parte importante de éste son las fotografías bidimensionales (2D). Sin embargo, conocemos que dichas estructuras son tridimensionales, por lo cual deberíamos utilizar estudios de diagnóstico 3D para estas estructuras, y así poder mejorar el plan de tratamiento. Un ejemplo de estos auxiliares en 3D es la fotogrametría; es una técnica cuyo objeto principal será estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio utilizando, la superposición de fotografías de dicho objeto, que mediante softwares especializados obtendremos un conjunto de imágenes tridimensionales.

Por tal motivo, este trabajo busca comparar dichas técnicas para poder conocer y además beneficiarnos de los avances que tenemos a nuestro alcance teniendo como resultado de esto una planificación más fidedigna, así como también los posibles resultados a los que podríamos enfrentarnos al término de dicho tratamiento.



OBJETIVO

Comparar la técnica de fotogrametría tridimensional respecto a los diferentes auxiliares de diagnóstico al momento de realizar un tratamiento de ortodoncia.



Capítulo I. ANTECEDENTES

En 1876 Darwin describió por primera vez el término Heterosis (híbrido), que es un fenómeno que predice la descendencia genéticamente ajustada como resultado del cruzamiento.

Edward Angle, a principios del siglo XX, afirmaba que la armonía y balance del rostro humano, así como la forma y la belleza de la boca, dependían de una buena relación de las piezas dentarias; sin embargo, la estética ha tenido un concepto desde 1879 cuando Sir Francis Galton introdujo la hipótesis promedio de la belleza facial. Galton creó imágenes compuestas observando que eran más atractivas con respecto a las imágenes que no tienen superposición de imágenes; propusieron que el promedio era el determinante del atractivo, sin embargo, una de las explicaciones es que el promedio de las caras parece en las representaciones mentales de una cara típica lo que se puede procesar mejor por el sistema visual.¹

Desde 1915 varios investigadores han tratado de hacer un modelo en 3 dimensiones (3D) de la cara completa con la dentición en la posición anatómicamente correcta, aunque ha sido un proceso difícil y prolongado.²

Después de la estandarización de la técnica radiográfica en 1931 por Broadbent y Hofrath, se minimizó la importancia del análisis facial de tejidos blandos y las relaciones dento-esqueléticas se convirtieron en el factor decisivo en el diagnóstico y la planificación del tratamiento. Acompañando a estos desarrollos las innovaciones radiográficas fueron clave, ya que la cefalometría se apoyó en hallazgos clínicos, lo que mejoró el diagnóstico, el plan de tratamiento y la evaluación del mismo.



A su vez Ricketts en 1969 publicó un artículo de cómo incorporaba el computador al análisis cefalométrico.

En 1970 Peck y Peck demostraron que las mediciones cefalométricas de personas del público que se consideraban más atractivas, eran caras más redondas y protusivas que los valores de referencia comúnmente utilizados en análisis cefalométricos.¹

El estudio de los tejidos blandos del rostro toma una gran importancia en la década de 1980, cuando Nelson Powell, destacado cirujano plástico, publicó en 1984 “Proporciones del rostro estético”. Utilizando el plano facial que une el punto glabella con el punto pogonión y ubicó la frente, la nariz y el mentón en un rostro armónico.³

En la década de 1980, las imágenes en 3D de la región maxilofacial comenzaron a desarrollarse, estas técnicas incluyen escaneo láser, escaneo de tomografía computarizada y estereofotogrametría. Con la introducción de los sistemas de 3dMDface y di3D, la aplicación de fotografías en 3D en la práctica diaria se hizo posible.

El tiempo de captura para estas imágenes es menor que un segundo, y en contraste con las radiografías laterales convencionales, ninguna radiación está involucrada. La limitación de la estereofotogrametría es que captura sólo una parte del hueso de la tríada, tejidos blandos y la dentición.²

Por otro lado, Worms (1980), Wylie (1987) y Jacobson (1990) relataron que para planificar el tratamiento de ortodoncia confiando sólo en el análisis cefalométrico algunas veces termina en problemas estéticos.⁴



En 2003, Nagasaki et. al., desarrolló un sistema cefalométrico no radiográfico, donde las mediciones se realizan directamente sobre la cara del paciente con un digitalizador 3D. Este sistema cefalométrico 3D directa tiene la ventaja de no exposición a la radiación para el paciente. En cuanto a fotografías en 3D, se puede añadir un sistema de coordenadas similares; tiene la ventaja de que los puntos digitales se pueden añadir cada vez que el especialista lo requiera.²

En 2010. M. Lewis con base a los estudios de Darwin de la heterosis probó su hipótesis sobre el atractivo, encontrando que las personas de razas mixtas eran consideradas más atractivas que las de razas puras.¹

Capítulo II. ESTÉTICA FACIAL

La estética es la ciencia que trata de la belleza y los sentimientos que hacen nacer lo bello en nosotros. Desde épocas antiguas la belleza ha tenido un valor subjetivo, en Egipto; Nefertiti (fig 1) se resalta la perfección de su perfil recto, nariz pequeña, pómulos altos, ojos grandes rasgados y delineados, ojos rojos y cuello delgado y largo. También los griegos admiraban la estética y la armonía del cuerpo y el rostro.³



Fig. 1 Nefertiti.⁵

El Doríforo (450 y 445 a.C.) es un modelo de proporciones humanas; la cabeza tiene la medida justa en relación con el cuerpo, esta estatua bellísima y digna de reputación en la antípoda era observada como el modelo de la estética perfecta.³

La diferencia entre belleza y estético reside en que la belleza es un término subjetivo, relacionada con la forma de sonreír, la mirada e incluso los sentimientos que puede provocar, sin embargo, la estética es cuantificable, ya que se relaciona con las proporciones. Los objetivos de la estética facial han ido evolucionando con referencia a su origen hasta la actualidad según las preferencias de la sociedad en relación con los rostros y la sonrisa.

Los grandes artistas del Renacimiento exaltaron las proporciones casi matemáticas de los rostros y cuerpos. Leonardo Da Vinci buscó patrones de proporcionalidad y simetría.³ Fig. 2

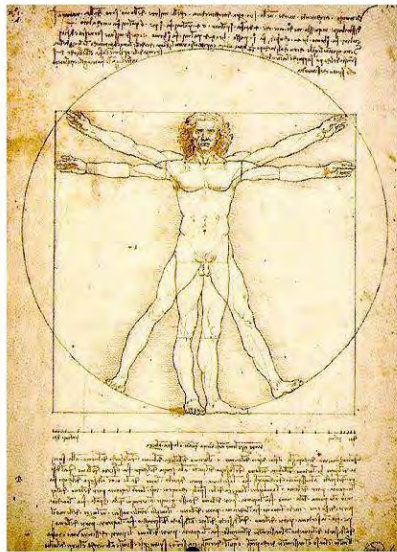


Fig. 2 Proporción áurea del hombre de Viturbio.⁶

En 1528 Albrecht Dürer, notable pintor, definía las variaciones de la morfología facial, la perspectiva y las proporciones ideales. Describió 3 tipos de perfiles humanos: rectos, convexos y cóncavos, denominados según su divergencia ortognato, retrognato y prognato (fig.3).³

La concavidad o convexidad del perfil indican la existencia de desproporciones entre el tamaño de maxilares.³

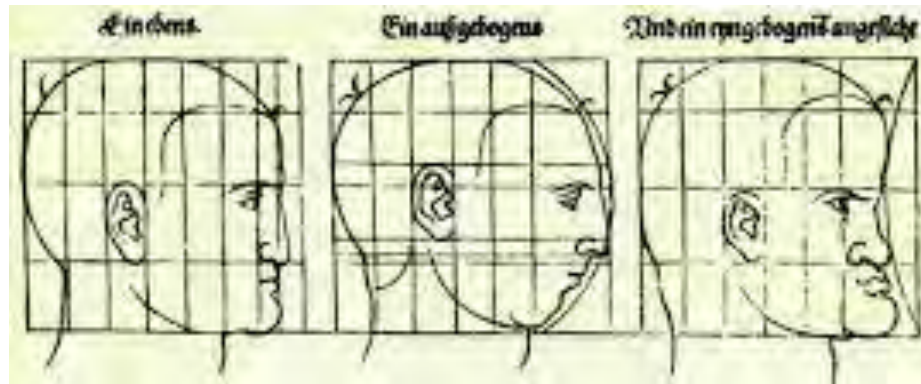


Fig. 3 Dibujo del Albrecht Durer representando las variaciones de la morfología facial.

Pese a los criterios de las diferencias entre las diferentes poblaciones, así como profesionales de ortodoncia, en los últimos años parece que hay una cierta tendencia a seguir una serie de ideales estéticos establecidos principalmente en los países desarrollados occidentales. Estos son hechos que afectan no sólo a los objetivos del tratamiento de ortodoncia, sino los de muchas otras disciplinas médicas relacionadas con la estética y cuyas profesiones están siendo llevados a niveles de complejidad nunca antes imaginadas. La estética dentofacial ha sido el centro de atención primaria entre los ortodoncistas más destacados de los últimos 50 años, aunque la forma de acercarse a ella se ha adaptado a las características de cada época.

Por lo tanto, el tratamiento de ortodoncia que inicialmente llevó a cabo una correcta alineación de los dientes y amplió sus objetivos con otras estructuras vecinas ambos tejidos óseos y blandos.



En la actualidad, la gran influencia de los medios de comunicación como transmisores de las modas y tendencias estéticas, es decisiva en el comportamiento de la sociedad de consumo, lo que hace que la gente sea más cuidadosa con su aspecto estético, ya que, consciente o inconsciente, saben que la imagen que ofrecen al resto de la sociedad tiene un impacto directo proporcional a su propio valor social.

La belleza física ha sido una de las principales preocupaciones de la humanidad y lo que realmente es un concepto difícil de definir debido a la subjetividad del observador, así como al hecho de que este es un concepto en evolución o cambio constante en función de las diferentes épocas y culturas, modas, etc.

Ricketts fue el primero en realizar un análisis para obtener un rostro atractivo, hizo alusión al uso de la proporción áurea en esta zona. Desarrolló un estudio con 10 rostros atractivos y varias proporciones faciales definidas, dichos artículos son la base para publicaciones de cirugías ortognáticas y orales relativos a la estética facial.

Más tarde Moss y su equipo utilizaron una técnica de escaneo 3D para realizar análisis de diferentes características tanto masculinas como femeninas en modelos de ambos sexos, llegando a la conclusión de que dichas características no tenían congruencia con si una cara es proporcional o no.

La proporción áurea o divina proporción como la llamo Da Vinci expresa un conjunto de teorías que engloban leyes matemáticas, geométricas y físicas; estrechamente relacionadas con la definición de armonía y belleza, en percepción visual y en términos en cuanto a su aceptación psicológica.



Pareciera que hay un acuerdo entre los conceptos de la población con relación a la estética facial “aceptable” y la de los especialistas, en éste caso los ortodoncistas con base a una oclusión normal. Sin embargo, puede haber diferencias considerables en los sujetos que se considera poseen una estética dentofacial armoniosa y equilibrada; los análisis de muchas de sus características muestran la presencia de la proporción áurea, tanto dental y facial con referencia al plano frontal y anteroposterior.⁷

En el pasado el ideal de estética se centraba en corregir las irregularidades de los dientes y maxilares. En la última década surge una nueva forma de diagnosticar y planificar el tratamiento, basándose en el perfil facial. La cara es el rasgo sobresaliente que determina el atractivo físico por ende el tratamiento requiere nuevas normas para la sociedad con otras expectativas.

La corrección dentaria no siempre devuelve una forma facial agradable, de ahí la introducción de otros parámetros cefalométricos, como la posición natural de la cabeza, vertical y horizontal verdaderas.

Para ello se utilizan los análisis cefalométricos de tejidos blandos como el de Arnett-Robert Bergman y Nelson Powell.

Las imágenes en 3D se usan para visualizar las estructuras craneofaciales en los tres sentidos del espacio y los programas informáticos también son unas herramientas que se utiliza dando un soporte importante con base a los métodos tradicionales de diagnóstico, con el fin de lograr uno de los objetivos fundamentales de la ortodoncia actual, la estética facial.²

2.1 Proporción áurea

Constituye una porción geométrica, Leonardo da Vinci se basó en las ideas del arquitecto Marco Vitruvio, donde en su estudio describe la armonía de las proporciones concluyendo que: la longitud de los brazos extendidos de un hombre, será igual a su altura o que 4 dedos forman una palma, y 24 palmas son un hombre. Esta valoración estética-numérica se basa en la proporción áurea, teoría formulada por Pitágoras a partir de una formulación de Euclides: “en la que dos partes desiguales poseen relaciones armónicas” y simboliza la belleza.

Existe una secuencia numérica conocida como la serie de Leonardo Fibonacci (siglo XIX) determinada por la letra griega phi (Φ) equivalente a 1.618... En la serie cada término es la suma de los anteriores.

La idealización ha sido de las mayores preocupaciones, los griegos, como Policleto escribió el Canon, un libro que trata de las proporciones matemáticas ideales para las partes del cuerpo (fig. 4).⁶



Fig. 4 Policleto.

Por otro lado, Galeano dijo: “la belleza no reside en las partes individuales, si no en la proporción armoniosa de todas las partes unas con otras”.

Leonardo Da Vinci el genio del renacimiento, realizó estudios sobre las proporciones de la cabeza (fig. 5).⁶



Fig. 5 Perfil con proporciones de la cabeza de Leonardo Da Vinci.

La importancia clínica radica al momento de planear los cambios durante el tratamiento, al establecer el resultado basado solo en valores numéricos basados en la población general, ya que la proporción áurea aplicará para todas las personas.



Capítulo III. AUXILIARES DE DIAGNÓSTICO

3.1 Análisis facial.

Para poder hacer este análisis será necesario realizar un examen tridimensional, como dicha estructura, con ayuda de fotografías bidimensionales, se analizarán: vistas frontales, axiales y laterales, además de observar cómo habla y gesticula, factores importantes para percatarnos del desplazamiento de las estructuras cutáneas, arrojando datos de los tejidos blandos faciales.

El perfil se puede clasificar en: recto, convexo o cóncavo, se ven directamente determinados por la influencia del tamaño maxilar, deficiencia mandibular o inclusive una combinación de ambos.

Dentro de la valoración estética es conveniente una serie de mediciones que ayudaran al especialista a determinar la simetría facial del paciente, observando el grosor de los labios, si la sonrisa es amplia, la forma de los dientes y cómo está ubicado el mentón con respecto al cráneo.

Una de las consideraciones que se deben tener en cuenta será la posición natural de la cabeza (PNC), se entiende como la posición que mantiene el paciente en su vida cotidiana y la referencia horizontal denominada horizontal verdadera (HV), perpendicular a la vertical verdadera (VV) ambas imprescindibles para la observación clínica y obtención de fotografías y telerradiografías.⁸

Posición natural de la cabeza (PNC)

Introducida por primera vez por Broca (1862) y tomado en ortodoncia por Morrees y Kean (1958), se refiere a la posición del paciente cuando está de pie con su eje visual horizontal; esta posición será importante al momento de la toma de fotografías, debido a la estandarización de la posición de cabeza. Es una posición cráneo-cervical, determinada por varios sistemas, propioceptivo músculo-articular, sistema visual y vestibular, se caracteriza por estar relacionada con las necesidades respiratorias, al ser lo más parecida a la posición cotidiana del paciente y por la escasa variación que tiene durante el crecimiento (fig.6).⁹



Fig. 6 Sujeto en PNC.

20

El aspecto frontal, se divide en tercios:

- A. Tercio superior: trichión-glabella.
- B. Tercio medio: glabella-punto subnasal.
- C. Tercio inferior: subnasal-mentoniano.

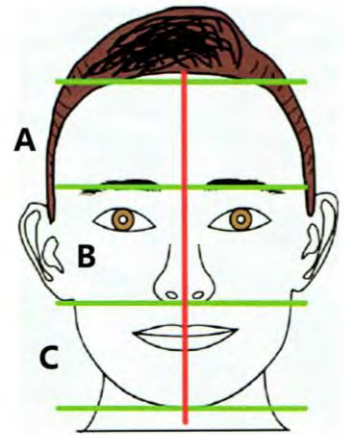


Fig. 8 Estudio frontal por tercios.

Estos tercios deben ser equivalentes entre sí y tener una relación de uno a uno. Las alteraciones que pueden existir dentro del tercio inferior producen efectos más evidentes. Este tercio subnasal-mentoniano se divide a su vez en 3 partes. Fig. 9

- Labio superior.
- Espacio interlabial.
- Labio inferior y mentón.

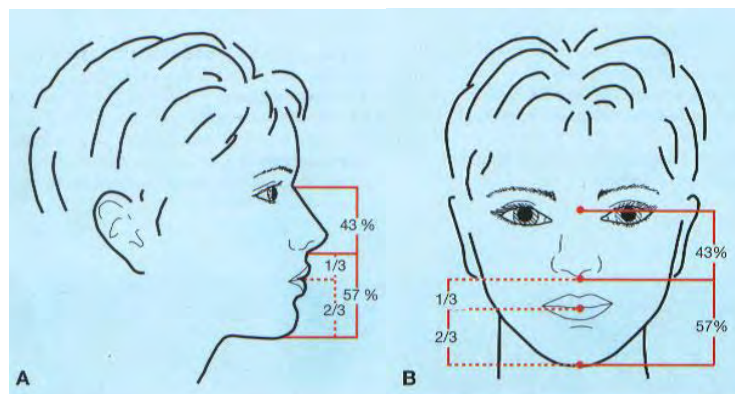


Fig. 9 Estudio del tercio inferior frontal y de perfil.¹²

3.3 Análisis de Powell

Nelson Powell un destacado cirujano plástico publicó en 1984 *Proporciones del rostro estético*, dándole un gran auge, utilizando el plano facial que une el punto glabella blando con el punto pogonión blando y ubicó la frente, la nariz, y el mentón en un rostro armónico; únicamente teniendo en cuenta los tejidos blandos. El triángulo estético de Powell nos permitirá analizar las proporciones estéticas de la cara: frente, nariz, labios, mentón y cuello, interrelacionando los ángulos entre sí.³

Consiste en trazar líneas y ángulos, todo esto será sobre los tejidos blandos, auxiliándose de una radiografía lateral de cráneo o una fotografía de perfil. Fig.10

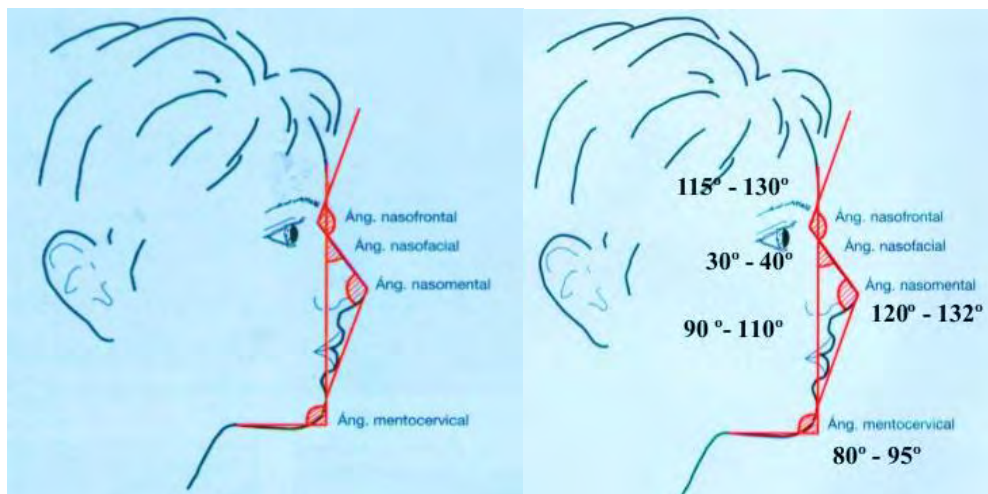


Fig. 10 Triada de Nelson Powell.¹²

Plano frontal:

Es la unión de dos puntos; glabella (punto más prominente de la frente) y pogonión (punto más anterior del mentón) esta línea formará un ángulo con el plano de Frankfort (plano craneométrico determinado por los bordes inferiores de las órbitas óseas y por el borde superior del conducto auditivo que pasa a través de las dos órbitas y de los dos tragus (fig.11).³



Fig. 11 Plano facial.

Ángulo nasofrontal:

Formado por una tangente que pasa por la glabella y el nasión, y una tangente que va al dorso de la nariz desde el punto nasión; evalúa la proyección nasal, tiene una norma de 115° a 130° , la glabella no es un tejido que pueda modificarse, sin embargo, la nariz con un procedimiento quirúrgico como lo es la rinoplastia podría modificarse (fig. 12).³

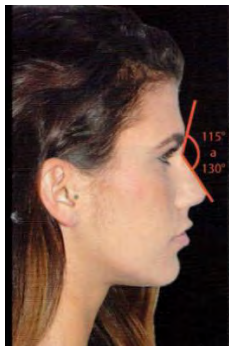


Fig. 12 Ángulo nasofrontal.

Ángulo nasofacial:

Formado por una tangente al dorso de la nariz y el plano facial, su norma es de 36° a 40° , por lo general en mujeres es de 30° y en hombres de 40° (fig. 13).³



Fig. 13 Ángulo nasofacial.

Ángulo nasomentoniano:

Formado por una tangente al dorso de la nariz y otra que pasa por la punta de la nariz al pogonión, llamado como el ángulo estético, define la relación de los labios y el mentón con el tercio medio de la cara, su norma es de 120° a 132° . Permite evaluar la relación de los labios y el mentón con el tercio medio de la cara (fig. 14).³

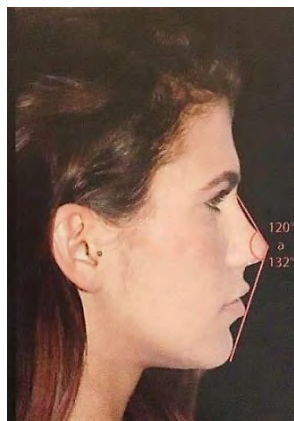


Fig. 14 Ángulo nasomentoniano.

Ángulo mentocervical:

Formado por el plano facial y una tangente del punto mentoniano al punto cervical, definiendo la proyección del mentón. La norma es de 80° a 95° , un ángulo más agudo da una cara más “bella”. Este ángulo es modificable por cirugía; si se retruye, se abre será clase II y si se protruye se cierra y como consecuencia será clase III (fig. 15).³



Fig. 15 Ángulo mentocervical.

3.4 Análisis de Arnett-Bergman.

Para poder realizar este estudio se necesita una fotografía de frente con los labios en reposo, sonriendo y de perfil con los labios en reposo, se evalúan dos vistas: frontal y lateral.

Frontal

-Contorno y simetría facial

Se trazan los siguientes planos vertical facial de trichón a mentón, línea bicigomática que une las partes más prominentes del arco cigomático y

la línea bigonial que une las partes más prominentes de ambos gonions (fig.16).¹²

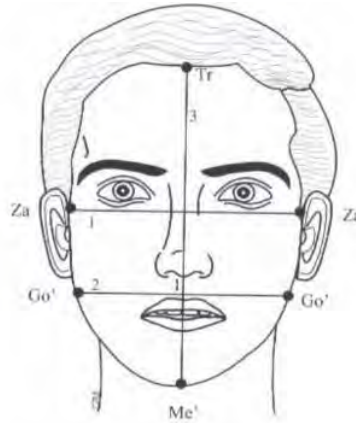


Fig. 16 Contorno y simetría facial.

Al relacionar estas medidas se obtendrá diferentes tipos faciales: caras anchas o delgadas, cortas o largas, redondas u ovals, cuadradas o rectangulares; de modo que según la forma facial el tratamiento puede mejorar o empeorar la estética facial.

-Nivelación facial

Se traza el plano vertical facial con la PNC y perpendicular a este se traza el plano bipupilar, el plano dental superior que pasa a nivel de las cúspides de los caninos superiores, el plano dental inferior que pasa por las cúspides de los caninos inferiores y por último el plano del mentón que es tangente a este mismo.

Todos estos planos deben ser paralelos entre sí y perpendiculares a la vertical facial, de no ser así, el paciente podría tener asimetrías o desviaciones del mentón (fig. 17).¹²

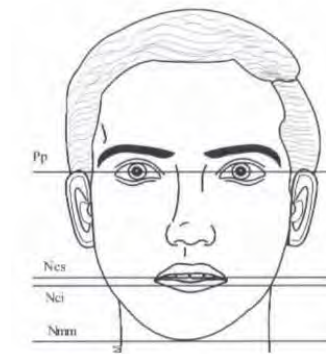


Fig. 17 Nivelación facial.

-Simetría facial

Alineación facial vertical del puente nasal, punta de la nariz, filtrum labial superior, línea media incisal superior, línea media incisal inferior, mentón (fig. 18). Las desviaciones de tejidos blandos se corrigen con cirugía estética, las esqueléticas con cirugía ortognática u ortopedia, las dentarias con ortodoncia.¹²

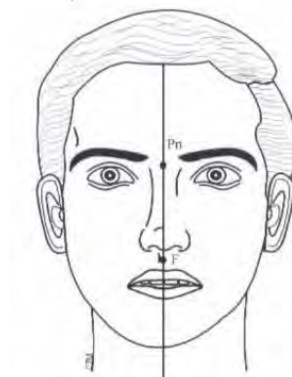


Fig. 18 Simetría facial.

-Tercio inferior

Evaluación entre el punto subnasal y mentón que incluye el estudio del labio superior espacio interlabial y labio inferior, todo en reposo.

La longitud del labio superior se considera desde el punto subnasal hasta la parte más inferior del labio superior en reposo, y el labio inferior se considera desde el punto más superior del labio inferior hasta el mentón (fig.19).¹²

La longitud del labio superior es de 19 a 22mm aumentado en clase II-2 y disminuido en la clase II-1 y clase III.

La longitud del labio inferior es de 38 a 44mm aumentado en la clase III y disminuido en la clase II, la relación proporcional entre el labio superior e inferior es de 1:2.

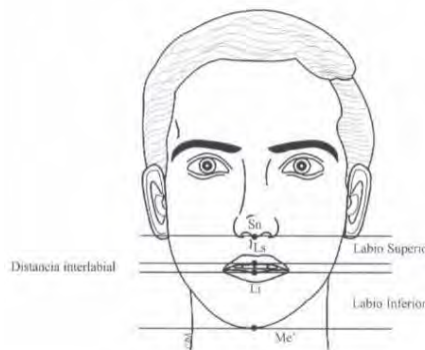


Fig. 19 Tercio inferior.

-Relación dentolabial superior

Distancia labio incisal es de 2-5 milímetros varía con el sexo, la raza y la edad. Esta distancia es máxima 5mm a los 20 años y disminuye con la edad debido a la progresiva caída de los tegumentos; será mayor en mujeres que en los hombres, mayor en labios finos y menor en labios gruesos.

-Espacio interlabial

Espacio comprendido entre el labio superior e inferior en reposo, su medida es de 1 a 5 milímetros (fig.20).¹²

Este espacio aumenta si hay acortamiento del labio superior, exceso vertical del labio superior, mordida abierta anterior u overtjet aumentado.

Este espacio disminuye cuando hay una deficiencia en altura del maxilar superior, labio superior largo o mordida profunda anterior.



Fig. 20 Espacio interlabial.

Lateral

-Ángulo del perfil

Este ángulo representa la medida más importante de tejido blando, ya que ubica anteroposteriormente la mandíbula y maxilar con lo que puede clasificar a un paciente en clase I, II, o III esquelética (fig. 21).¹²

Este ángulo se forma por el punto glabella, punto subnasal y pogonion cutáneo. En clase I este ángulo mide de 165° a 175° . En clase II es menor a 165° y en clase III mayor a 175° dando un perfil ortognático convexo o cóncavo respectivamente.

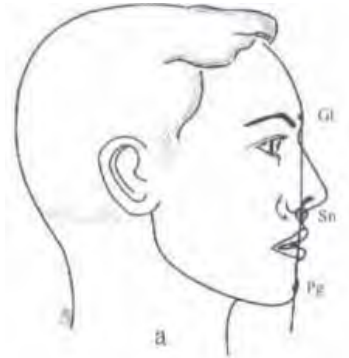


Fig. 21 Ángulo del perfil.

-Ángulo nasolabial

Ángulo formado por el perfil inferior de la nariz y el perfil anterior del labio superior debe medir entre 85° y 105° .

Es indicativo de la posición e inclinación de los incisivos superiores (fig. 22).¹²

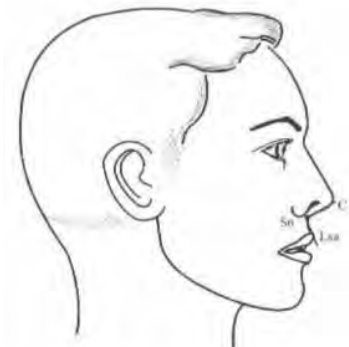


Fig. 22 Ángulo nasolabial.

-Contorno de la mejilla o pómulos

Se estudia el contorno de los pómulos en ambos planos y presenta 4 áreas:

- área del arco cigomático
- área media
- área subpupilar
- área base nasal – labio superior

Estos contornos deben presentar una curva suave y continua, estarán deprimidos clase III y acentuados en la clase II (fig. 23).¹²

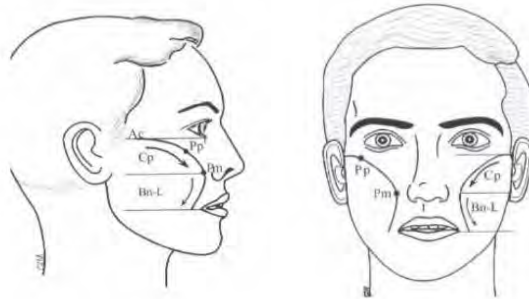


Fig. 23 Contorno de la mejilla vista frontal y lateral.

-Reborde orbitario

Se mide la distancia desde el punto orbital hasta la prominencia del globo ocular. La norma es de 2 a 4mm, indicativo de la posición del maxilar superior y ayuda en la decisión entre cirugía del maxilar o mandíbula (fig. 24).¹²

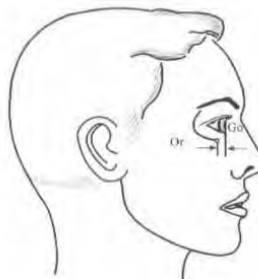


Fig. 24 Reborde orbitario.

-Proyección nasal

Es la distancia entre el punto subnasal y la punta de la nariz punto, la norma es de 16 a 20 mm, puede contraindicar estéticamente la retrusión de incisivos o de maxilar con cirugía o arco extraoral si es muy prominente (fig. 25).¹²

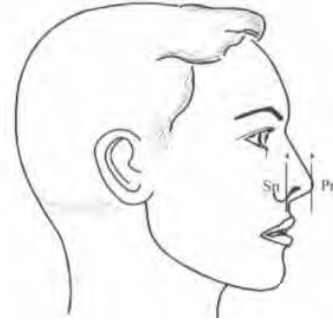


Fig. 25 Proyección nasal.

3.5 Análisis de belleza de Marquardt.

Este análisis de armonía facial fue diseñado por el Dr. Stephen Marquardt, descubrió que había una proporción geométrica común entre los distintos elementos de la cara, a partir de un decágono perfecto; dando la idea de una imagen facial estrictamente proporcionada a partir del número áureo; número equivalente a: 1.618 (fig. 26). Esta proporción la podemos encontrar tanto en figuras geométricas como en la naturaleza, atribuyendo de carácter estético.⁷

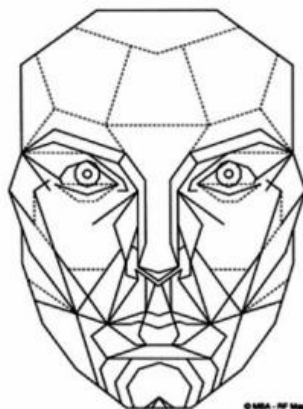


Fig. 26 Máscara de Marquardt.

El análisis de la belleza de Marquardt, se realiza utilizando una máscara, tiene como propósito la investigación de la estética visual de una manera proactiva, donde incluye una base biológica y matemática a la vez, así mismo sirve para desarrollar y proporcionar información con el fin de analizar y mejorar el atractivo visual. Esta máscara se superpone sobre la fotografía del paciente y permite definir qué zonas pudieran estar alteradas, facilitando el diagnóstico de la desarmonía facial (fig. 27).¹²



Fig. 27 Máscara de Marquardt aplicada a fotografías.

En la actualidad, un tratamiento de ortodoncia se considera exitoso si se obtiene una clase I molar y además, un perfil recto ortognático; implica que puede haber pacientes atractivos que no presenten una clase molar I, o un perfil recto, en este estudio se busca demostrar la incidencia de pacientes atractivos con respecto a sus proporciones utilizando la máscara de Marquardt, dando como resultado, que no siempre pueden tener una clase molar idónea, como lo sería clase molar I.

Las computadoras y bases de datos masivas de “atractivo” de caras, ha podido ser capaz de cuantificar el atractivo facial en un modelo de computadora matemática tanto en reposo como sonriendo; expresiones evaluadas en vista frontal y lateral (fig. 28).¹²

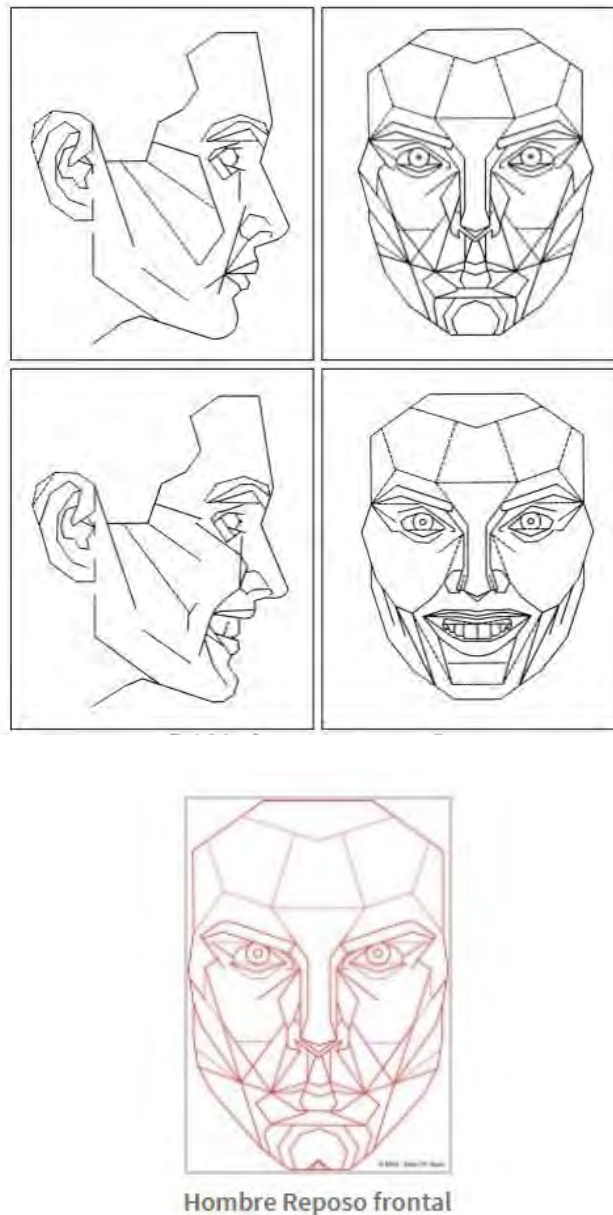


Fig. 28 Máscara de Maquardt lateral, frontal en reposo y sonriendo.

Los auxiliares de diagnóstico como lo son la máscara de Marquardt, siguen dando pautas para poder definir la belleza facial como un concepto subjetivo y del cual, no siempre es necesario poder establecer un valor específico con el fin de poder definir si una persona es bella o no, si bien existen parámetros determinados, pero en el caso del plan de tratamiento en el cual involucra estructuras como tejidos duros y blandos, los cuales respectivamente, en dicho tratamiento serán modificados, para poder brindarle al paciente un tratamiento con base a sus necesidades.

El análisis con la máscara de Marquardt tiene como base la proporción áurea, al parecer para obtener un rostro humano ideal.¹²

Capítulo IV. ANÁLISIS FOTOGRÁFICO ORTODÓNCICO

Este análisis es un examen clínico que consta de fotografías de pacientes para identificar la problemática con relación a la estética facial con base a la posición, forma y tamaño de maxilares, imprescindible que se realice en PNC.

Serán necesarias fotografías de

- Frente
- Perfil
- Intraorales
- Extraorales

El examen fotográfico debe hacerse con un criterio tridimensional, observando la cara desde diversos ángulos, este tipo de fotografías no

nos da muchos detalles por ser bidimensionales, pero suelen ser auxiliares útiles para obtener mediciones.⁸

Posiciones para la toma de fotografías

- Frente musculatura en reposo
- Frente con sonrisa
- Frente con sonrisa forzada
- Perfil y $\frac{3}{4}$ perfil en las mismas posiciones que en el examen de frente
- Axial superior
- Axial inferior

Para las posiciones antes mencionadas, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Posición natural de la cabeza
- Mandíbula en relación céntrica
- Arcadas dentarias relacionadas con el primer contacto dentario
- Musculatura facial relajada

4.1 Fotografía digital

El uso de la fotografía en ortodoncia, se considera de importancia clínica debido a que mediante ella podemos monitorear la evolución del tratamiento, controlar la estabilidad de los resultados y a su vez registrar los posibles cambios en las posiciones dentarias que pueden producirse como consecuencia de una falta de estabilidad.

Los registros fotográficos, van más allá del registro clínico, también son documentación legal del caso, y para la creación de material para publicaciones científicas o con fines didácticos.

Las cámaras fotográficas convencionales son digitales, que pueden tener como ventajas, la visualización al instante de la foto, sin tener que esperar al revelado, amplia capacidad de almacenamiento, puede ser transferida a la computadora rápidamente para poder utilizarlas con programas de cefalometría o interconsulta.

De manera particular las cámaras deben tener aditamentos auxiliares, para con éstos poder ayudarnos en la toma de fotografías intraorales o extraorales; permitiéndonos mejor visualización del campo a fotografiar. De los cuales existen para tal fin; separadores de tejidos blandos con diferentes formas y funciones, espejos, fondos de diversos colores que destaquen el objeto fotografiado.

En el caso de las tomas extraorales, se puede recurrir a elementos accesorios que sirven como referencias horizontales y verticales (fig. 29).³

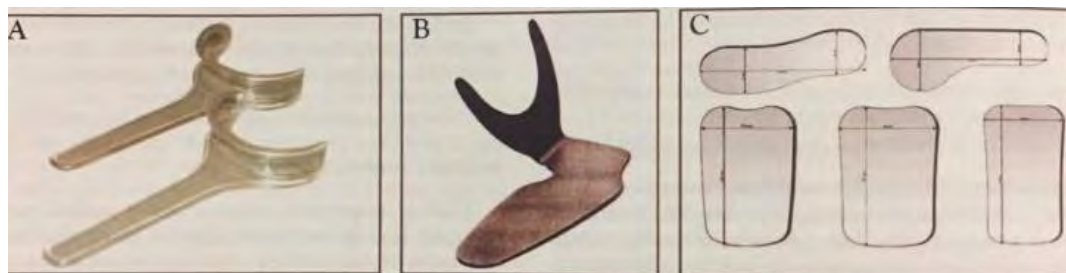


Fig. 29 Accesorios para fotografías intraorales. A. Retractores laterales. B Retractores oclusales. C. Espejos laterales y oclusales.

Tipo de fotografías:

Compuesta por 8 tomas: 3 extraorales y 5 intraorales.

- Extrabucuales:

Fotografía de la cara de frente en reposo

De frente sonriendo

De perfil derecho e izquierdo en reposo

- Intrabucuales:

De frente, lateral derecha, lateral izquierda, todos con dientes en contacto.

Oclusal superior y oclusal inferior. Fig. 30



Fig. 30 Fotografías extra e intrabucuales.¹

Posición del paciente y operador

La cabeza deberá orientarse en posición natural y sin rotaciones en los 3 sentidos del espacio.

Para las fotografías de frente, la cabeza debe posicionarse con el plano bipupilar paralelo al piso y ésta deberá ser con el pelo recogido detrás de las orejas para poder confirmar que se observa la misma cantidad de hemifacie derecha e izquierda y sin inclinaciones hacia arriba o abajo.

El operador deberá ubicarse con la cámara perpendicular a la cara del paciente y a la altura de un punto medio de la cabeza (fig. 31).³ El encuadre deberá contener de 2 o 3 cm por fuera de las orejas y por encima de la cabeza, unos 5cm por debajo del mentón registrando hasta la base del cuello.⁸



Fig. 31 Posición de fotógrafo y paciente.

4.2 Evolución del análisis ortodóncico por imágenes

El diagnóstico por imagen en la ortodoncia se ha basado durante muchos años en las radiografías panorámicas, laterales de cráneo, periapicales, oclusales e inclusive en edades tempranas carpales. Sin embargo, estos exámenes solo nos proporcionan imágenes bidimensionales, cuando en realidad las estructuras son tridimensionales.

Las modalidades actuales de tratamiento en ortodoncia se están convirtiendo cada vez más sofisticadas, la necesidad de registros tridimensionales (3D) precisos de los pacientes se vuelve cada vez más crítica.

Diagnosticar por imagen, incluyendo posibles cambios en la planificación de los tratamientos de ortodoncia y ortodoncia-quirúrgica. Por lo tanto, parece que estamos en el umbral de un cambio importante en la ortodoncia, donde el aprendizaje de las técnicas de evaluación en tres dimensiones ya es sumamente viable.¹¹

Capítulo V. ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL

5.1 Fotografía en 3D

Los escultores griegos se dieron cuenta de la naturaleza 3D del cráneo, Polyklietos hicieron hincapié en las medidas de las diversas partes; el artista; Durero señaló la naturaleza 3D de la cabeza y mostró cómo las proporciones cambian (Olds, 1993).

Por otro lado, George Northcroft, interesado en el desarrollo de la cara, tomó modelos de yeso a su hijo para registrar los cambios en 3D con un crecimiento de 6 a 21 años de edad. Estos registros ilustran los cambios en los tejidos blandos y dentición durante ese período de tiempo. Estos intentos de imágenes tridimensionales eran invasivos, así que el reto sería reproducir un sistema de medición 3D no invasiva. El sistema piloto inicial utiliza haces de luz láser en abanico de bajo grado proyectadas sobre la cara. Las imágenes tridimensionales pueden obtenerse en una variedad de maneras (tabla 1).¹⁴

MÉTODO	FUENTE	EJEMPLOS DE INDUSTRIAS
Contacto directo	Sonda manual	a. Polhemus 3 Space Digitizer b. ELITE
Fotogrametría	Fotografía convencional	a. Estereofotogrametría
Láseres	Luz láser Clase I o II aprobado por la FDA de 670-690 nm	a. Unidades fijas - Medical Graphics and Imaging Group, UCL - Laboratorio Cyberware 3030 / SP - Otros
	Luz láser Clase I o II aprobado por la FDA de 670-690 nm	b. Portátiles y móviles - Sistemas Minolta (versiones modelo 700, 900, 910, 9i) - Polhemus portátil (FASTSCAN)
Luz estructurada	Patrones de luz distorsionados y captura de la luz fotogramétrica	a. Cámara simple b. Cámara múltiple - Patrones Moire - OGIS Range Finder RFX-IV - CAM, sistema de forma tridimensional - Estereofotogrametría C3D-dimensional (Glasgow) - Asistido por computadora 3dMD™ Face System - Otros
Video-Imagen	Secuencia de videos	a. Motion-Analysis™
Fuentes de Radiación	Pulsos de radiación	a. TAC b. TC de Haz de Cono
Otros		a. IRM b. Ultrasonidos

Tabla 1. Representación tabular de los dispositivos de imagenología.

La reconstrucción de una imagen tridimensional es una tarea compleja, se vale de principios matemáticos, dando como resultado que un objeto tenga extensión de profundidad; en el ámbito ortodóncico por medio de la tecnología es posible disminuir la radiación y así basarnos en métodos para diagnosticar y planificar con base a estos componentes sin algún otro anexo.

Para obtener una imagen en 3D se tiene que reconstruir por los principios de visión estereoscópica, es decir, cuando dos imágenes se arman a partir de dos o más cámaras a distancia y ángulos conocidos.^{14,15}

La fotografía 3D es una herramienta importante en la adquisición de los datos para una creación virtual del paciente, obteniendo textura de la piel y posición espacial del paciente, simulando una planificación más realista. Utiliza diferente tecnología con o sin fuente de luz auxiliar para realizar el escaneo superficial de la cara sin la emisión de radiación X y lograr la digitalización.¹³ La necesidad de realizar un diagnóstico y plan de tratamiento en 3D, es debido a que son métodos menos invasivos y herramientas de diagnóstico que suelen utilizarse como alternativa a los métodos radiográficos convencionales. Existen varios métodos para la adquisición de datos relativos a la forma de un objeto 3D, se obtiene a través de la obtención y comparación de un número de imágenes fotográficas específicas, que hacen uso al principio de triangulación (fig. 32).¹⁶

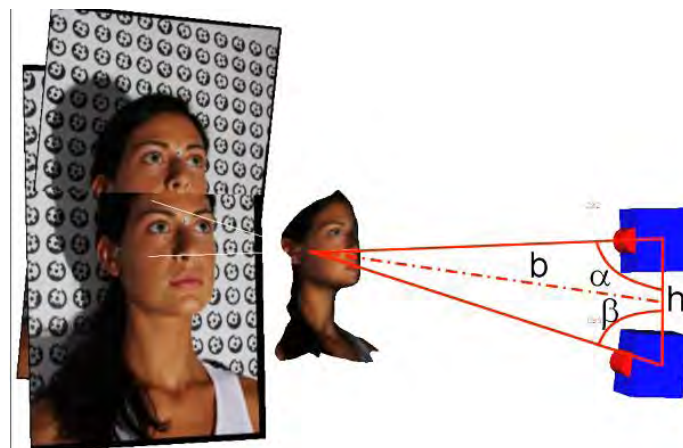


Fig. 32 Principio de la triangulación.

Las fotografías deberán tomarse de al menos dos posiciones diferentes, de manera que, a través de la intersección de las líneas virtuales extraídos de cada una de las cámaras, es posible definir las coordenadas 3D de los puntos de interés y, por lo tanto, forma y tamaño del objeto (fig. 33).¹⁶

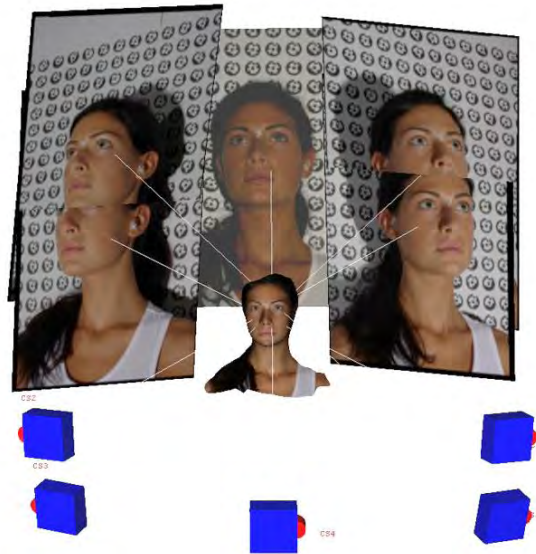


Fig. 33 Ordenador equipado con el software fotogramétrico.

5.2 Sistema de adquisición de datos en 3D

5.2.1. Adquisición sin contacto

Estos sistemas se pueden subdividir en 2 formas diferentes: método de captura (activo y pasivo) y tecnología de adquisición (superficial o volumétrica).

Adquisición de superficie:

Este se compone de un escáner que digitaliza la superficie de determinado objeto. Son equipos que hacen lectura de los datos de superficie del objeto, pueden ser modelos de estudio y al ser equipos de adquisición de superficie utilizan una fuente de luz para realizar la digitalización.

Adquisición de superficie activa:

Estos equipos los podemos comparar con cámaras fotográficas, a diferencia de depender de un campo de visión para crear el modelo digital. En gran parte el objeto se digitaliza en diferentes posiciones manteniendo el mismo punto de referencia. De tal modo que el modelo se alinea de diferentes tomas, las cuales superponen, y finalmente, creara una nube única que representa la pieza (fig. 34).¹⁵

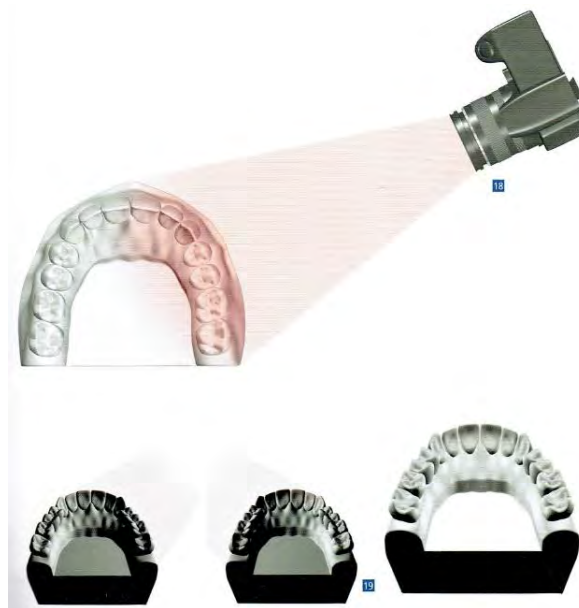


Fig. 34 Campo de visión y superposición de mallas 3D.

5.3 Escaneo a láser

La triangulación 3D mediante láser es un sistema sin contacto, que utiliza un haz de láser para obtener las mediciones del objeto. Un punto o franja láser se proyecta sobre la superficie del objeto y se registra con uno o más sensores CCD (Charge Coupled Devices-Dispositivos Acoplados de Carga) (fig.35).¹⁵

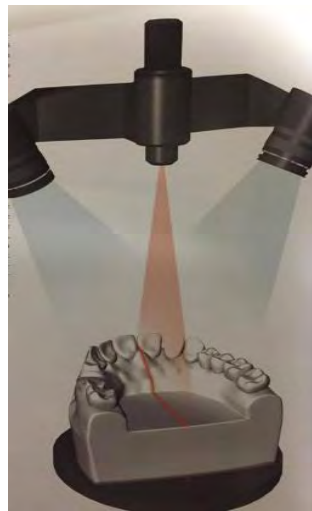


Fig. 35 Escáner láser.

5.4 Fotometría estereoscópica pasiva

Estos sistemas de fotometría estereoscópica pasiva, se llevan a cabo con cuatro cámaras que registran fotos desde distintos ángulos.

Las cámaras tienen una distancia y punto focal y dichas fotografías se toman simultáneamente para evitar distorsiones al momento de construir el modelo, el cual sirve de base para poder aplicar la textura.

El sistema de fotografía 3D regularmente genera una nube de puntos los cuales representaran el volumen del objeto que posteriormente se

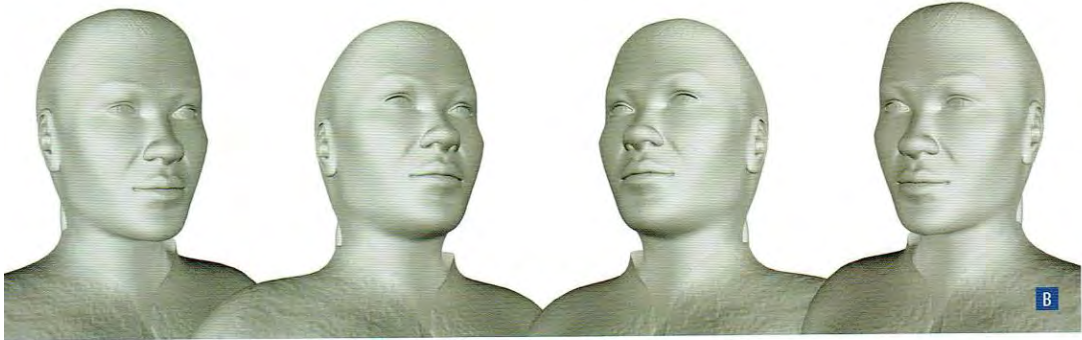
digitalizara; dependiendo del tipo de software se llevaran a cabo las aplicaciones de textura, hay algunos que las aplican utilizando los colores de la foto.

A diferencia de la fotometría estereoscópica pasiva, la activa lanza una fuente de luz blanca sobre el objeto, disminuyendo los problemas de iluminación con relación a la fotometría estereoscópica pasiva, regularmente los dispositivos se componen de 6 cámaras que obtienen las fotos para la construcción del modelo (Fig. 36 y 37).¹⁵

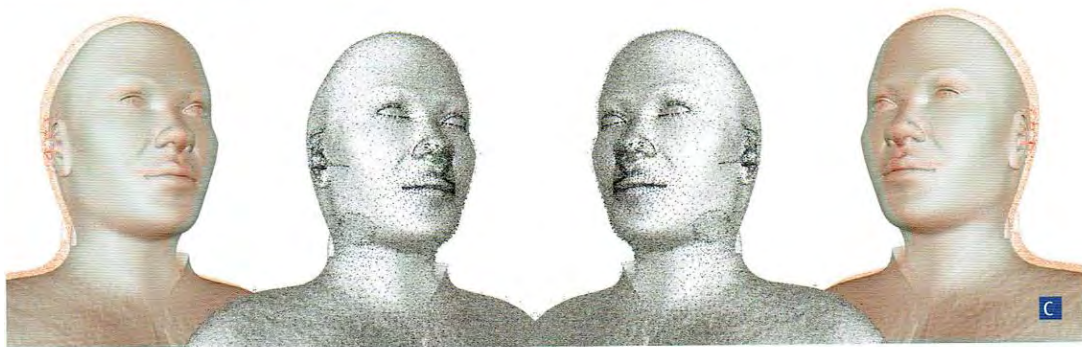


Fig. 36 Fotometría pasiva.

Procesamiento



Creación de nube de puntos



Aplicación de textura

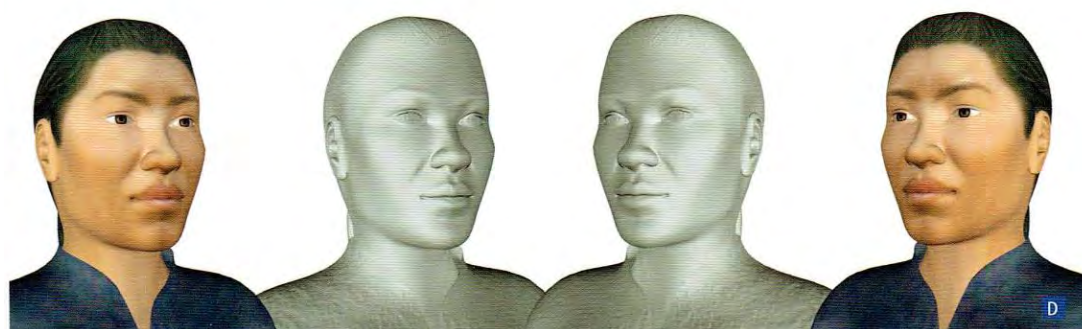


Fig. 37 Captura de datos.

5.5 Fotometría estereoscópica activa:

A diferencia de la pasiva, esta lanza una fuente de luz blanca sobre el objeto, lo que disminuye los problemas de iluminación encontrados en la pasiva (fig. 38).¹⁵

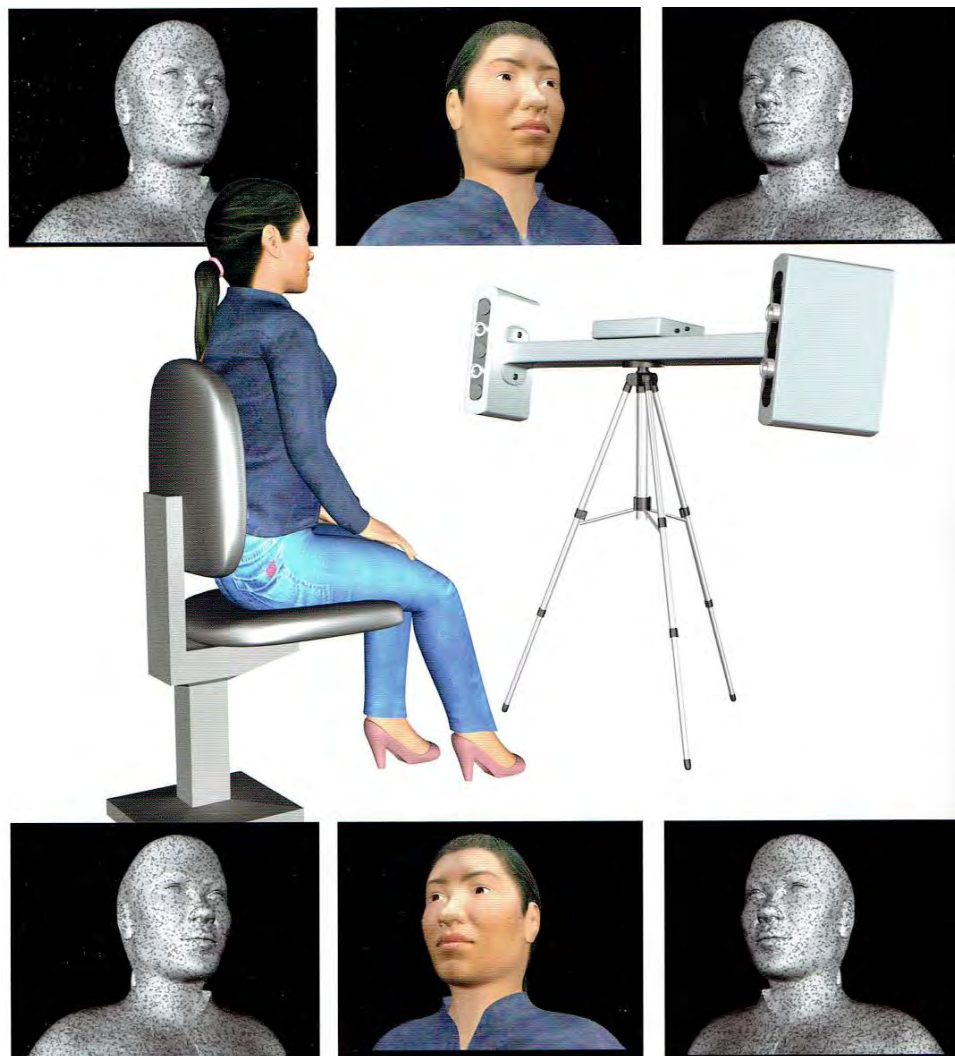


Fig. 38 Fotometría estereoscópica activa.

5.6 Fotogrametría 3D

La fotogrametría es un método para la reconstrucción de un objeto en 3D a partir de fotografías. La primera aplicación de reconstrucción fotogramétrica se realizó por A. Laussedat en 1849, en París, pero fue hasta 1900 que la fotogrametría empezó a utilizarse con el desarrollo de la tecnología digital.¹⁷ La adquisición de la fotogrametría digital en un modelo de estudio permitirá observar las diferencias de altura entre los puntos visibles, y el resultado será métricamente preciso, permitiendo la medición de área, volumen y ángulo.

La fotogrametría 3D colorida, es un sistema de fotografía 3D, utiliza el mismo principio de funcionamiento con respecto al escáner de luz, este mediante luz estructurada, posee una cámara de alta resolución que genera, además de la digitalización de estructuras faciales del paciente y textura que se aplica al procesamiento de los archivos (fig. 39).¹⁴

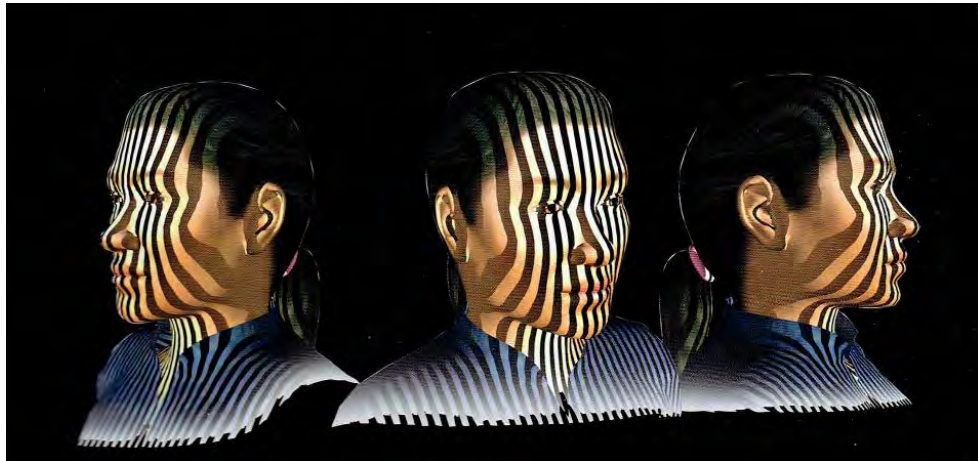


Fig. 39 Fotogrametría 3D colorida.

Al proceso que nos permite obtener el producto final, a partir, de un procedimiento digital, cualquiera que sea aplicado en procesos digitales de conversión, se conoce como renderizado. En el contexto de modelaje 3D, se entiende como la generación de una imagen a partir de un modelo tridimensional a través de un recurso computacional.¹⁴

5.7 Tomografía computarizada cone-beam

La tomografía computarizada cone-beam (TCCB), revolucionó el diagnóstico por imágenes a finales de la década de los 60's, descrito por primera vez por Randon, Hounsfield estableció principios matemáticos hasta lo que hoy orienta la formación de imágenes digitales.

Posteriormente en los 90's Feldkamp, Davis y Kress desarrollaron un algoritmo, en vez de utilizar un haz en forma de abanico, éste se basaba en un haz de radiación en forma de cono, el cual rotara en torno al paciente para la formación de imágenes y se utiliza menor cantidad de radiación para el paciente. Todas las imágenes serán procesadas por el computador/consola del tomógrafo y se pueden obtener imágenes de rotación de 180 a 360 grados, en un tiempo de 10 a 40 segundos (fig. 40).¹⁵



Fig. 40 TCCB.

Y fue hasta el 2001 cuando en odontología se obtuvo el primer sistema comercial disponible y en 2003 llega a México.

5.7.1 Formación de imagen digital TCCB

Todas las imágenes digitales tienen una unidad, lo que conocemos como pixel, en el caso de la TCCB se conoce como voxel, a diferencia del pixel que lo conforman cuadros para obtener la imagen, el voxel obtiene cubos para formar la imagen tridimensional, obteniendo imágenes en diversos planos anatómicos (fig. 41).¹⁵

Durante la formación de imágenes, la radiación se atenúa de acuerdo a la densidad y espesor del tejido que atraviesa, en el caso de imágenes hiperdensas se denominan así por ser imágenes de tejido con alto coeficiente de atenuación, isodensas con atenuación próxima al agua e hipodensas de bajo coeficiente de atenuación, próxima al aire.

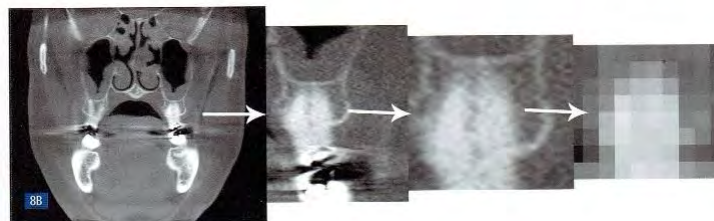


Fig.41 Elementos constituyentes para formar una imagen.

5.7.2 Consideraciones de la dosis de radiación

Existen efectos nocivos de la radiación, tales como los determinísticos, causantes de muerte celular por sobredosis y los estocásticos que alteran las células de forma irreversible alterando el ADN de la célula (tabla 2).¹⁸

Nivel de radiación relativa	Rango estimado de la dosis efectiva (mSv)	
	Adulto	Niño
0	0	0
	<100	<30
	100 - 1000	30 - 300
	1000 - 10 000	300 - 3 000
	10 000 - 30 000	3 000 - 10 000

Tabla 2. Estimaciones del nivel de radiación relativa para niños y adultos por imágenes de ortodoncia.

La edad del paciente será un determinante, debido a que la mayoría de los tratamientos se inician a temprana edad, los niños a diferencia de los adultos son de 2 a 10 veces más propensos a carcinogénesis inducida por radiación (fig. 42).¹⁸

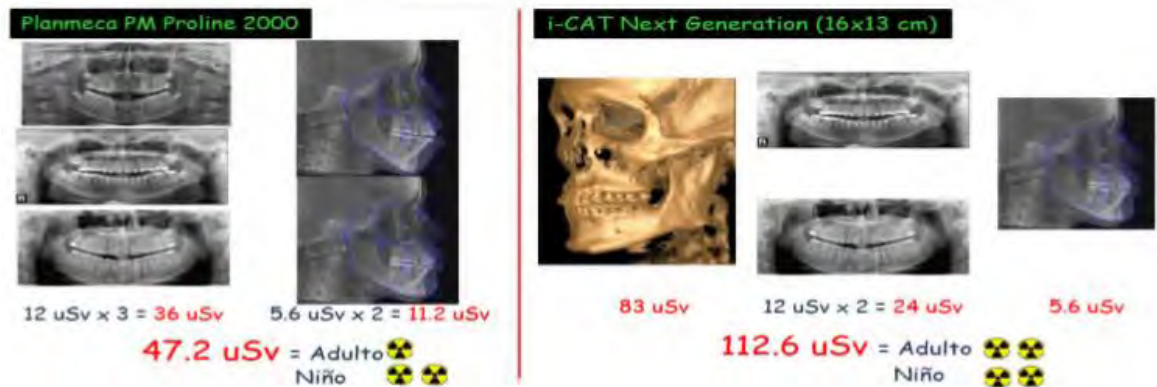


Fig. 42 Comparación entre un protocolo con imágenes convencionales y el protocolo 3D.

5.7.3 Superposiciones en la TCCB

Se puede realizar superposiciones a través de un software conocido como 3D photo wrapping, es capaz de “estirar” esta fotografía convencional sobre la reconstrucción 3D de la superficie facial, teniendo la capacidad de interactuar con el modelo y simular el plan de tratamiento (fig. 43).¹⁵



Fig. 43 Superposiciones.

Capítulo VI. ANÁLISIS 3D

El análisis con base a fotografías en 3D es un auxiliar que nos da ventajas para poder llevar acabo la fotogrametría tridimensional, se definen puntos y planos de referencia.

6.1 Análisis fotogramétrico 3D

La fotogrametría, es un método único que permite la adquisición simultánea de un gran campo visual y angular en un tiempo más corto (1-1.5s)

Este método incluye 5 cámaras digitales réflex de alta definición de objetivo único con flash, el protocolo para poder realizar el escaneo facial se divide en las siguientes fases:

-Fase 1: configuración inicial y preparación del dispositivo de exploración. Cámaras montadas sobre un marco de aluminio, el cual permite la orientación correcta con respecto a la cara que se va a escanear (fig. 44).¹⁶



Fig. 44 Método fotogramétrico 3D.

La estructura se coloca a una distancia de aproximadamente 1mm del paciente y se conecta a un ordenador portátil, utilizado para el control remoto de las cámaras y para grabar las imágenes adquiridas. Dos lámparas multifósforo de luz diurna fluorescente se posicionan para la iluminación difusa de la materia y para facilitar las operaciones de enfoque.

Fase 2: Preparación de la cara para ser asignada.

La cara deberá estar libre de maquillaje, pelo hacia atrás, exponiendo clara y completamente la cara para poder corroborar la textura natural de la piel. Se utilizan 33 puntos de referencia (fig. 45).¹⁶

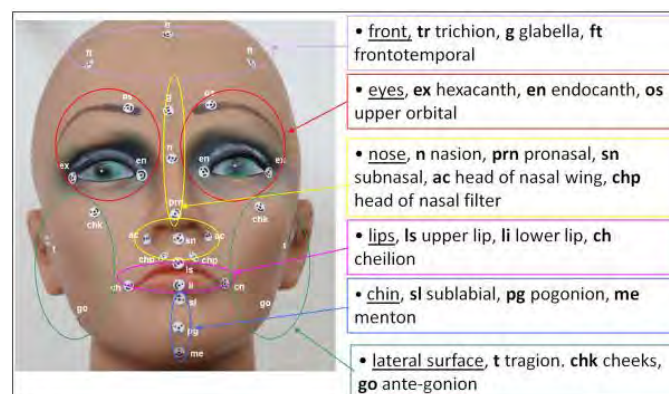


Fig. 45 Puntos de referencia.

Estos puntos anatómicos se marcarán por el especialista para facilitar su localización, los principales puntos de referencia utilizados son: Trichion glabella, Nasion anatómico, pronasal, subnasal, labio superior, labio inferior, pogonión anatómico, mentón anatómico (fig. 46).¹⁶



Fig. 46 Marcación de puntos anatómicos.

Fase 3: Posicionamiento espacial del paciente

La cabeza del sujeto debe estar enmarcada por todas las cámaras, tanto en la parte delantera y en los laterales; cumpliendo fácilmente con las condiciones de la posición natural de la cabeza, que incorpora una expresión natural del tejido blando, con los ojos mirando en la distancia (fig. 47).¹⁶

El paciente deberá estar en reposo, y mientras sonrío, conservará su oclusión dental habitual con la finalidad de no alterar sus medidas antropométricas.



Fig. 47 Posicionamiento del paciente.

Fase 4: Procesamiento de datos

Utilizando los procedimientos adecuados, se obtiene una nube muy densa 3D de los puntos espaciales, los modelos digitales individuales en 3D se crean a partir de dicha nube 3D (fig. 48). Por último, también se crea un procedimiento automático para la extracción de los modelos en 3D y el almacenamiento de las coordenadas de los puntos de referencia seleccionados.¹⁶



Fig. 48. Modelo tridimensional del paciente.

Los modelos 3D permiten el análisis del estudio de las características antropométricas de la cara, es fácil de aplicar en métodos de análisis morfométrico facial, tanto de perfil y en una vista frontal.

El pre-marcado de los puntos anatómicos hace más fácil reconocer sus posiciones en 3D, además de ser más visibles con respecto a otras estructuras de la cara, así mismo, mejora la medición de estos puntos (fig.49).¹⁶

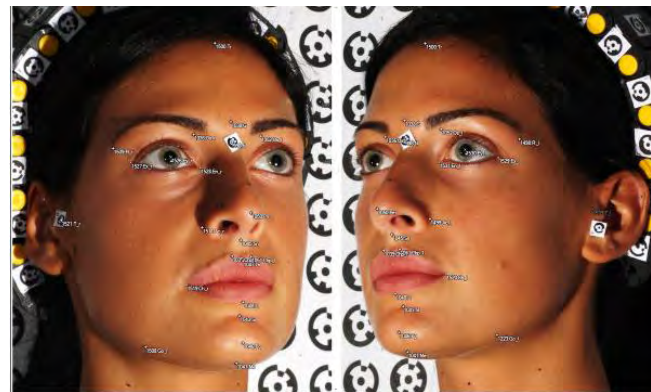


Fig. 49 Puntos antropométricos de referencia.

Los sujetos que se examinan con esta metodología han sido bien aceptados, obteniendo resultados óptimos, es un análisis no invasivo, rápido y fácil de realizar, además de que la colaboración solicitada por parte del paciente será mínima.¹²

6.2 Puntos sobre tejido blando

Las marcaciones de los puntos sobre el tejido blando buscan la representación de todas las estructuras anatómicas que servirán de referencia o que podrán ser alteradas con el tratamiento, podremos considerar 29 puntos suficientes para poder realizar una completa evaluación (tabla 3 y fig. 50).¹⁴

1. Glabella	7. Labio inferior	13. Mentoniano	19. Subpupilar derecha	25. Hendidura bucal derecha
2. Nasion	8. Estomio superior	14. Vértice del cuello	20. Subpupilar izquierda	26. Hendidura bucal izquierda
3. Punta nasal	9. Estomio inferior	15. Cigomático derecho	21. Base alar derecha	27. Gonio derecho
4. Subnasal	10. Punto B	16. Cigomático izquierdo	22. Base alar izquierda	28. Gonio izquierdo
5. Punto A	11. Pogonión	17. Borde orbital derecho	23. Esquina ocular derecha	29. Centro de úvula
6. Labio superior	12. Gnation	18. Borde orbital izquierda	24. Esquina ocular izquierda	

Tabla 3 Puntos sobre tejido blando.

FIG. 18 A,B – PUNTOS SOBRE EL TEJIDO BLANDO.

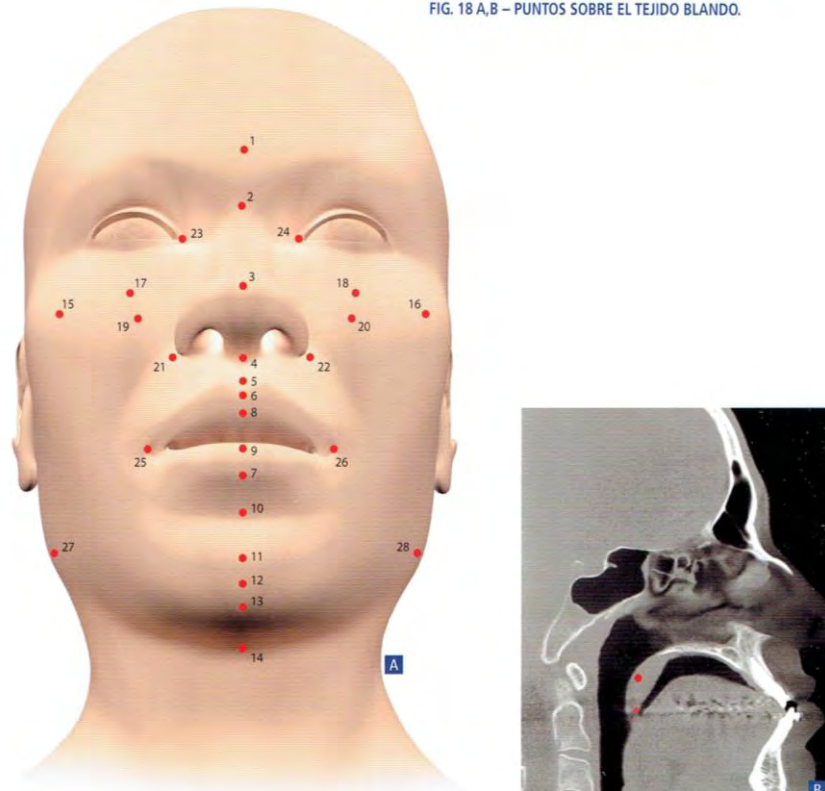


Fig. 49 Puntos en tejidos blandos.



Fig. 50 Puntos marcados para análisis de tejidos blandos con fotogrametría.¹⁹

La antropometría facial corresponde a una disciplina en la que se realizan mediciones en el rostro. Estas mediciones se pueden obtener a través de dos métodos, el directo o físico y el método indirecto, ambos identifican puntos del cuerpo humano y miden las distancias determinadas por éstos tal como lo describe Farkas y cols., en 1980.

El método directo, consiste en la medición de puntos faciales a través de instrumentos como compás, pie de metro, etc. Dentro de los métodos indirectos se ha reportado la fotogrametría mediante fotografías digitales y existe una variación, a través de fotografías tridimensionales. A continuación, se describe los puntos en tejidos blandos, los cuales serán de utilidad para poder realizar este análisis de diagnóstico.⁹ Tabla 4

Tabla 4. Puntos anatómicos

Área	Punto	Definición
Cabeza	Trichion(tr)	Punto en la línea del cabello en la línea media de la frente
Cara	Glabella(g)	Punto más prominente en la línea media entre las cejas
	Zygion(zy)	Punto más lateral de cada arco cigomático
	Gonion(go)	Punto más lateral del ángulo mandibular
	Supramental(sm)	Punto intermedio entre el labio y el mentón
	Pogonion(pg)	Punto más anterior de la línea media en tejido blando del mentón

Continúa.

	Gnathion(gn)	Punto más anterior e inferior en la línea media del borde inferior de la mandíbula
Órbita	Endocanthion(en)	Punto más interno de la comisura palpebral
	Exocanthion(ex)	Punto más externo de la comisura palpebral
	Orbitale(or)	Punto más bajo en el margen inferior de cada órbita
	Palpebralesuperius(ps)	Punto más alto en la porción media en el margen libre de cada párpado superior
	Palpebraleinferius(pi)	Punto más bajo en la porción media en el margen libre de cada párpado inferior
	Orbitalesuperius(os)	Punto más alto en el margen de cada órbita
	Superciliare(sci)	Punto más alto en la porción media del borde superior de cada ceja
Nariz	Sellion(se)	Punto más profundo en el fondo del ángulo nasofrontal
	Pronasale(prn)	Punto más protruido del apéndice nasal
	Subnasale (sn)	Punto medio del ángulo de la base de la columela y la superficie en que se unen el septum nasal con la superficie del labio superior
Labios y boca	Labial superior(ls)	Punto medio de la zona más alta de la línea del bermellón

Continúa

	Labial inferior(li)	Punto medio de la zona más baja de la línea del bermellón
	Stomion(sto)	Punto imaginario donde intersectan la línea media facial y la línea horizontal de la fisura labial
	Cheilion(ch)	Borde lateral de la fisura labial




Tabla 4. Descripción de puntos antropométricos.²⁰

Con base a éstos puntos podemos comparar la fotografía convencional con una en tercera dimensión, debido a que pueden existir errores al momento de la toma de la fotografía y por ende en la posición en la que coloquemos al paciente, sin embargo, en el caso de una toma de fotografía 3D o inclusive al obtener dicha imagen a través de TCCB será más fidedigno, ya que, el paciente es colocado en una posición única y los instrumentos son los que captan desde diferentes puntos dicha imagen.

6.3 Puntos dentales

Los puntos dentales nos sirven de referencia para obtener línea media maxilar y mandibular, será importante para realizar el análisis de espacio y volumen dentario, discrepancias anteroposteriores y discrepancias verticales entre los arcos dentales como la sobremordida (fig. 52).¹⁴

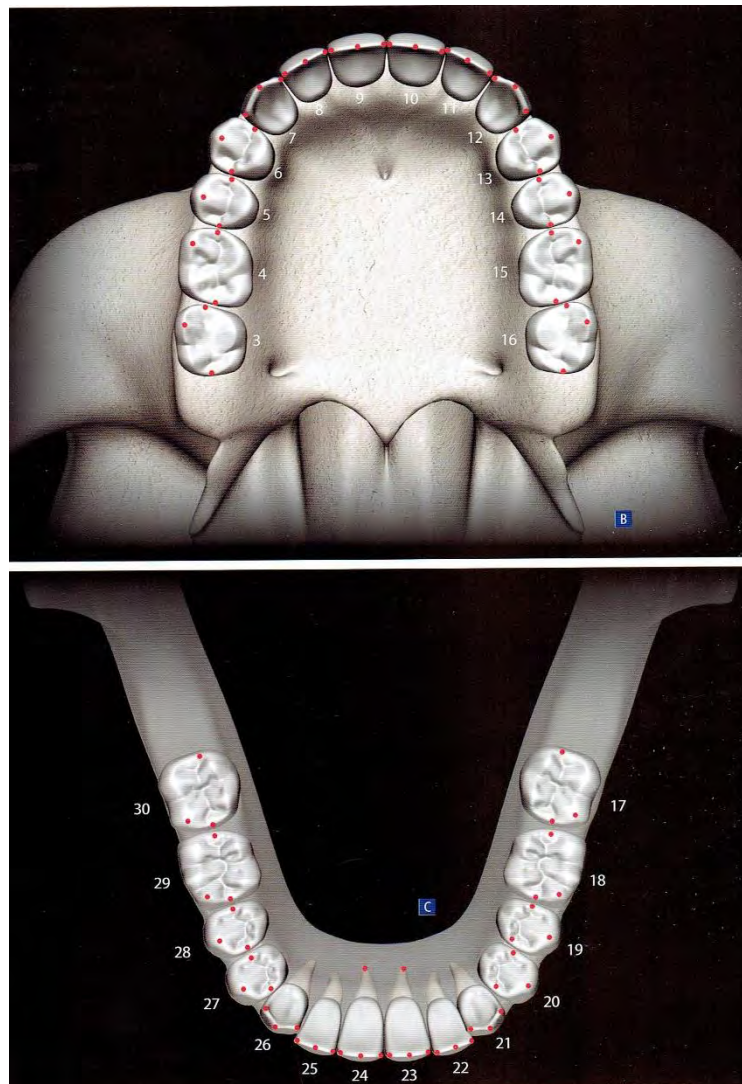


Fig. 52 Puntos dentales.

6.4 Diferencia entre hombres y mujeres

Las caras humanas se encuentran bajo un cambio constante a lo largo de la vida, en especial el crecimiento de la cara y tejidos blandos; durante la adolescencia existen cambios de grosor de dichos tejidos, debido al desarrollo del sistema craneofacial.¹⁹

El método fotogramétrico sigue siendo un método con enfoque accesible para la investigación de rasgos faciales, al realizar este análisis, habrá que dividir a hombres y mujeres, debido a que la anatomía de dichos grupos tendrá una diferencia estadísticamente significativa. Tabla 5

Tabla 5. Diferencias entre hombres y mujeres

Puntos anatómicos	Hombres	Mujeres
Posición maxilar curvatura alar	14.36 mm	12.4 mm
Subnasal posición sagital	23.81 mm	21.21 mm
Subnasal posición vertical	48.32 mm	43.70 mm
Longitud labio superior (sn-st superior)	23.33 mm	20.12 mm
Posición vertical del incisivo central lado izquierdo	72.56 mm	66.74 mm
Posición vertical incisivo central derecho	72.53mm	66.84 mm

Posición vertical canino izquierdo	71.21 mm	64.97 mm
Posición vertical canino derecho	71.47 mm	65.21 mm
Cara anterior Altura de sn-men	72.13 mm	63.03 mm
Distancia de st inferior a menton	47.5 mm	41.43 mm
Posición sagital pogonión	14.84 mm	12.78 mm
Proinclinación de incisivos superiores	20°	16°
Proinclinación de incisivos inferiores	27°	31°
Distancia punto A-B	8.83 mm	7.28 mm

Tabla 5. Diferencias entre hombres y mujeres.

6.5 Resultados al realizar análisis 3D con fotogrametría

Se demostró que al utilizar el método orientando la cabeza de forma natural en conjunto con la línea horizontal verdadera resulta reproducible dentro de 2 grados, sin implicar variación en los resultados anatómicos, tales como: el punto silla-nasión o inclusive el plano horizontal de Frankfurt (fig. 53).¹



Fig. 53 Posición Natural de cabeza para toma de fotografías.

Para realizar el análisis tridimensional fotogramétrico se utilizará, el plano coronal que contacta con las pupilas y perpendicularmente con la horizontal verdadera, en cuanto al plano axial a través de las pupilas y paralelo a la horizontal verdadera, por último, el plano sagital se toma perpendicular a la horizontal verdadera (fig. 54).¹

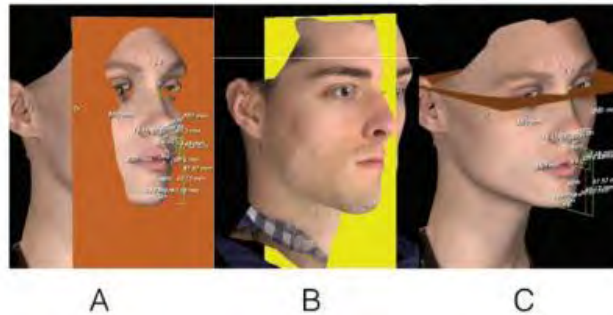


Fig. 54 Planos (A) coronal, (B) axial y (C) sagital.

La mayoría de las mediciones faciales lineales, verticales y transversales fueron mayores en hombres que en mujeres, dicho así, la proyección del mentón, será mayor en hombres (fig. 55).¹

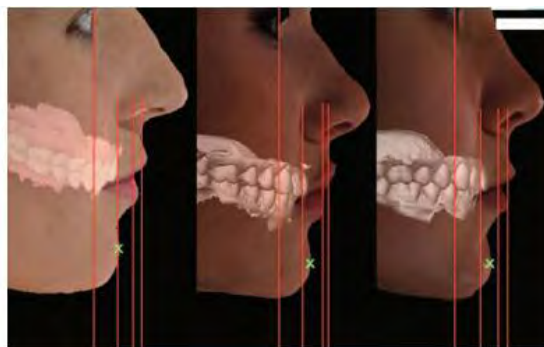


Fig. 55 Proyección del mentón.

Aún faltan muchos estudios que realizar para obtener mayores beneficios, sin embargo, podemos definir que hombres y mujeres habrá que considerarse de forma individualizada para los planes de tratamiento, además que este tendrá que ir encaminado con la opinión del paciente, la fotogrametría en 3D permite obtener mejores beneficios, es una tecnología, si bien, al alcance de muy pocos y con una trayectoria amplia por demostrar que es más precisa que la fotogrametría tradicional que muchos especialistas utilizan.

Con base a estudios realizados se muestran resultados significativos, obteniendo mejor visualización de estructuras y por ende una menor incidencia de errores, con respecto a las normas ya establecidas, se definen dichos cambios antes descritos que dependiendo de la raza y sexo tendrán mayor variación (fig. 56).¹



A



B

Fig. 56 (A) Paciente masculino B paciente femenino.

6.6 Ventajas y desventajas

Una de las principales diferencias con respecto al cone beam, es que en relación con éste la fotogrametría tridimensional compensará la inexactitud de los datos de superficie tales como: cambios en la expresión facial, tejidos blandos y las diferencias en el posicionamiento del paciente, que pueden influir en la exactitud del tratamiento.²¹

El diagnóstico preciso será la clave para la planificación del tratamiento y como consecuencia un tratamiento exitoso. Desde la perspectiva de la función, estabilidad, y estética, el ortodoncista debe planificar el tratamiento dentro de los límites de la adaptación de los tejidos blandos y los contornos del paciente, por tal motivo, el cone beam no suele ser tan fidedigno como lo es la fotogrametría tridimensional.

El uso de un estándar cefalométrico basado únicamente en tejidos duros por sí solo no produciría un tipo de perfil facial óptimo, ya que, el logro de una buena estética facial requiere la consideración de tejidos blandos subyacentes en la planificación del tratamiento ortodóncico.

Sin embargo, las imágenes de los tejidos blandos con TCCB no son muy precisos, no reflejan el verdadero color ni la textura de la piel.

El intervalo de tiempo para tomar las exploraciones con TCCB pueden variar entre las máquinas de 5 a 70 segundos, y un intervalo más largo permite más movimiento, distorsionando la posición natural de la cabeza del paciente.

Una de las desventajas que pueden ocurrir, sería al momento de la integración de los tejidos blandos en 3D y modelos de cráneo; podrían aumentar discrepancias al método diagnóstico, predicción y, por ende, transferir errores en la planificación del tratamiento ortodóncico.²¹

Algunos errores se atribuyen a pequeños cambios en la expresión facial, cambios en los tejidos blandos espaciales, y las diferencias en el posicionamiento del paciente durante la captura. Este sistema utiliza luz blanca de diodos emisores de luz, ya que es seguro para los ojos. Tabla 6

Ventajas	Desventajas
Mayor precisión de tejidos blandos	Integración de tejidos blandos en 3D incorrectos
Textura y color de paciente al momento de la integración 3D	Mayor costo que las fotografías convencionales
Rapidez en la toma de fotografía tridimensional	Variación por movimiento del paciente en la toma de dichas fotografías, al no contar con estabilizadores (mentonera o retención de frente)
Diagnósticos más fidedignos	No se pueden observar tejidos duros
Menor radiación que una TCCB	Mayor radiación que una radiografía convencional

Tabla 6. Ventajas y desventajas.

6.7 Integración de TCCB y 3D

La tomografía computarizada cone-beam, ha tenido un gran auge en nuestros tiempos debido a los avances a la hora de la planificación, ya que nos arroja más datos de las estructuras ósea y tejidos blandos, sin embargo, para éste último no es del todo fidedigno, por tal motivo, habrá que complementarlo con la fotografía tridimensional.

Al realizar una superposición de ambos escáneres obtendremos mejor exactitud, tomando primero la TCCB y seguido del escáner facial con la misma posición del paciente (fig. 57.)²¹

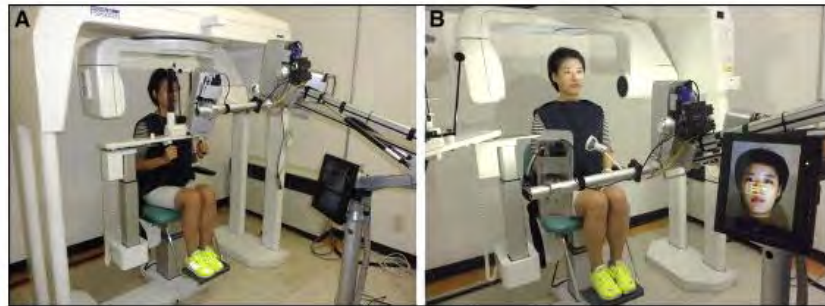


Fig. 57 A TCCB y B Fotografía 3D.

Los pacientes se sentaron 60 a 70 cm delante de la cámara, los pacientes deberán tener la cara y frente descubierta en su totalidad, para evitar la interferencia de la exploración. Se toman 3 imágenes: frontal, oblicuo a la derecha, y oblicuo a la izquierda (fig. 58).²¹

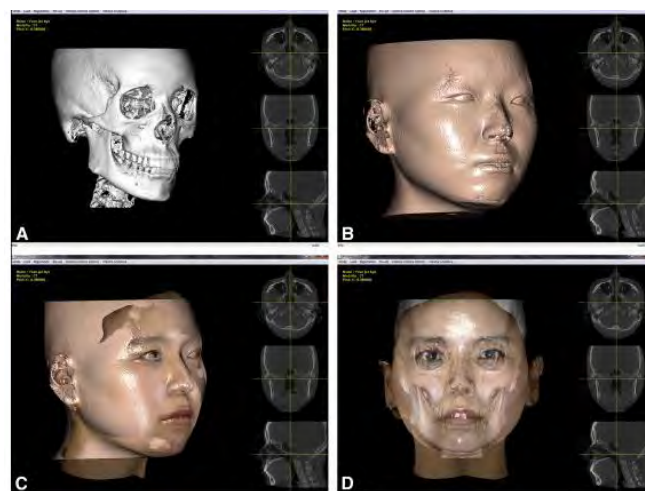


Fig. 58 Integración de imagen obtenida con TCCB y 3D.

El tiempo para la reconstrucción de la imagen facial 3D después de la exploración facial fue de 10 segundos, y el tiempo total de procesamiento para el registro entre la TCCB y las imágenes faciales 3D era 11.263 segundos (fig. 59).²¹

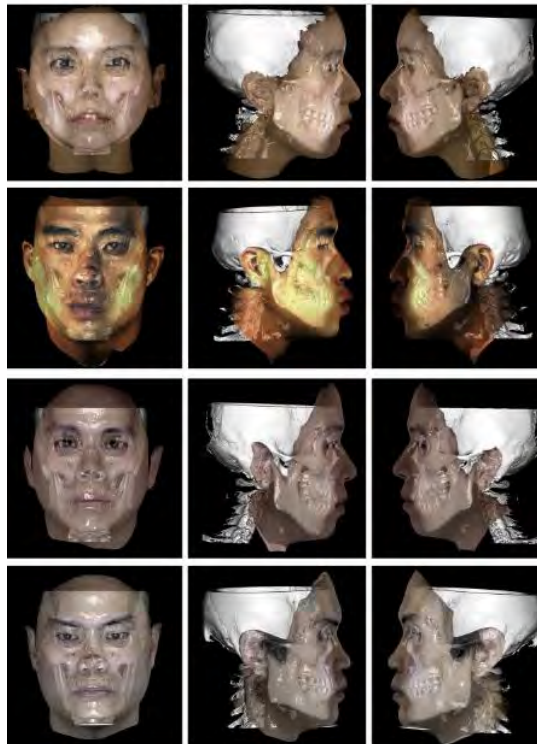


Fig. 59 Combinación de imágenes 3D y TCCB.

La fotografía en 3D es un auxiliar de diagnóstico muy innovador, que se cree en un futuro será utilizado por la mayoría de los especialistas para un mejor y eficiente tratamiento, así como un sustentable auxiliar para el seguimiento de dicho paciente, nos ofrece mejor precisión de los tejidos blandos, los cuales son de vital importancia en conjunto con los tejidos duros para obtener perfiles funcionales y estéticos.

Al combinar una TCCB con una imagen tridimensional los resultados son más precisos, el conjunto de éstos escáneres complementará el plan de tratamiento; se puede evaluar mejor la anatomía y definir los puntos de tejidos blandos y además estructuras óseas para poder realizar un correcto y útil análisis de fotografías, empleando de manera más eficaz y exacta la fotogrametría tridimensional (fig. 60).²¹

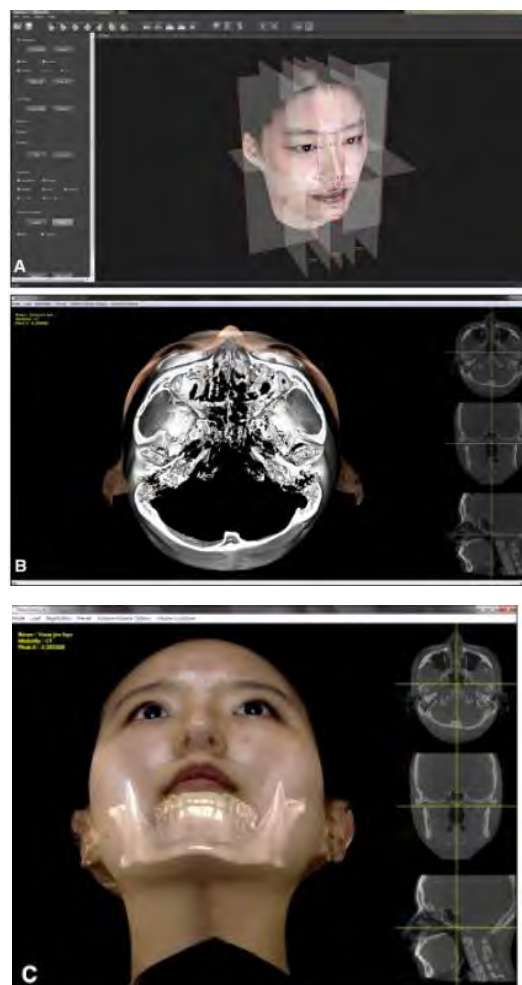


Fig. 60 Análisis fotogramétrico en 3D.

CONCLUSIONES

- ❖ Los auxiliares de diagnóstico comúnmente usados son bidimensionales, cuando sabemos que las estructuras a diagnosticar son tridimensionales, de ahí las limitantes y variaciones para lograr un efectivo tratamiento, la fotogrametría ofrece mejores resultados con respecto a la fiabilidad y mínimo error debido a una mejor visibilidad de las estructuras.
- ❖ Existen diferencias significativas cuando se emplea la fotogrametría en 3D, con base a los estándares de belleza y las normas establecidas en razas caucásicos es notable la diferencia, ya que la raza latinoamericana no se encuentra dentro de dichas normas debido a la variación de sus rasgos físicos, lo cual repercute en el resultado, siendo menos fidedigno y obteniendo deficiencia en la estética.
- ❖ La fotografía en 3D es un auxiliar preciso ya que nos permite localizar con mayor exactitud las estructuras a analizar en nuestro plan de tratamiento, a diferencia de las fotografías convencionales.
- ❖ El análisis cefalométrico de tejidos blandos, es un auxiliar de diagnóstico poco efectivo, considerando que puede haber variabilidad con base a las estructuras localizadas en la lateral de cráneo, y poco útil para el diagnóstico de tejidos blandos.
- ❖ En comparación con la radiación utilizada en una radiografía convencional, es mínimo lo que una imagen tridimensional genera y los resultados son mayores.

- ❖ La fotogrametría supera las limitaciones de la sensibilidad de los tejidos y la exposición a la radiación. El uso de fotografías proporciona registros permanentes de los sujetos y ofrece ventajas en términos de comodidad y posibilidades de futuros análisis, además de un mayor ahorro de tiempo.
- ❖ Al utilizar fotografías para analizar cambios faciales longitudinales, la normalización de la fotografía y la posición de la cabeza del paciente adquiere una importancia crítica, por tal motivo la fotografía tridimensional es efectiva y muy rápida lo que permite un menor error en la captura de dicha imagen.
- ❖ La fotografía 3D tiene mayor fidelidad con relación a la fotografía convencional, debido a errores en la hora de la toma de la misma, sin embargo, en la fotografía 3D, el paciente queda estático y las cámaras desde diferentes puntos obtendrán la imagen, el error de esto será mínimo.
- ❖ Al ser un método innovador, pueden obtenerse mejores resultados debido a la precisión, que a diferencia de una medición tanto antropométrica como fotogrametría con fotografías bidimensionales, es menos precisa que utilizar una fotografía en 3D.
- ❖ Con respecto a los costos, suelen ser tanto más elevados que unos estudios convencionales, pero si planteamos el costo-beneficio, vale la pena invertir en este nuevo auxiliar de diagnóstico.
- ❖ La reducción de errores durante la combinación de exploraciones superficiales de TCCB y 3D es beneficioso para un diagnóstico y análisis más exacto; si bien el cone-beam es un auxiliar muy completo, con relación a una fotografía tridimensional, no es suficiente debido a una menor precisión en la obtención de tejidos blandos, con base a esto podemos decir que la fotogrametría 3D es más eficiente en tejidos blandos que la TCCB.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mohamed I Masoud, et. al, *3D dentofacial photogrammetry reference values: a novel approach to orthodontic diagnosis*. Rev. European Journal of Orthodontics, 2016; 1-11.
2. Frits A Rangel, et. al, *Integration of digital dental cast in 3-dimensional facial photographs*. Rev. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2008; 820-826.
3. Mateu, María E. et. al, *Ortodoncia: premisas, diagnóstico, planificación y tratamiento*, Tomo I; 1ª. Ed., Ediciones de la U.
4. Marco A. Mendoza Corbetto, *Análisis Facial en Ortodoncia*, Caso clínico, 2004; 48-50
5. Hallado en: <http://www.amarna3d.com/project/3d-modelling-bust-nefertiti/>
6. Daljit S. Gill, Farhad B. Nain. *Ortodoncia: Principios y práctica*, Ed. El Manuel Moderno, 2013.
7. Lucía Catalina Rodríguez González, et. Al, *Relación entre la proporción áurea facial y la maloclusión en pacientes mexicanos con criterios faciales estéticos evaluados con máscara de Marquardt que acudieron a la clínica de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Tecnológica de México durante el 2009*. Rev. Mexicana de Ortodoncia 2014; 9-17



8. Jorge Gregort, et. al., *Ortodoncia y cirugía ortognática* 2da ed., p.p. 123-145.
9. Hallado en:
<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137705/Estudio-comparativo-de-mediciones-faciales-fotogram%C3%A9tricas-y-antropom%C3%A9tricas-en-adultos.pdf?sequence=1>
10. Anthony D. Viazis, *Atlas de ortodoncia principios y aplicaciones clínicas*, Ed. Médica Panamericana, 1995.
11. Hurtado Sepúlveda Camilo, *Ortopedia maxilar integral*, Ecoe ediciones, 2012, p.p. 96-102.
12. Hallado en: <http://documents.mx/documents/analisis-de-arnett-y-bergman.html>
13. Hallo en: http://www.beautyanalysis.com/indez2_mba.htm
14. Jeryl D. English, *Destreza en ortodoncia de Mosby*, Ed. Amolca, 2011, pp. 46-48.
15. Mauricio Accorsi y Leandro Velasco, *Diagnostico en ortodoncia 3D*, ed. Amolca, 2014 p.p. 1-148.
16. Roberto Deli , Luigi M Galantucci , et. al., *Three-dimensional methodology for photogrammetric acquisition of the soft tissues of the face: a new clinical-instrumental protocol*. Rev. Deli et al. Progress in Orthodontics 2013; 1-15.

17. Hallado

en:

http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/Fotogrametria/index_file/Page361.html

18. Gina D Roque-Torres, Abraham Meneses-López, et. al., *La tomografía computarizada cone beam en la ortodoncia, ortopedia facial y funcional*. Rev. Estomatol Herediana, 2015; 60-77.

19. Yi Feng, et. Al., *Longitudinal Photogrammetric Analysis of Soft Tissue Facial Changes: A Systematic Review of the Literature and Summary of Recomendations*, Rev. The Journal of Craniofacial Surgery Vol. 26, number 6, September 2015, p.p. 1830-1834.

20. Farkas LG et. Al., *is photogrammetry real?*, The Journal of Craniofacial Surgery, September 1890, p.p. 346-355.

21. Kyung-Yen Nahm et., al. *Accurate registration of cone-beam computed tomography scans to 3-dimensional facial photographs*, Rev. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol. 145 Issue 2, February 2014, p.p. 256-264.