



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**PLANEACIÓN 3D EN CIRUGÍA ORTOGNÁTICA.
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO.**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

P R E S E N T A:

IVÁN ANDRÉS RAMÍREZ

TUTOR: Esp. RAYMUNDO RAMÍREZ LUGO



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.



DEDICATORIAS

A mis padres, Jorge Andrés Salinas y Candelaria Ramírez dedico este trabajo, su contenido y todo lo que representa. Madre, gracias por todo el amor, cariño, dedicación, tiempo y paciencia. Padre, simplemente, gracias por darme en vida la mejor herencia del mundo: la oportunidad de estudiar.

A mis maestros, por enseñarme el camino del conocimiento, por su amistad, consejos, por creer en mí. Sobre todo, gracias por haberme forjado profesionalmente: Itzel Castillejos García, Neyla Gabriela Pérez, Jorge Enrique Martín del Campo Herrera, Gema Flores Garrido, Ernesto Urbina Vázquez, Dulce María Cabanillas González, Laura Mariana Salas Avedaño, Lizbeth Barajas de la Vega y Raymundo Ramírez Lugo.

A mí tutor, Raymundo Ramírez Lugo, por las facilidades para la elaboración de este trabajo, por ser fuente de inspiración y por la gran experiencia de estar en quirófano, sin duda la mejor.

A mis amigos de la Facultad, por todas las vivencias pero sobre todo por su amistad:
Fer, Karla, Javier, Daniel y Camilo.

A mis hermanos, Gabriela, Alma, Jorge, Julio y Fernando, por estar cuando más los necesité. A mi sobrina Naomi: no dejes de estudiar.

A mis primos y amigos, Jaime V, Carlos S, Francisco Z, Gustavo Z, Francisco H, Alejandro H, Ricardo DT, Alberto H, Christian A y Beatriz H.

A la UNAM, pero en especial a la Facultad de Odontología.

GRACIAS



PLANEACIÓN 3D EN CIRUGÍA ORTOGNÁTICA PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES DE CIRUGÍA ORTOGNÁTICA E IMÁGENES 3D ...	2
3. GENERALIDADES EN CIRUGÍA ORTOGNÁTICA.	7
3.1 ETIOLOGÍA DE LAS ANORMALIDADES DENTOFACIALES.....	10
4. GENERALIDADES DE LA TOMOGRAFÍA.....	14
5. PROTOCOLO DE PLANEACIÓN 3D EN CIRUGÍA ORTOGNÁTICA.20	
5.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES 3D	22
5.1.2 CBTC	22
5.1.3 ESCÁNER FACIAL.....	28
5.1.4 ESCÁNER INTRAORAL.....	34
5.2 DIAGNÓSTICO	36
5.3 PLANEACIÓN QUIRÚRGICA 3D.	44
5.4 DISEÑO DE FÉRULAS OCLUSALES QUIRÚRGICAS.....	50
5.5 SINTERIZADO DE FÉRULAS QUIRÚRGICAS OCLUSALES.	52
6. PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO	54
7. DISCUSIÓN	72
8. CONCLUSIONES	73
9. BIBLIOGRAFÍA.....	74



1. INTRODUCCIÓN.

La cirugía ortognática es una alternativa para la resolución de las anomalías dentofaciales, problemas funcionales y estéticos faciales. En la actualidad gracias a la constante evolución en el campo de la imagenología clínica se pueden obtener imágenes 3D mediante CBTC, escáner facial e introral para generar un modelo anatómico 3D.

La incorporación de imágenes 3D, técnicas de diseño asistido por computadora y fabricación por medio de impresoras 3D han permitido que la cirugía ortognática se vea ampliamente beneficiada.

La planeación 3D en cirugía ortognática permite entre muchas cosas una visualización 3D de los componentes anatómicos dentofaciales; una mejor comprensión del estado actual del paciente; realizar diagnósticos digitales; segmentar tejidos duros de interés; realizar osteotomías y ostectomías virtuales; la posibilidad de predecir los resultados en los cambios blandos faciales; modificar las veces necesarias el plan de tratamiento, etc.

La impresión 3D permite la fabricación de férulas oclusales quirúrgicas precisas, haciendo posible transportar la planeación 3D al quirófano.

La planeación 3D en cirugía ortognática es una herramienta de comunicación muy poderosa entre cirujano-paciente, equipo médico y tiene vital importancia en el proceso de enseñanza entre maestro y alumno.

Palabras clave: cirugía ortognática, 3D, planeación 3D, impresión 3D, imágenes 3D, CBTC, escáner oral y escáner facial



2. ANTECEDENTES DE CIRUGÍA ORTOGNÁTICA E IMÁGENES 3D.

El desarrollo progresivo de los acontecimientos que dieron origen a la cirugía ortognática no proviene de una evolución cronológica perfecta: “diferentes cirujanos en diferentes países desarrollaron procedimientos quirúrgicos para reposicionar el maxilar, mandíbula y el mentón, a veces simultáneamente”.⁽¹⁾ La evolución histórica de la cirugía ortognática se describirá de forma breve para conocer la introducción de los procesos quirúrgicos así como los hechos más importantes que les rodean.

En 1849, el cirujano estadounidense **Simon P. Hüllihen** realizó el primer acto quirúrgico ortognático en una paciente de 20 años de edad con una deformidad prognática, con mordida abierta anterior secundaria a quemaduras graves producidas a la edad de 5 años. En dicho proceso, extrajo una sección ósea del cuerpo mandibular en forma de V bilateralmente mediante una osteotomía subapical intraoral en la zona de los primeros premolares. Además estabilizó los segmentos osteotomizados mediante una férula oclusal intraoral que cementó y dejó insitu durante seis semanas; introduciendo así el concepto de inmovilización. La primera osteotomía hemimaxilar se realizó a mediados del siglo XIX por **Bernhard Rudolf Konrad von Langebeck** y la primera osteotomía que hoy se describiría como una Le Fort I la realizó **David Williams Cheever**.^{(2) (3) (4)}

En 1895, **Wilhelm Roentgen** descubrió por accidente unos rayos cuya naturaleza desconocía, por lo que los nombró “X”. La primera radiografía fue tomada el 12 de diciembre del mismo año y en 1901 se le otorgó el premio Nobel de Física⁽⁵⁾. Increíblemente, **Otto Walkhoff** obtuvo una imagen radiográfica de sus propios dientes semanas después al descubrimiento de Roentgen.



Vilray Papin Blair realizó en 1897 la primera ostectomía bilateral a través de un abordaje extraoral con cortes paralelos en la región de premolares.

Los segmentos óseos fueron asegurados mediante una ligadura interósea de cobre. A diferencia de Hullihen que realizó su abordaje sin anestesia, Blair utilizó cloroformo. ⁽⁶⁾

Rodrigues Ottolengui hizo la siguiente declaración“. . . *La resección de una porción de una mandíbula que es de tamaño normal para que encaje en un arco superior que está poco desarrollado... Si la mandíbula es normal, se debe hacer un esfuerzo para colocar la parte anormal (en este caso el maxilar) correctamente, haciendo así que la anormal se ajuste a lo normal.*” ^{(1) (7)}

El cirujano francés **René Le Fort** describió en 1901 los planos naturales de fracturas maxilares y faciales mediante experimentos en cadáveres; aplicándoles traumatismos contundentes, con magnitudes y direcciones diferentes. Las osteotomías tipo Le Fort I, II y III se deben a su similitud. ^{(1) (8)}

En los primeros años del siglo XIX, el profesor estadounidense **Matthew Henry Cryer** desarrolló un motor quirúrgico eléctrico para realizar osteotomías mandibulares y describió una osteotomía semicircular cerca del ángulo mandibular que permitió la rotación vertical del cuerpo mandibular. Además, Cryer señaló lo siguiente: *“En algunos casos, puede ser posible hacer la incisión lo suficientemente alta en la rama para evitar cortar el nervio dental inferior y los vasos... se podría evitar la ruptura del nervio. Las piezas pueden mantenerse juntas mediante suturas de alambre, asistidas por una férula maxilomandibular, que debe hacerse antes de la operación...”*. Todos los procedimientos anteriores comprometían el paquete nervioso, hasta que en 1912 **William M. Harsha** mantuvo íntegro el nervio dentario inferior en una ostectomía mandibular ^{(1) (9), (10)}



Alexander Limberg reportó en 1925 una osteotomía vertical oblicua y en 1927, **Martin Wassmund** describió una osteotomía en L invertida. Ambas osteotomías en las ramas ascendentes de la mandíbula. En el mismo año Wassmund realizaría una osteotomía tipo Le Fort I sin involucrar la placa pterigoidea. ⁽¹⁾

El cefalostato fue inventado por el estadounidense **Broadbent** y el alemán **Hofrath** en 1931, lo que permitió tomar mediciones radiográficas precisas de las vistas laterales del cráneo. Aunque la primera radiografía lateral de cráneo ya había sido tomada por **Paccini** en 1922. ⁽¹⁾ ⁽¹²⁾

En Londres, en 1932, **Kazanjian** hizo una inmovilización intraoral de segmentos osteotomizados mediante aparatos de ortodoncia. ⁽¹³⁾ En 1948, **Hans Pichler y Richard Trauner** definieron la osteotomía escalonada en el cuerpo mandibular para aumentar el área de las superficies osteotomizadas, sugerida inicialmente por **Anton Freiherr von Eiselsberg** en 1906. ⁽¹⁾

La osteotomía alveolar subapical mandibular, descrita por **Hofer** en 1936, fue modificada por **Heinrich Köle** para avanzar el segmento dentoalveolar mandibular, haciendo una osteotomía horizontal, evitando los ápices de los dientes centrales y preservando los nervios mentonianos. También sugirió la ostectomia de la región submentoniana para elevar el segmento oteotomizado en caso de ser necesario. ⁽¹⁾ ⁽¹⁴⁾

Jhon Sowray y Richard Haskell describen un procedimiento para reducir la longitud en sentido transversal de la mandíbula, mediante tres ostectomías (dos bilaterales del primer premolar y una en la sínfisis mandibular) unidas por una osteotomía horizontal apical a las raíces de los dientes anteriores. **Otto Hofer** hizo una osteotomía para avanzar el mentón en 1942. Obwegeser introduce el término genioplastia y el método para realizarla. ⁽¹⁾ ⁽¹⁵⁾



Kazanjian describe en 1951 una osteotomía oblicua que inicia en la cara medial de la rama mandibular, por arriba de la línula, y termina en la cara lateral mandibular. **Sir William Arbuthnot Lane** realizó en 1905 una osteotomía horizontal, por arriba del foramen mandibular y la línula, dividiendo transversalmente la rama mandibular. **Karl Schuchardt** describe una osteotomía horizontal escalonada de la rama mandibular. ⁽¹⁶⁾
⁽¹⁷⁾

El 17 de febrero de 1953, **Hugo Lorenz Obwegeser** realizó la primera osteotomía sagital de la rama mandibular. **Giorgio Dal Pont** y **Ervin Eugene Hunsuck** sugirieron modificaciones a la osteomía de Obwegeser. **Jack B. Cadwell** y **Gordon S. Letterman** describieron la osteotomía vertical subgmoidea ⁽¹⁾ ⁽¹⁸⁾ ⁽¹⁹⁾

William H Bell reportó que la vascularización de los segmentos osteotomizados se mantiene a partir de pedículos intactos de tejido blando y que los efectos isquémicos son transitorios. Obwegeser, considerado ya como el padre de la cirugía ortognática moderna, realizó el primer procedimiento bimaxilar simultáneo (un avance maxilar mediante una osteotomía tipo Le Fort I y un retroceso mandibular por medio de una osteotomía sagital bilateral) en 1969. ⁽²⁰⁾ ⁽²¹⁾

Godfrey Housfield obtuvo la primera imagen *in vitro* de una tomografía computada en 1970 y en 1979 recibió junto a **Allan Cormack** el premio Nobel de Fisiología y Medicina. En 1972, el primer tomógrafo computado se instaló en el Hospital Atkinson Morley de Londres. Era utilizado sólo para imágenes cerebrales. Las primeras imágenes topográficas de abdomen se obtuvieron en 1975. ⁽⁵⁾

En 1973, se comercializó el tomógrafo de **1ª generación** EMI MARK I, donde la fuente de rayos X generaba un rayo del tamaño de un lápiz, lo que ocasionaba un tiempo aproximado de 5 min por un corte axial. La **2ª generación** es más rápida gracias a que introducen más receptores y que



el haz del rayo tenía forma de abanico, lo que aumentaba el campo de visión. ⁽²²⁾

En 1974, el cirujano estadounidense **Robert Bruce MacIntosh** describió la osteotomía subapical (alveolar) mandibular total, lo que permitió desplazar todo el proceso alveolar en dirección sagital. ⁽²³⁾

En 1975, apareció el tomógrafo de **3ª generación**, incorporando la eliminación del movimiento de traslación de las generaciones pasadas. En 1976, apareció la **4ª generación** de tomógrafos con receptores en forma de anillo que rodeaban al paciente. **La 5ª generación** de tomografía por rayos de electrones (*Electron Beam CT*) se introdujo en el año de 1980 pero su elevado costo hizo casi imposible su adquisición. ⁽²²⁾

Uno de los principales problemas con las imágenes de la tomografía en los hospitales se debía a que cada empresa manejaba un formato diferente para resolver este problema. En 1983, se reunieron La ACR (*American College of Radiology*) y la NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) para estandarizar la visualización, impresión, almacenamiento y transmisión de las imágenes médicas conocido como protocolo **DICOM** (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). La primera versión de éste fue lanzado en 1985. ⁽⁵⁾

En 1989 fue desarrollada la tomografía helicoidal o en espiral de **6ª generación**. Esto impulsó el desarrollo de las arquitecturas con múltiples detectores y, en 1998, llevó a la introducción de modelos de **7ª generación**: tomógrafos multicortes (*MSCT, Multi-Slice Computed Tomography*), también llamados multidetectores (*MDCT, del inglés Multi-Detector Computed Tomography*). El mismo año **Mozzo**, et.al. introdujo el nuevo tipo de TC utilizando un haz cónico en vez de utilizar un haz en forma de abanico para la formación de imágenes dentomaxilofaciales. ^{(22) (24)}



3. GENERALIDADES EN CIRUGÍA ORTOGNÁTICA.

El término “ortognático” proviene del griego “*ortos*” y “*gnathos*” que significan recto o correcto y mandíbula respectivamente. ⁽²⁵⁾

La cirugía ortognática se define como el reposicionamiento quirúrgico del maxilar y/o mandíbula y/o de sus segmentos, con el fin de mejorar la función del sistema estomatognático; corregir la estética dentofacial afectada por anomalías dentofaciales y/o mejorar la calidad de vida en, por ejemplo, pacientes con síndrome de apnea obstructiva del sueño.

Las deformidades dentofaciales son el resultado de la anomalía morfológica y funcional de los componentes óseos, musculares y dentarios que conforman el sistema estomatognático. Existe una interacción de factores genéticos y ambientales en la etiología de la desproporción dentofacial y la mal oclusión. Se ha establecido que cada hueso facial tiene un tamaño y potencial de crecimiento predeterminado genéticamente, sin embargo, también se conoce que el crecimiento óseo facial está determinado por la actividad muscular y componentes dentales, así como la función nasofaríngea, comúnmente conocido como matriz funcional. ⁽²⁵⁾
(26) (27)

Los procedimientos quirúrgicos ortognáticos utilizados hoy en día implican el reposicionamiento de los segmento(s) maxilar(es) y mandibular(es) en relación de los diferentes planos del espacio y ejes de rotación anatómicos. Los segmentos dentoalveolares de los procesos maxilares pueden reposicionarse en los tres planos del espacio y ejes de rotación anatómicos.

Tabla 1.

Tabla 1. Movimientos de reposicionamiento maxilar, mandibular y mentón. De acuerdo a los 3 principales planos anatómicos.

Reposicionamiento Maxilar	
Plano sagital	Reposicionamiento o avance anterior Reposicionamiento o avance posterior
Plano frontal	Reposicionamiento o impactación superior Reposicionamiento o asentamiento inferior
Plano transversal	Reposicionamiento transversal a izquierda o derecha Expansión transversal
Eje sagital	Impactación / asentamiento discrepante derecho o izquierdo
Eje longitudinal	Rotación del maxilar hacia la izquierda o derecha
Eje transversal	Impactación / asentamiento de la cara posterior en relación con la cara anterior
Reposicionamiento Mandibular	
Plano sagital	Reposicionamiento o avance anterior Reposicionamiento o avance posterior
Eje transversal	Rotación hacia adelante (antihorario / cierre de boca) Rotación hacia atrás (sentido del reloj / apertura de boca)
Reposicionamiento del Mentón	
Plano Sagital	Avance Retroceso
Plano Frontal	Aumento vertical Reducción vertical
Plano transversal	Expansión transversal Reducción transversal Asimetría



Los objetivos generales de la cirugía ortognática, como lo dice su definición, consisten en corregir por medios quirúrgicos las anomalías dentofaciales, ya sea de origen genético y/o del desarrollo.

La mejora de la apariencia dentofacial sin duda suele ser la principal motivación del paciente. Además, la mejora de las funciones del aparato estomatognático es un factor importante en la toma de decisiones ya que podrán incidir, masticar y deglutir alimentos sin que se generen traumatismos de los tejidos blandos y duros. La apertura de las vías aéreas se ve mejorada con los procedimientos quirúrgicos, así como la disfunción de la articulación temporomandibular. ⁽²⁵⁾

El diagnóstico por imagen de las anomalías dentofaciales se ha basado en radiografías laterales de cráneo, posteroanterior (PA) y ortopantomografías. Estos exámenes proporcionan imágenes bidimensionales (2D) de estructuras tridimensionales (3D), las cuales han sido reemplazadas por imágenes 3D que se han utilizado para establecer el diagnóstico y la planificación del tratamiento de los pacientes; permitiendo la evaluación de la relación dental, el esqueleto maxilofacial y el tejido blando.



3.1 ETIOLOGÍA DE LAS ANORMALIDADES DENTOFACIALES.

El estudio de los gemelos para determinar la relación entre genética y ambiente en la maloclusión sigue un patrón sencillo que parte de la observación de la diferencias entre gemelos monocigóticos (genéticamente idénticos) y gemelos dicigóticos (que comparten un 50% de su genoma). Se descubrió que las diferencias de los gemelos monocigóticos se deben al entorno (medio), mientras que en gemelos dicigóticos (comparten un 50% de su genoma) son debidas al medio ambiente y al genotipo. ⁽²⁵⁾ ⁽²⁸⁾

Diferentes autores han investigado mediante este método la predisposición genética para maloclusiones así como la determinación genética de la dimensión vertical. Concluyendo que la determinación genética más fuerte es para maloclusiones clase III y clase II división 2 y discrepancias esqueléticas verticales. Por lo tanto, estas anomalías eventualmente requerirán corrección ortognática. ⁽²⁵⁾

Se han sugerido varios sistemas de clasificación para las anomalías dentofaciales, unas menos complejas que otras. Una de las clasificaciones sugiere describir el parámetro morfológico principal de la maloclusión, *descriptor primario* seguido del *descriptor secundario*. **Tabla 2.**

ANORMALIDADES MAXILARES	DESCRIPTOR PRIMARIO	DESCRIPTORES SECUNDARIOS
Exceso maxilar sagital en relación al complejo craneofacial.	Tamaño excesivo del maxilar (macrognacia), posición anterior (prognatismo) o ambos.	Parámetros alveolodentales Relaciones dentoalveolares sagitales <ul style="list-style-type: none"> ◦ Incisivas (Clase I, II / 1, II / 2, III) ◦ Relaciones caninas ◦ Relaciones molares y premolares Relaciones dentoalveolares verticales <ul style="list-style-type: none"> ◦ Sobremordida vertical overbite <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Promedio <input type="checkbox"/> Profundo <input type="checkbox"/> Reducido <input type="checkbox"/> Mordida abierta anterior ◦ Sobremordida horizontal overjet <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mordida abierta promedio <input type="checkbox"/> Abierta <input type="checkbox"/> Mordida abierta lateral <input type="checkbox"/> Mordida abierta posterior. <input type="checkbox"/> Mordida cruzada ◦ Relaciones dentoalveolares transversales <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mordida cruzada
Deficiencia maxilar sagital	Tamaño reducido del maxilar en sentido sagital (micrognatia), posición posterior (retrognacia) o ambos	
Exceso vertical del maxilar	Crecimiento vertical excesivo del maxilar y dentoalvéolo asociado en dirección inferior <ul style="list-style-type: none"> . Total . Posterior . Anterior - generalmente debido a la rotura excesiva de los incisivos 	
Deficiencia vertical del maxilar	Reducción del crecimiento vertical del maxilar y del dentoalvéolo asociado en una dirección inferior <ul style="list-style-type: none"> . Total . Anterior: debido a una erupción impedida de los incisivos superiores (por la lengua o un hábito prolongado de succión de los dedos) 	
Exceso del maxilar transversal	Dimensión transversal del maxilar, que puede derivar en mordida en cruzada bilateral	
Deficiencia del maxilar transversal	Dimensión transversal estrecha, que conduce a mordida cruzada, morderse la lengua y posiblemente acumulación de comida en el paladar (si es una bóveda palatina alta y estrecha)	
Asimetría maxilar	<ul style="list-style-type: none"> . Traslación corporal a izquierda o derecha (poco común) . Inclinación transversal del plano oclusal maxilar (generalmente secundario a una asimetría mandibular) 	

Tabla 2. Clasificación de anomalías dentofaciales según los descriptores primarios y secundarios (los descriptores primarios son predominantemente de etiología esquelética; los descriptores secundarios pueden tener una etiología multifactorial). ⁽²⁵⁾

ANORMALIDADES MANDIBULARES	DESCRIPTOR PRIMARIO	Parámetros Estéticos
Exceso mandibular sagital	Tamaño excesivo de la mandíbula (macrognatia), posición anterior (prognatismo) o ambos	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Exposición de los incisivos superiores en reposo y animación ◦ Exposición gingival en reposo y animación ◦ Inclinación de incisivos <p>Parámetros del tejido blando</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Competencia labial ◦ Completo (competencia de labios) ◦ Incompleto (incompetencia de labios) ◦ Competencia de labios debido a incisivos maxilares interpuestos <p>Altura de los labios:</p> <p>El aumento o la reducción de la altura de los labios puede tener consideraciones funcionales, así como consideraciones estéticas en relación con la exposición de los incisivos</p> <p>Trampa del labio inferior:</p> <p>Labio inferior atrapado detrás de los incisivos superiores en un paciente de clase II, lo que provoca su proclinación.</p>
Deficiencia mandibular sagital	Tamaño reducido de la mandíbula (micrognatia), la posición posterior (retrognatia) o ambos	
Rotación de crecimiento mandibular anterior	Hacia adelante o en el sentido de las agujas del reloj	
Rotación del crecimiento mandibular posterior	Hacia atrás o en sentido antihorario	
Asimetría mandibular	<ul style="list-style-type: none"> . Alargamiento hemimandibular . Hiperplasia hemimandibular . Hiperplasia condilar unilateral . Falta de crecimiento unilateral 	
ANORMALIDADES DE MENTON	DESCRIPTOR PRIMARIO	
Exceso de mentón (óseo)	<ul style="list-style-type: none"> . Sagital . Vertical . Combinación de ambas 	
Deficiencia de mentón (ósea)	<ul style="list-style-type: none"> . Sagital . Vertical . Combinación de ambas 	

Tabla 2 continuación... (25)

COMBINACIÓN DE ANORMALIDADES	DESCRIPTOR PRIMARIO	<p>Grosor de los tejidos blandos</p> <p>Lengua</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Posición: p. ej., Posición de reposo hacia adelante entre los incisivos, lo que impide su erupción completa ◦ Actividad: p. ej. endógeno de la lengua que conduce a una mordida abierta anterior del tejido blando y una proclinación excesiva de los incisivos <p>Parámetros funcionales</p> <p>Desplazamientos mandibulares</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Anterior en pacientes Clase III ◦ Lateral que conducen a una pseudo asimetría <p>Reposo postural mandibular</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Posición de espacio de la autopista y sobrecierre
Patrón esquelético de clase III	Deficiencia sagital del maxilar y exceso sagital de la mandíbula	
Anormalidad de la cara alta	Aumento de la altura de la cara. Particularmente la altura de la cara anterior inferior, debido a Exceso Vertical del Maxilar (total o posterior); rotación hacia atrás de la mandíbula; aumento del ángulo del plano mandibular y exceso de mentón vertical	
Anormalidad facial corta	Reducción de la altura de la cara anterior inferior debido a Deficiencia Vertical del Maxilar y sobrecierre mandibular; rotación hacia adelante de la mandíbula; un ángulo del plano mandibular reducido, generalmente asociado con prominencia relativa del mentón debido al sobrecierre mandibular	
Anormalidad de ángulo alto	La anomalía del ángulo se refiere a pacientes con un ángulo del plano mandibular aumentado y un ángulo gonial obtuso aumentado, generalmente asociado con una altura de la cara anterior inferior aumentada y una mordida abierta anterior o Exceso Vertical del Maxilar; el patrón esquelético sagital puede ser de Clase I, II o III.	
Anormalidad de ángulo bajo	Un "ángulo bajo" referido a pacientes con un ángulo del plano mandibular reducido y un ángulo gonial reducido, generalmente asociado con una altura de la cara anterior inferior reducida y una sobremordida incisiva profunda; el patrón esquelético sagital puede ser de Clase I, II o III.	

Tabla 2 continuación... (25)



4. GENERALIDADES DE LA TOMOGRAFÍA.

Las primeras aplicaciones de la tomografía computarizada (TC) en el momento de su introducción en 1971, permitían obtener únicamente imágenes axiales del cerebro de interés neurológico. Esta tecnología fue desarrollada por Godfrey Housfield basándose en los trabajos matemáticos de Allan Cormack. Ambos recibieron el premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1979. No pasó mucho tiempo para que se desarrollaran nuevas tecnologías para adquirir imágenes del resto del cuerpo. Primero se hizo por medio de tomógrafos axiales computarizadas (TAC) con una única fila de detectores. En 1976 y en 1989 se introdujo un tomógrafo helicoidal, múltiples detectores se introdujeron en 1998. En el mismo año Mozzo, et.al. diseñó un nuevo tipo de TC utilizando un haz cónico en vez de utilizar un haz en forma de abanico para la formación de imágenes dentomaxilofaciales. ^{(24) (29) (30)}

El principio básico de la tomografía radica en la utilización de rayos X, descubiertos por Wilhelm Rontgen en 1895. A diferencia de éstos, los rayos no se proyectan sobre una película (radiografía) ni se impregnan con sales para revelar la imagen. Sin embargo, se utilizan detectores conectados a una computadora (similares a los que se utilizan en la radiología digital) para procesar la información y generar imágenes 3D. Además el tubo emisor de rayos X se encuentra en movimiento, rotando alrededor del paciente.

En la 1ª generación de tomógrafos, los rayos X inciden paralelamente por medio de un movimiento de traslación a lo largo del paciente. Este proceso se repite con un movimiento rotacional que incrementaba de forma gradual 1° hasta completar 180°. Esto permitía obtener imágenes en el plano axial (*corte*, tomó de ahí su nombre). El paciente permanece inmóvil sobre una mesa en posición decúbito dorsal; una vez completado un corte, se avanza al paciente al siguiente corte hasta alcanzar de forma secuencial los cortes

de la región a estudiar. **Figura 1 a.** La 2ª generación funciona con la misma tecnología de la 1ª generación, aunque con cambios que lo hacen más eficiente y rápido. Uno de ellos es la adición de más receptores. La fuente emisora de rayos X toma forma de abanico para aumentar así el campo de visión. La necesidad de obtener tomografías en un periodo de tiempo más corto originó el desarrollo del tomógrafo de 3ª generación. Esto se logró eliminando del sistema el movimiento de traslación. Ahora los receptores y el tubo emisor de rayos X rotan simultáneamente alrededor del paciente **Figura 1 b.** La característica más importante de la 4ª generación de tomógrafos es que los receptores están situados en el *gantry* en forma de anillo que rodea al paciente, mientras que el tubo emisor de rayos X permanece en rotación **Figura 1 c.** ^{(22) (31)}

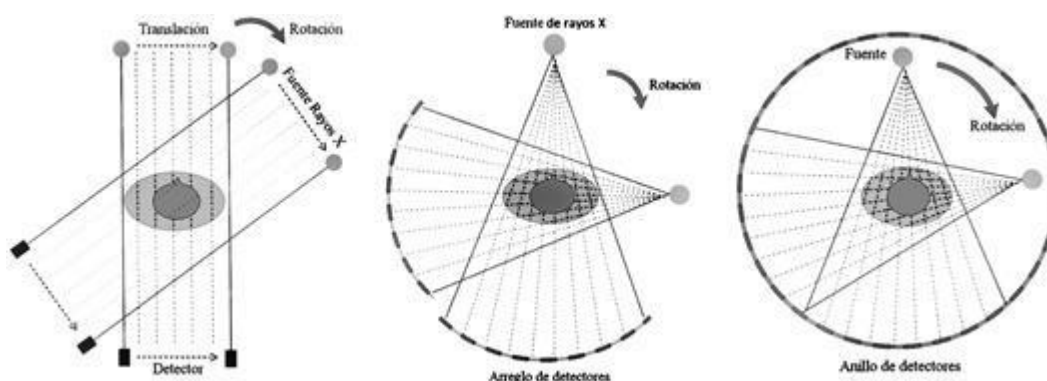


Fig. 1 Generalidades de la tomografía. Generaciones representativas de la evolución de la tomografía. **A.** Tomógrafo de primera generación. Utiliza un método de traslación-rotación y genera proyecciones paralelas. **B.** Tomógrafo de tercera generación. Nótese que los rayos forman una especie de abanico (*fan beam*) y tanto la fuente de rayos X como el arreglo de detectores rotan dentro del *gantry*. **C.** Tomógrafo de cuarta generación. Sólo la fuente de rayos X es rotada a través de un anillo de detectores estacionario; las proyecciones son también en forma de abanico.

La 6ª generación de tomógrafos se produjo en 1989 a partir del mecanismo de la 3ª generación. El tubo emisor de rayos X rota 360° de forma continua. Al mismo tiempo la mesa avanza a través del gantry hasta terminar los

cortes necesarios, generando un efecto en espiral, de ahí su nombre. **Figura 2.** A demás la TC Helicoidal o en Espiral introduce un nuevo término: *Factor de paso o pitch*, que es igual al cociente de la distancia (en mm) que se desplaza la camilla en una rotación del gantry, y la longitud del haz que emite el colimador de los rayos (en mm). Usualmente el *pitch* se encuentra en 1 y 1,5 para garantizar la cobertura del área a examinar y además evitar que los cortes axiales sean interpolados entre puntos muy lejanos. En general, un *pitch* lento genera mayor nitidez mientras que un *pitch* rápido genera menor nitidez de la imagen. **Figura 3.** ⁽²²⁾ ⁽³⁰⁾.

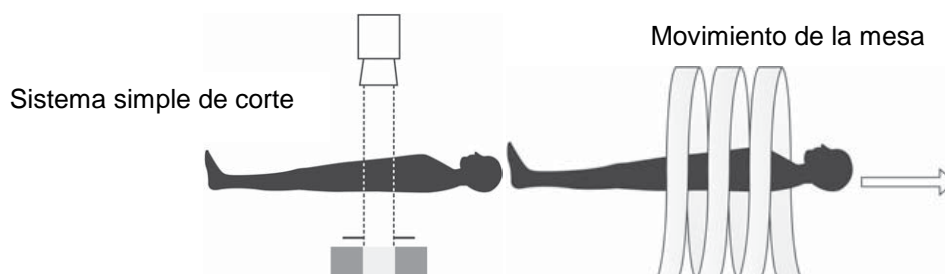


Fig. 2. Generalidades de la tomografía. TC helicoidal de un solo corte. El tubo de rayos x gira continuamente a medida que el paciente se mueve a una velocidad constante. ⁽³²⁾

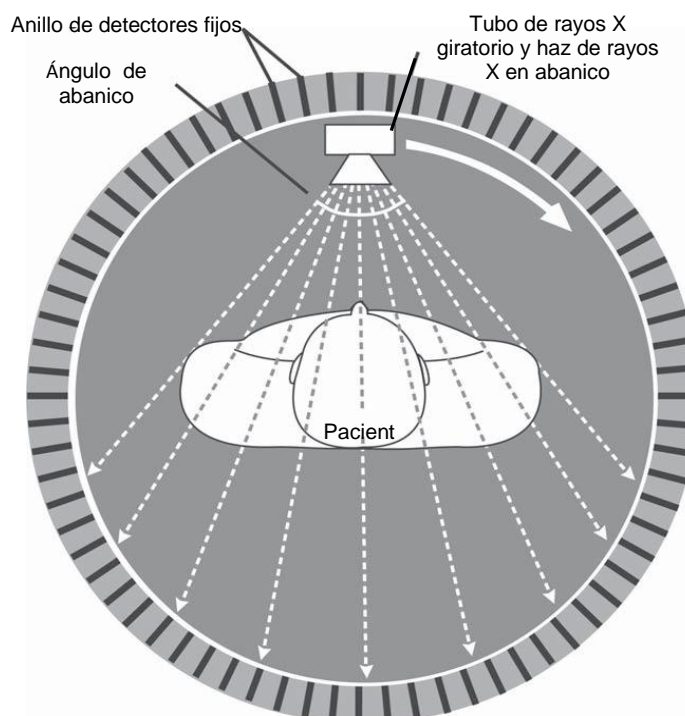


Fig. 2. Continuación. Sistema Helicoidal. Anillo de detectores que rodean a un Paciente. ⁽³²⁾

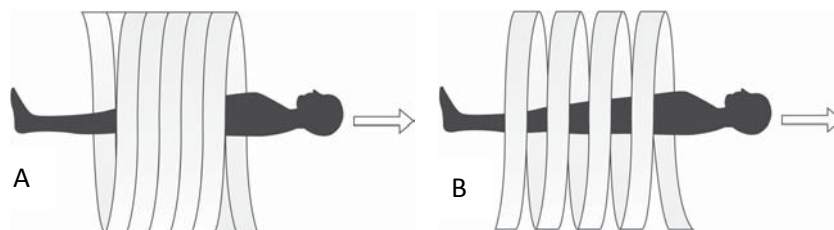


Fig. 3 Generalidades de la tomografía. **A.** El *pitch* es bajo y la mesa se mueve menos por cada rotación del tubo emisor de rayos x, lo que genera una imagen más nítida. **B.** El *pitch* es alto y la mesa se mueve más por cada rotación del tubo emisor de rayos x lo que resulta en pérdida de la calidad de la imagen. ⁽³²⁾

La posibilidad de generar imágenes de forma rápida demostró las ventajas del TC helicoidal. Sin embargo, el tubo emisor de rayos X se sobrecalentaba cuando se deseaba aumentar la definición de las imágenes, haciendo que los cortes fueran más delgados. Esto impulsó el desarrollo de la 7ª generación. Se desarrollaron los tomógrafos multicortes (MSCT, del inglés Multi-Slice Computed Tomography), también llamados multidetectores (MDCT, del inglés Multi-Detector Computed Tomography). Esta generación se destaca por agregar más líneas de detectores, además sustituye el haz en forma de abanico por un haz en forma de cono *cone-beam* (CBTC) **Figura. 4.** Estos tomógrafos permiten obtener datos de varios cortes simultáneamente, reduciendo así las rotaciones del tubo emisor de rayos X y por lo tanto evitando el sobrecalentamiento del mismo.

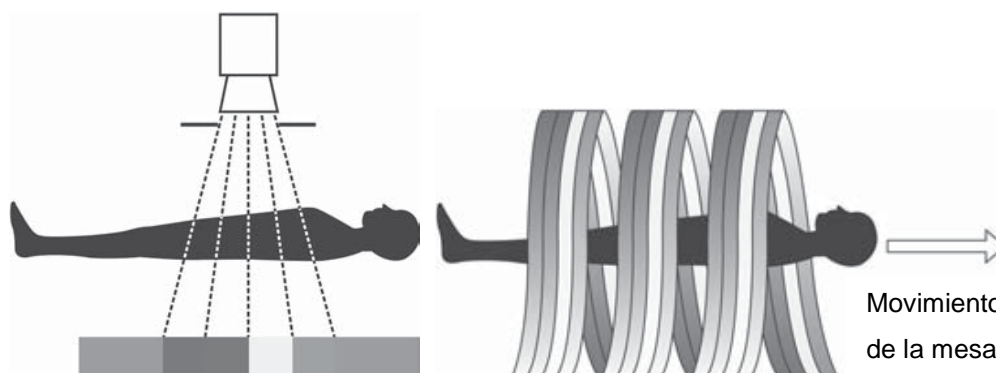


Fig. 4 Generalidades de la tomografía. TC Helicoidal multidetector: aquí se muestran cuatro detectores. ⁽³²⁾



Las dos diferencias principales que distinguen a las CBTC de la TC tradicional son las siguientes: el complejo fuente-detector de imágenes y el método de adquisición de datos. En la CT, la fuente de rayos X es giratoria; genera un haz de rayos X en forma de abanico y los datos son registrados por detectores dispuestos en una matriz de 360°. Mientras que en la CBTC la fuente de rayos X es fija, de baja energía, proyecta un haz de rayos X en forma de cono y los datos son registrados por un sensor en forma de placa similar al que usan los ortopantomógrafos. **Figura 5.** ⁽³³⁾

Los TC convencionales toman una serie de cortes en el plano transversal o de un movimiento continuo en espiral en el eje axial. Actualmente la CBTC utiliza uno o dos barridos de rotación. Estos se pueden fusionar para generar un volumen dental / maxilofacial completo.

Los tiempos de adquisición de imágenes varían aproximadamente entre 5 a 90 segundos. La dosis efectiva de radiación de la CBTC puede ser tan baja como valores de 40 mSv a 50 mSv. En comparación, la dosis de radiación efectiva de una serie radiográfica completa varía de 33 a 84 mSv y de 14 a 100 mSv. Mientras que para la TC, la dosis efectiva de radiación es de 30 a 650 mSv, según el área del examen. ⁽³³⁾ Esta es una indicación para utilizar CBTC en lugar de TC.

La capacidad de adquirir imágenes con una calidad de imagen superior, los costos reducidos de la CBTC, una mejor integración con los softwares de planificación quirúrgica virtual y la posibilidad de adquirir imágenes maxilofaciales en la posición natural de la cabeza (PNC) hacen de la CBTC una mejor opción en comparación con la TC. ⁽³⁴⁾

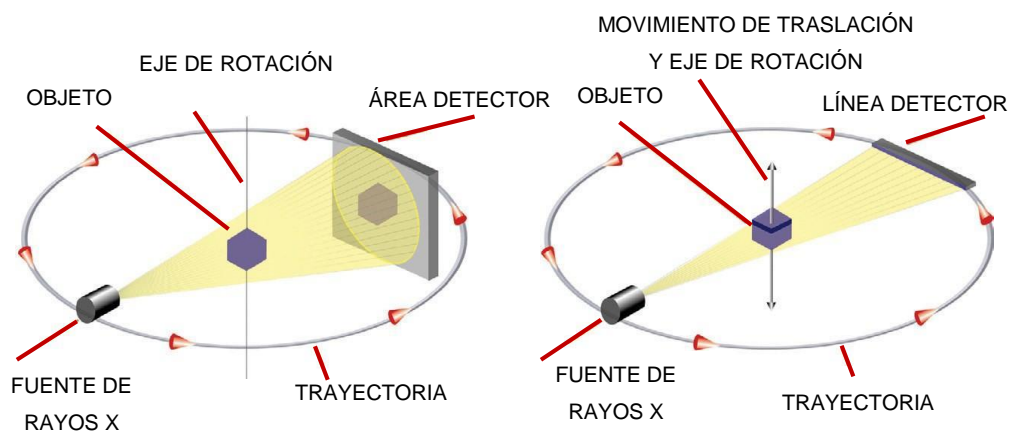
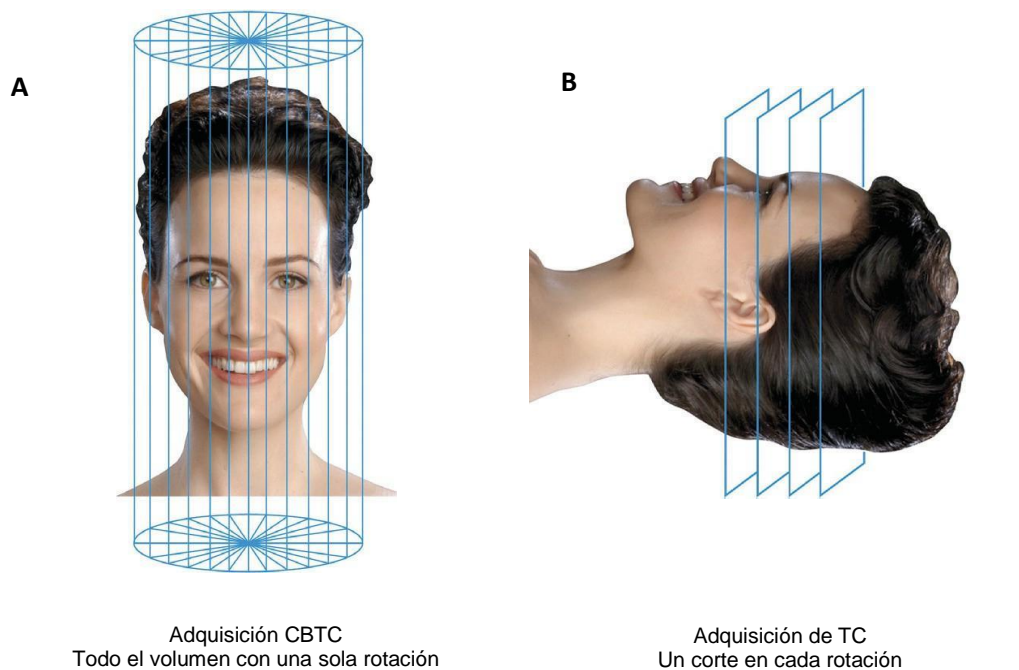


FIG. 5 Generalidades de la tomografía. Las principales diferencias entre CBTC **(A)** y la TC tradicional **(B)** son el tipo de complejo fuente-detector de imágenes y el método de adquisición de datos. (33)



5. PROTOCOLO DE PLANEACIÓN 3D EN CIRUGÍA ORTOGNÁTICA.

La base de la planificación 3D en cirugía ortognática es obtener un modelo anatómico 3D del paciente que incluye los tejidos blandos faciales, tejidos duros subyacentes y la dentición del paciente.

La planeación 3D en cirugía ortognática tiene su fundamento y precisa una valoración clínica de la estética facial y del funcionamiento del sistema estomatognático, la cual incluye los siguientes objetivos de tratamiento que son:

- a. Oclusal
- b. Articular
- c. Periodontal
- d. Fonético
- e. Vía aérea
- f. Estético

Exactamente igual que un protocolo análogo o 2D.

El protocolo de planificación virtual 3D requiere la recopilación de los siguientes estudios:

- 1- TAC de cráneo y macizo facial en PNC, dientes separados 2 mm con ceras en posición de relación céntrica (RC) en formato DICOM o;
- 2- CBTC de cráneo y macizo facial en PNC, dientes separados 2 mm con ceras en posición de RC, sin soporte de mentón y sin soporte frontal, en formato DICOM;
- 3- Escaneo facial en formato OBJ.
- 4- Escaneos intra orales de arcada superior e inferior, en formatos STL.

Los avances de la tecnología para generar imágenes 3D y la manipulación de éste mediante software han revolucionado la cirugía ortognática al proporcionar herramientas digitales para la planificación 3D. ⁽³⁵⁾

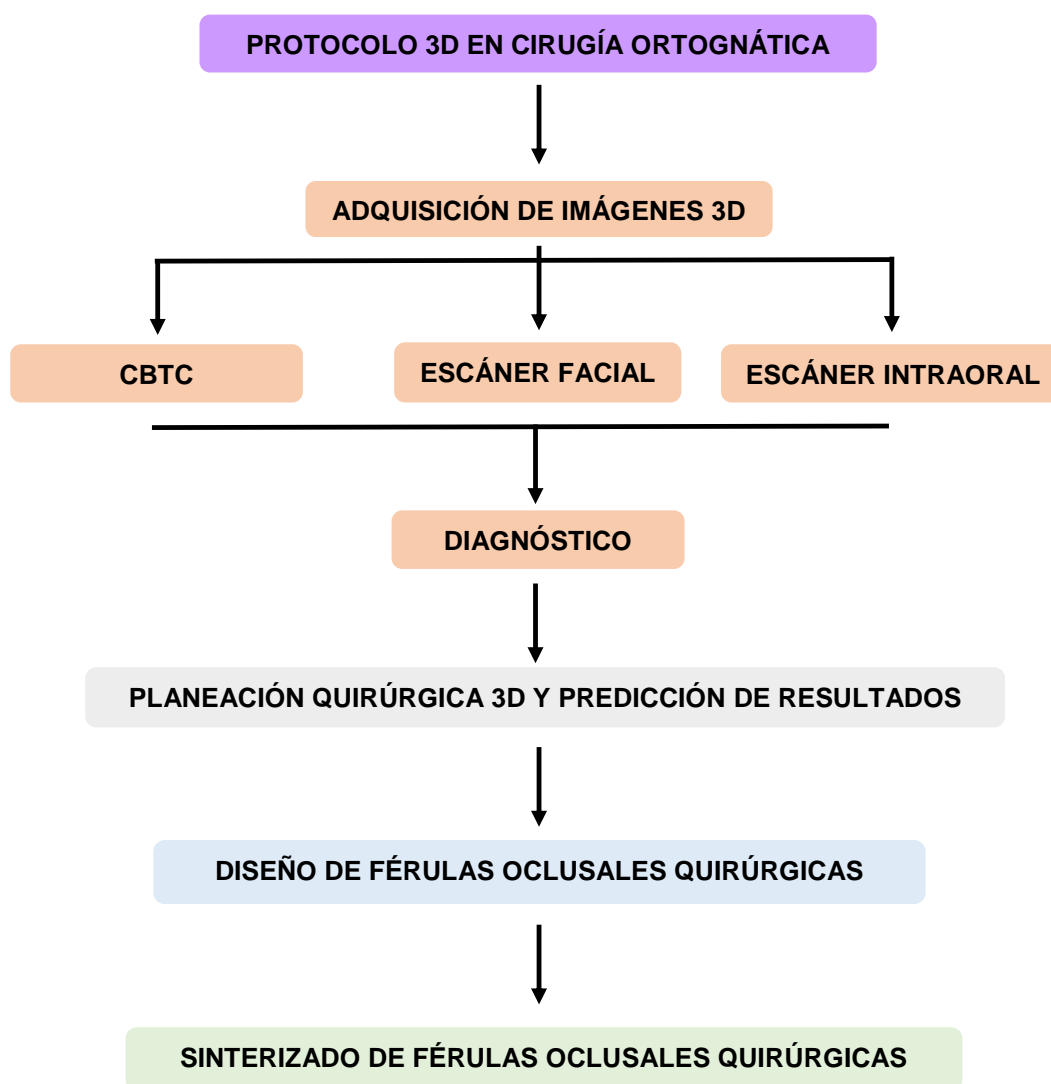


Fig. 6 Protocolo de planeación 3D en cirugía ortognática.
Diagrama de flujo de trabajo.



5.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES 3D

5.1.1 CBTC

De forma general, el tubo emisor de rayos X contiene un cátodo, un ánodo y una fuente de energía. El cátodo generalmente es un filamento de tungsteno. Al aplicarle calor, la energía de los electrones se vuelve lo suficientemente alta para liberarse del átomo de tungsteno. Este electrón se dirige hacia el ánodo y al chocar con éste, su energía cinética disminuye creando fotones y produciendo una radiación electromagnética, es decir rayos X. ⁽²²⁾

La finalidad de la tomografía es calcular la trasmisión de rayos X que llegan a los receptores que pasan a través del paciente. La información volumétrica obtenida depende del *coeficiente de atenuación final*, en otras palabras, de la densidad de los tejidos. Dicho lo anterior el principio básico de la CBTC inicia con la medición de la intensidad del haz de rayos X inicial y final, respectivamente. A continuación, se aplican las diferentes técnicas matemáticas de reconstrucción para generar una *matriz* de los coeficientes de atenuación lineal de la transmisión medida. ⁽²²⁾

A la *matriz* de CBTC obtenida se le asigna un valor. A este valor se le denomina *unidades Hounsfield (UH)*. La *escala de Hounsfield* se expresa en relación del *coeficiente de atenuación lineal del agua* a temperatura ambiente, por lo tanto, el aire presenta un valor teórico de -1000 UH. El agua en 0 UH y cada incremento de una UH se asocia con un incremento del 0,1% del coeficiente de atenuación lineal relativo al del agua que es la densidad de la misma. Así se obtienen valores para cada tejido, por ejemplo, el tejido adiposo presenta valores ligeramente inferiores a cero (-100 a -80 UH); el pulmón tiene valores en el rango de -950 a -600 UH. La mayoría de tejidos blandos están representados por valores en el rango de 20 a 70 UH y para hueso compacto puede ser superior a 1000 UH. ⁽²²⁾

Figura 7.



Fig. 7 Adquisición de imágenes 3D. Valores de atenuación (en unidades Hounsfield HU) para diferentes tejidos humanos. ⁽²²⁾

A la *matriz* de CBTC con *escala de Hounsfield* se le asigna un tono en la escala de grises. Los ordenadores pueden ofrecer más de 2000 tonos, sin embargo, el ojo humano solo puede distinguir 30 tonalidades. Los valores de la escala de grises asignados a la *matriz* de CBTC con *escala de Hounsfield* pueden ser procesados por un monitor de visualización, éstos pueden ajustarse para adaptarse a los requisitos clínicos.

El contraste se puede mejorar asignando solo un intervalo pequeño de números de la matriz a toda la escala de grises. Esta técnica se denomina *técnica de ventana* y al intervalo de los números de matriz que se muestra en toda la escala de grises se le llama *ancho de ventana* y al valor promedio, *nivel de ventana*. ⁽³²⁾

Los cambios hechos en el ancho de ventana modifican el contraste y los cambios hechos en el intervalo de la ventana seleccionan las estructuras de la imagen que se mostrarán en la escala de grises. Es decir, de blanco al negro. Dicho de otro modo, al reducir la ventana se comprime la escala de grises para permitir una mejor visualización de los tejidos. ^{(22) (30)}.

Las imágenes digitales 2D se componen por unidades de imagen llamadas *píxeles* y las imágenes digitales 3D se componen por unidades de imagen llamadas *vóxeles*. **Figura 8.** Los CBTC y las generaciones de TC con detectores de múltiples filas permiten la adquisición de *vóxeles* isotrópicos (los ejes x, y y z son de la mismas dimensión) que van desde los 0,1 a 0,6 mm por eje.

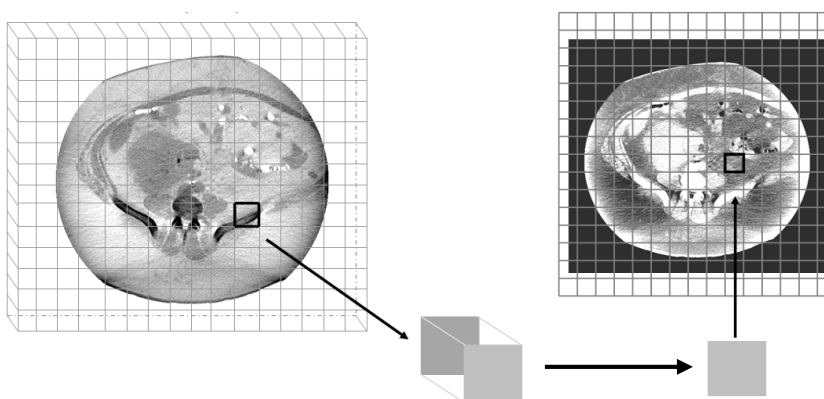


Fig 8. Adquisición de imágenes 3D. *Vóxel*, unidad de imagen digital 3D. *Píxel*, unidad de imagen digital 2D. Los atributos de *vóxeles* y *píxeles* incluyen dimensiones, ubicación y valor. ⁽²²⁾

A cada píxel o *vóxel* se le asigna un valor en la escala de grises que corresponde a la densidad promedio de todos los tejidos contenidos dentro de ese volumen. Los volúmenes de *vóxeles* o *matriz volumétrica* contienen una gran cantidad de información que puede analizarse, reconstruirse y visualizarse en un monitor mediante el software de visualización y análisis. El monitor de una computadora es una pantalla 2D de 8 bits que se utiliza para mostrar imágenes 3D de 12 bits. Los datos de 12 bits se pueden ver en una pantalla de 8 bits utilizando la técnica de ventana, que permite la visualización de los 4096 tonos de gris.

La matriz volumétrica se forma por medio de capas de *vóxeles*, las que se agregan como una serie de secciones transversales. Estas pueden verse como una serie de secciones transversales 2D que siguen los planos

anatómicos (sagital, transversal y frontal). Esto se llama *reconstrucción multiplanar*.

La reconstrucción multiplanar es la representación 2D de los datos 3D en múltiples planos de proyección. **Figura 9.**

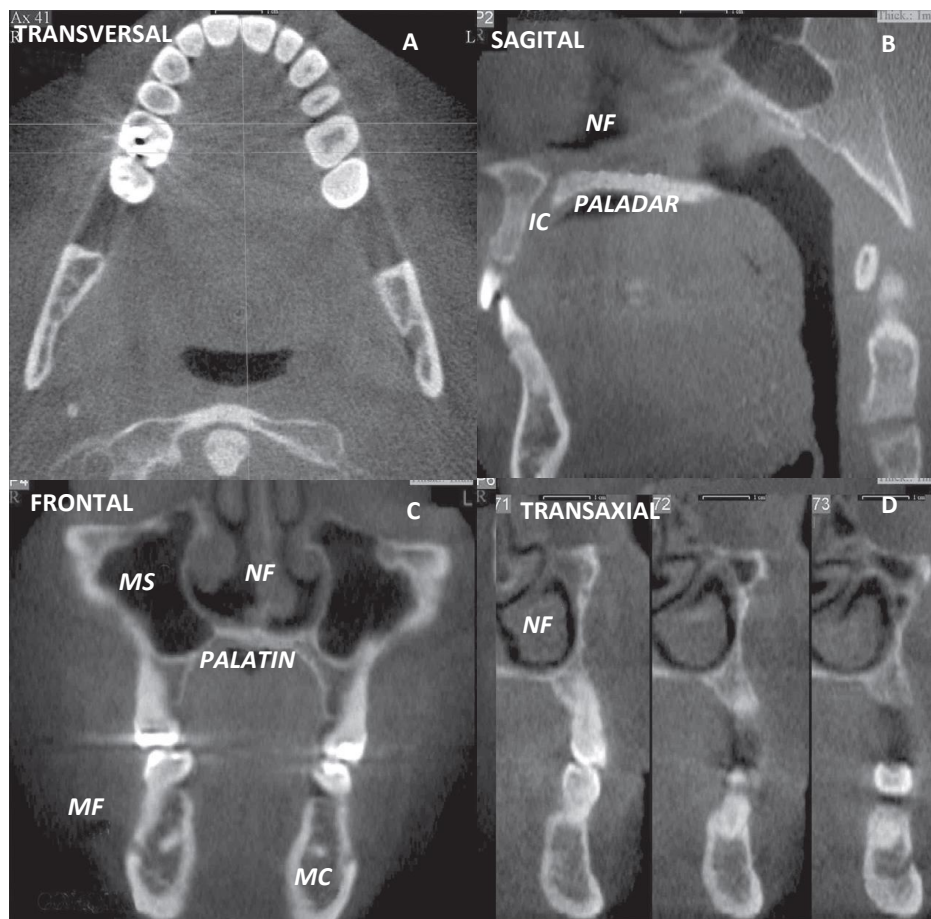


Fig. 9 Adquisición de imágenes 3D. Reconstrucción multiplanar de los maxilares. **A.** Vista transversal a nivel de la dentición mandibular. **B.** Reconstrucción del plano medio sagital. **C.** Una sección coronal de la región premolar de los maxilares. **D.** Secuencia de proyecciones transaxiales de la región del premolar izquierdo. La anatomía seleccionada se ha etiquetado de la siguiente manera: *NF*, fosa nasal; *IC*, canal incisivo; *EM*, seno maxilar; *paladar*, paladar duro; *MF*, agujero mentoniano; *MC*, canal mandibular. ⁽³³⁾

La matriz volumétrica se puede visualizar de diferentes formas: 1. *Reconstrucción de intensidad máxima.* Se utiliza para resaltar las características anatómicas asociadas con el píxel más brillante o el vóxel con más intensidad. Este método de proyección crea una imagen de alto

contraste, los píxeles y vóxeles más brillantes se superponen a los menos brillantes ocultando así características anatómicas importantes. Este tipo de reconstrucciones son útiles para producir imágenes cefalométricas

Figura 10.



Fig. 10 Adquisición de imágenes 3D.

Proyección de máxima intensidad para crear una proyección cefalométrica. ⁽²²⁾

2. Las *reconstrucciones de superficie* permiten establecer un umbral de intensidad de vóxel o píxel que excluye las estructuras inferiores al umbral seleccionado y hace que todas las estructuras superen el umbral seleccionado, creando un modelo 3D que se puede rotar como un objeto para ser visto desde cualquier ángulo. **Figura 11.**

3- La *reconstrucción de volumen* también crea un modelo 3D sin un umbral de píxel o vóxel para la exclusión de datos. Todos los tejidos se agrupan de forma interactiva según la intensidad del vóxel, y a cada grupo se le puede asignar un valor de color y transparencia antes de proyectar el modelo en el monitor de visualización. La reconstrucción de volumen es

una buena forma de estudiar las relaciones anatómicas de las diferentes estructuras. **Figura 12.**

Las imágenes obtenidas por CBTC se guardan como archivos de imágenes digitales y comunicaciones en medicina (DICOM).

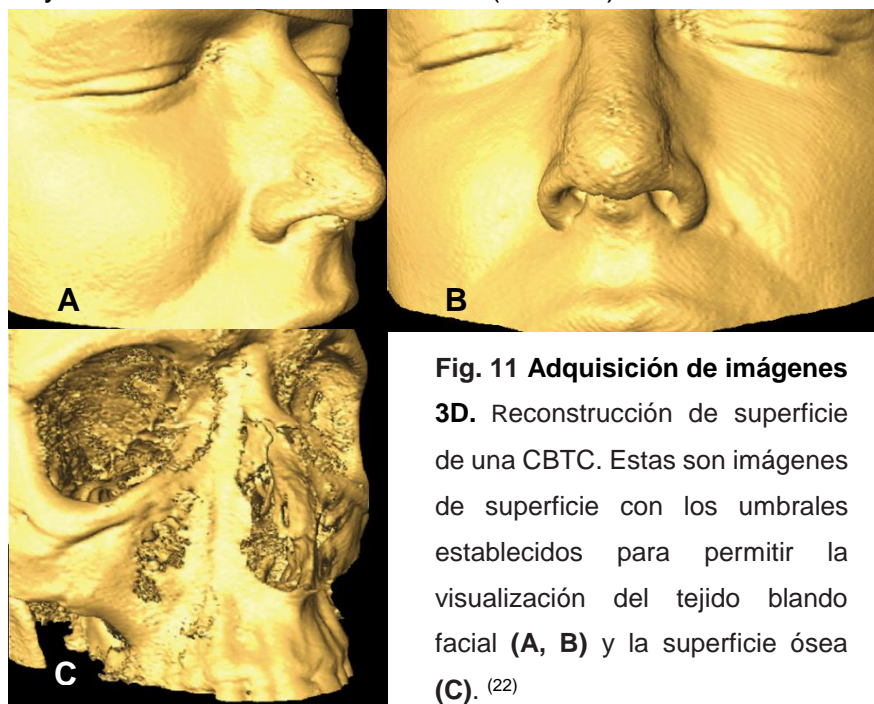


Fig. 11 Adquisición de imágenes 3D. Reconstrucción de superficie de una CBTC. Estas son imágenes de superficie con los umbrales establecidos para permitir la visualización del tejido blando facial (A, B) y la superficie ósea (C). (22)

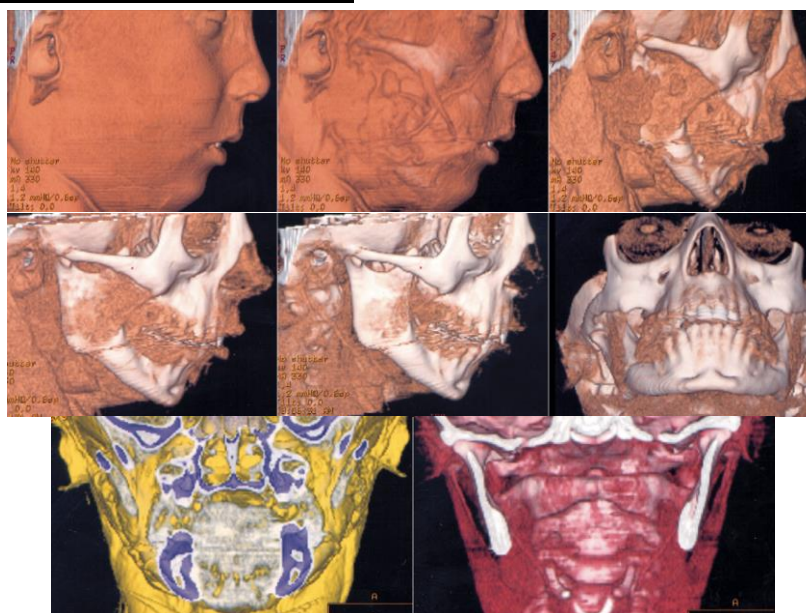


Fig. 12 Adquisición de imágenes 3D. Reconstrucción de volumen de CBTC para un niño de 4 años con una incapacidad congénita para producir movimiento de la mandíbula. La estrategia de generación de volumen se diseñó para mostrar las relaciones hueso- músculo. (22)



5.1.2 ESCÁNER FACIAL.

Las imágenes de superficie 3D permiten la fusión de imágenes faciales 3D a las imágenes de CBTC como parte del flujo de trabajo en la planeación 3D en cirugía ortognática. Estos sistemas permiten que la obtención de imágenes faciales 3D sean de alta precisión para el diagnóstico, análisis, monitoreo de tratamiento y evaluación de resultados. ⁽³⁶⁾

Generalmente existen dos pasos para la obtención de imágenes faciales 3D: primero se genera la geometría o los datos de forma y luego se aplica la información de textura y de color a la geometría.

De forma general, la información de la superficie 3D a escanear debe convertirse en una serie de coordenadas en los ejes x, y y z. Las coordenadas representan la geometría real virtual del rostro del paciente. Éstas se pueden obtener de dos formas: la primera es generar conjuntos de datos 3D por separado de cada punto de vista y luego unirlos para producir un nuevo mapa de coordenadas 3D. Desafortunadamente, este método no ha funcionado bien para objetos animados (pacientes) ya que los movimientos pueden comprometer la precisión. La segunda es generar un sistema de coordenadas continuas seleccionando los datos de mejor calidad para cualquier coordenada x, y y z mediante una velocidad de captura de 4 milisegundos o menos y algoritmos matemáticos para evaluar y analizar las imágenes por sensores **Figura 13**. El segundo paso es la aplicación de textura y color a la geometría. Éstos se realizan matemáticamente. **Figura 14**. ⁽³⁷⁾

Existen diferentes tecnologías para elaborar imágenes faciales 3D. En la **Tabla 3** se exponen de forma breve las ventajas y desventajas de cada tecnología disponible.

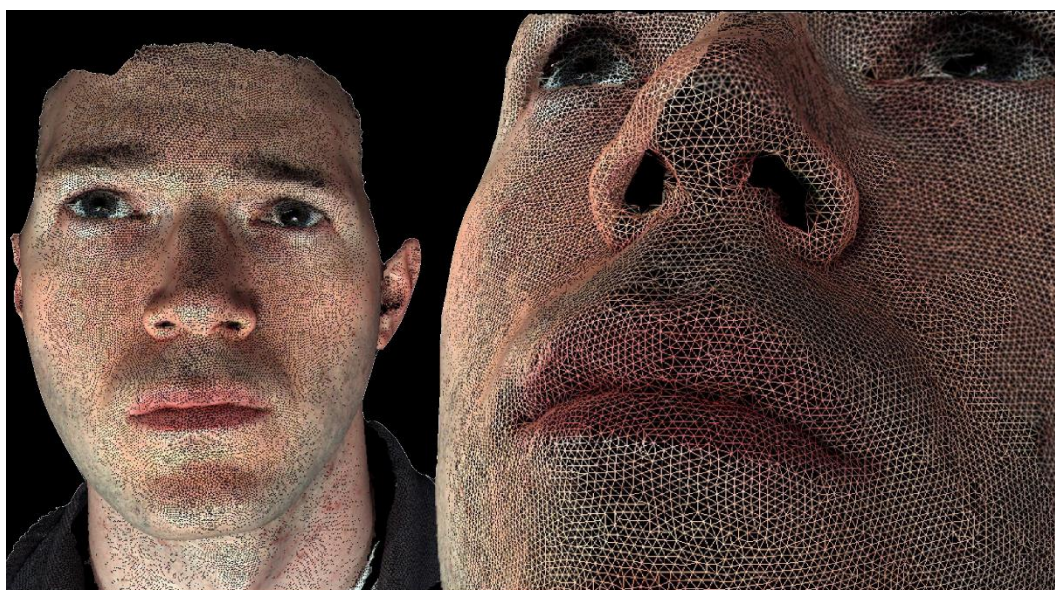


Fig. 13 Escáner facial. Escaneo facial sin textura. Muestra un sistema de coordenadas x, y, z ⁽³⁷⁾



Fig. 14 Escáner facial. Escaneo facial con textura. ⁽³⁷⁾

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Rayo láser	<ul style="list-style-type: none"> • No invasivo • Preciso • Reproducible 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de escaneo prolongados (8-30 s) • Se requieren varios escaneos • Sensible a la luz y los objetos metálicos • Problemas de seguridad ocular • Inversión • Calibración
Estereofotogrametría	<ul style="list-style-type: none"> • No invasivo • Preciso • Reproducible • Solo se requiere un escaneo 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibración diaria específica • Mala definición con superficies brillantes • Difícil de escanear el cabello • Caro • Habitación dedicada • Calibración
Fotogrametría	<ul style="list-style-type: none"> • No invasivo • Preciso • Reproducible 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requieren varias fotografías • Se necesita software de ingeniería inversa • Sensible a la luz • Calibración
Luz estructurada	<ul style="list-style-type: none"> • No invasivo • Preciso • Reproducible 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requieren varios escaneos • Sensible a la luz y los objetos metálicos • Revestimiento • Es difícil escanear el cabello • Calibración
Luz de doble estructura con sensores infrarrojos	<ul style="list-style-type: none"> • No invasivo • Preciso • Reproducible • Sólo se requiere un escaneo • Autocalibración 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible a la luz • Difícil de escanear el cabello

Tabla 3. Resumen de ventajas y desventajas de cada tecnología de escaneo facial ⁽³⁶⁾

Los escáneres faciales generan archivos digitales de formato específico, como el lenguaje de teselación (mosaico) estándar (STL); el teselado con caras poligonales (OBJ) o los archivos de polígono o triángulo de Stanford (PLY). Un archivo STL describe solo la geometría de la superficie de un objeto digitalizado sin ninguna representación de color y textura. Por el contrario, los archivos OBJ y PLY almacenan información sobre el color y la textura de la superficie. ⁽³⁶⁾

Para fusionar imágenes de CBTC e imágenes de superficie facial, el software de imágenes necesitará procesar fácilmente archivos de imágenes digitales y comunicaciones en medicina (DICOM), así como archivos de superficie, llamados archivos; .STL; .OBJ y .PLY. ⁽³⁸⁾

La fusión de los datos puede realizarse mediante el uso de marcadores fiduciales. Éstos generan diversos inconvenientes en el flujo de trabajo y la calidad, así como el tiempo adicional necesario para colocar los marcadores y la distorsión de la imagen causada por los marcadores.

Un método más directo es establecer un escenario de mejor ajuste entre los conjuntos de datos determinados por puntos de referencia. Primero, se genera una reconstrucción de superficie de tejido blando CBCT que representa la geometría exterior de los tejidos blandos, manteniendo así la relación espacial. A continuación, la geometría de la imagen facial 3D se fusiona en la reconstrucción de superficie CBTC que actúa como objeto de referencia para garantizar que la superficie 3D adopte el sistema de coordenadas de la reconstrucción DICOM. **Figura 15, 16 y 17.**

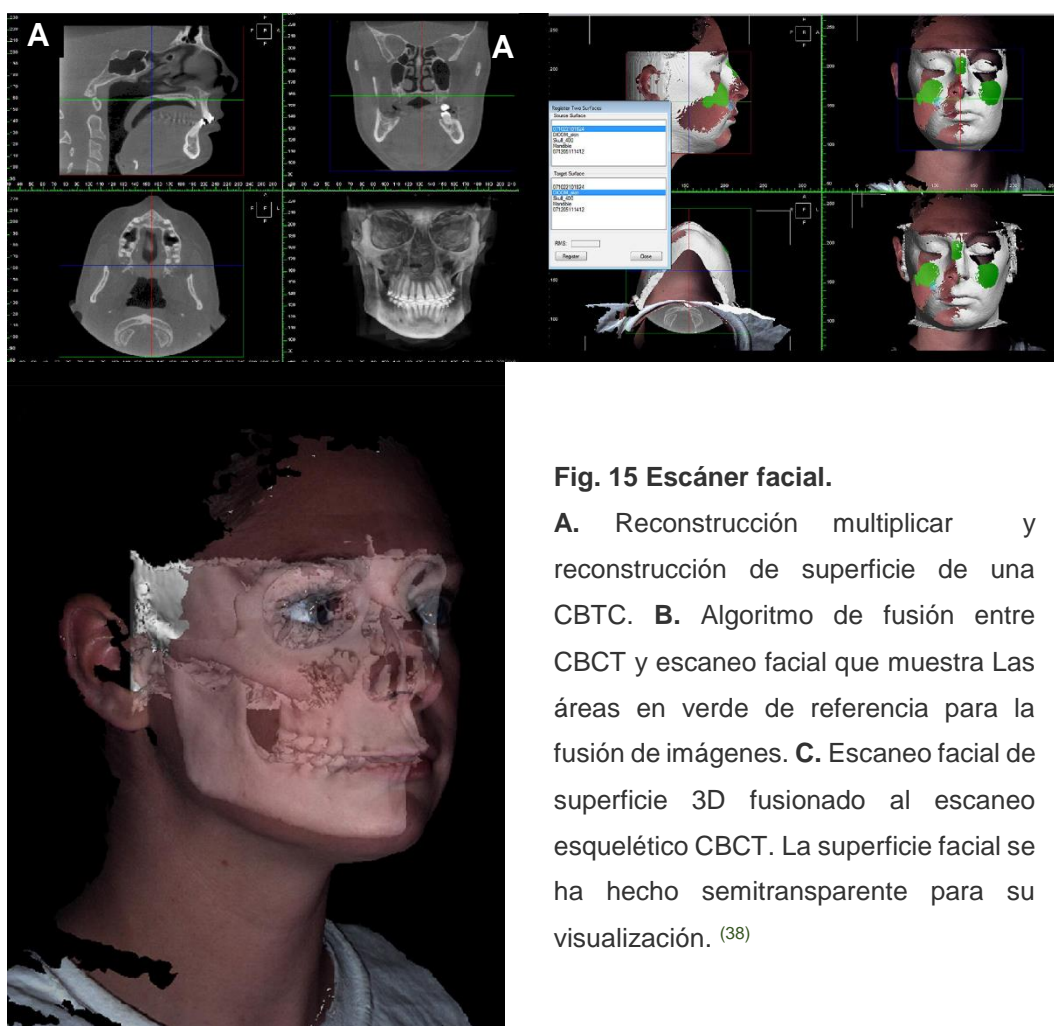


Fig. 15 Escáner facial.

A. Reconstrucción múltiple y reconstrucción de superficie de una CBCT. **B.** Algoritmo de fusión entre CBCT y escaneo facial que muestra Las áreas en verde de referencia para la fusión de imágenes. **C.** Escaneo facial de superficie 3D fusionado al escaneo esquelético CBCT. La superficie facial se ha hecho semitransparente para su visualización. ⁽³⁸⁾



Fig. 16 Escáner facial. Imagen facial 3D de un escaneo facial.

Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo.

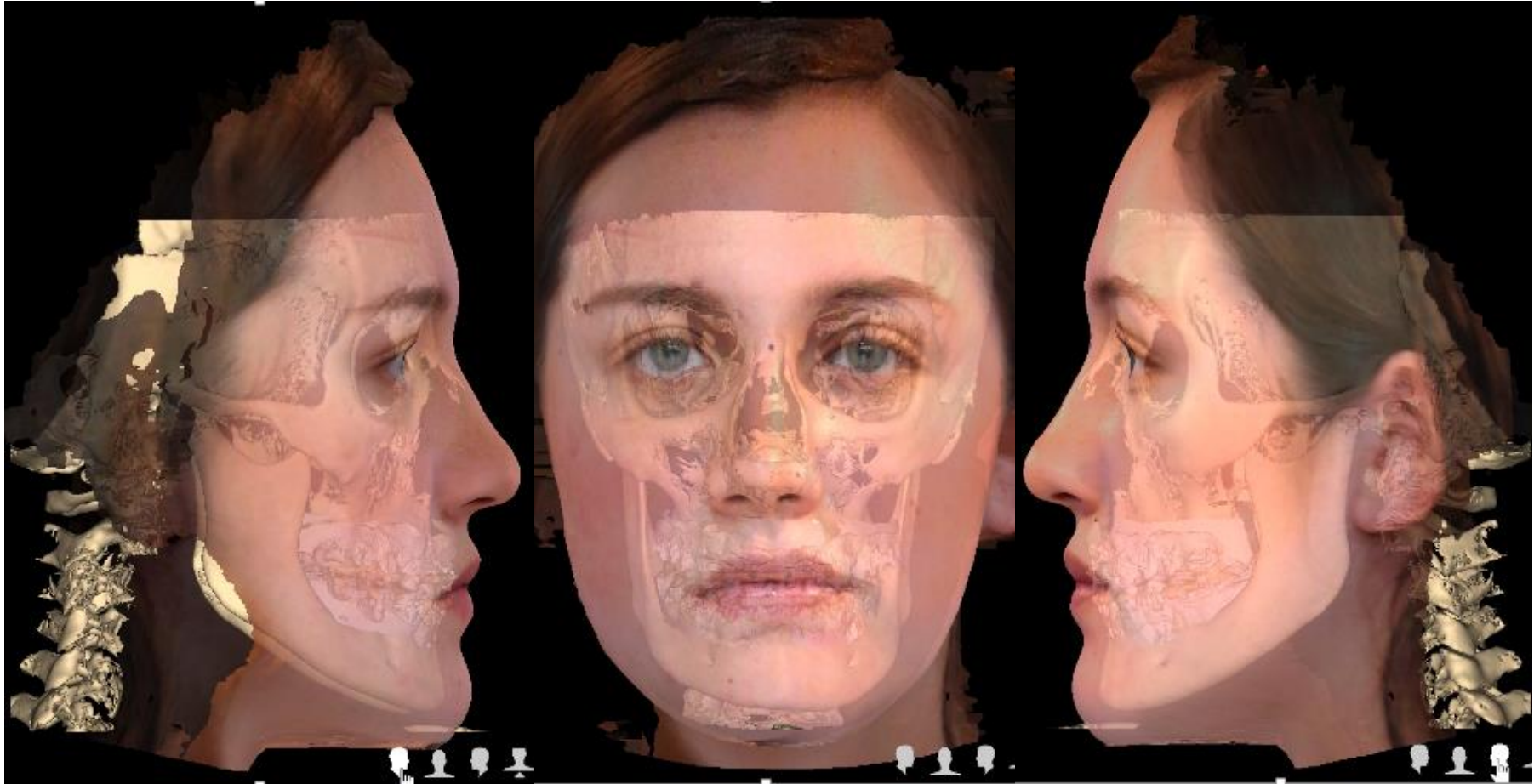
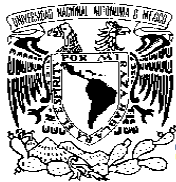


Fig., 17 Escáner facial. Fusión de una reconstrucción 3D de CBTC y una imagen facial 3D de un escaneo facial.

Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo.



5.1.3 ESCÁNER INTRAORAL.

La visualización inexacta de la relación oclusal ha representado un importante desafío para una planificación 3D precisa en cirugía ortognática.

La razón de una visualización inexacta de los dientes en la reconstrucción de superficie se debe a que los aparatos de ortodoncia y las restauraciones dentales metálicas causan una distorsión durante la adquisición de la CBTC. **Figura 18.** ⁽³⁹⁾

Existen algoritmos de reducción de artefactos metálicos. Estos algoritmos disminuyen la gravedad de los artefactos ajustando los cálculos matemáticos de CBTC. Sin embargo, hasta ahora no se ha desarrollado ningún algoritmo para producir imágenes con la precisión adecuada. ⁽⁴⁰⁾

Existen diferentes métodos para integrar una representación precisa 3D de los dientes en el modelo anatómico 3D del paciente. Se pueden escanear modelos de yeso con marcadores fiduciales para posteriormente fusionarlos con la CBTC. Una segunda opción es un método de escaneo triple (un primer escaneo CBTC del paciente, un segundo escaneo CBTC con porta impresiones dobles en la boca y un tercer CBTC solo de los porta impresiones). Aunque este método elimina los modelos de yeso, inevitablemente aumentan los tiempos de radiación efectiva elevando la dosis de radiación. Una tercera opción se basa en una sola exploración CBTC del paciente y una exploración intraoral de la superficie de los dientes de ambas arcadas dentales y la posterior fusión de ambos conjuntos de datos mediante un algoritmo de mejor ajuste. **Figura 19.** ⁽⁴⁰⁾

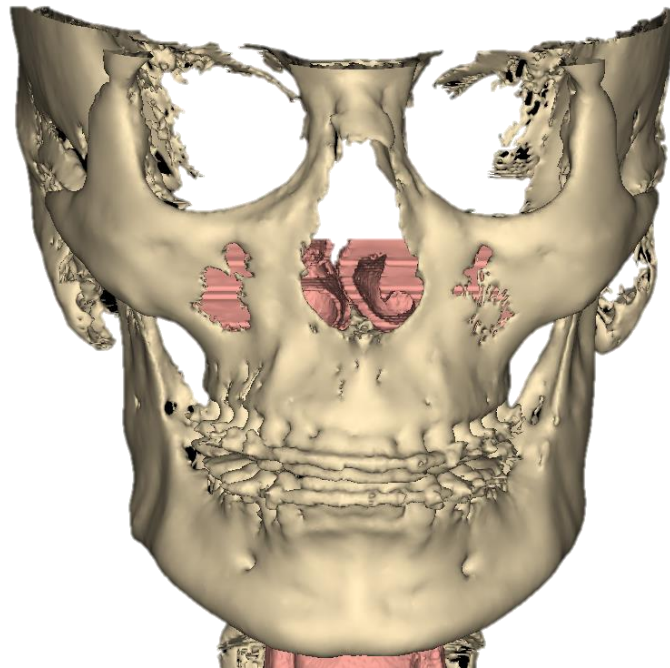


Fig. 18 Escáner intraoral. Reconstrucción de superficie de una CBTC donde claramente se observa una distorsión de ambas arcadas dentales.

Cortesía de COMF. Raymundo Ramírez Lugo

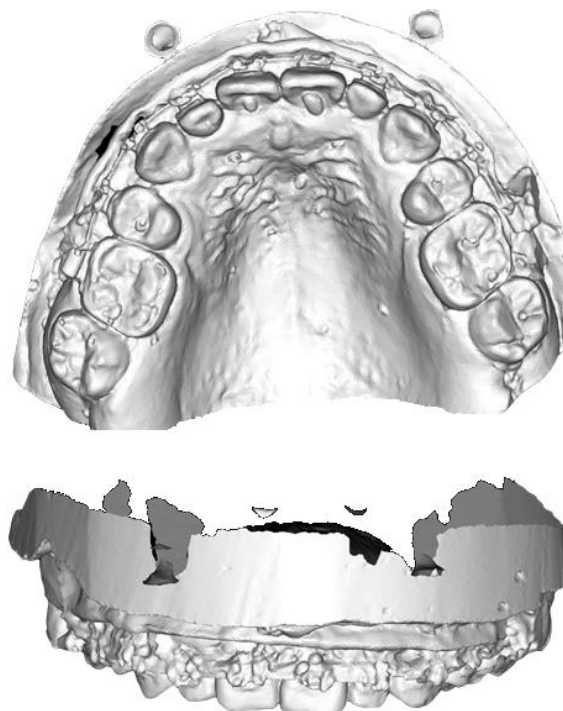


Fig. 19 Escáner intraoral. Escaneo de modelos de yeso de la arcada superior para su posterior fusión con CBTC.

Cortesía de COMF. Raymundo Ramírez Lugo

5.2 DIAGNÓSTICO.

Un buen examen clínico y la inspección del modelo anatómico 3D del paciente tiene una gran importancia para el diagnóstico del paciente con una anomalía dentofacial. Tanto la reconstrucción de volumen como la reconstrucción de superficie ofrecen una inspección 3D de la anatomía del paciente en una escena 3D virtual. Ambos métodos de visualización también incorporan los cortes de los tres planos anatómicos originales de CBCT: coronal, sagital y frontal, que permiten la inspección 2D de la anatomía del paciente en los 3 planos estándar. ⁽⁴¹⁾

De estos cortes se puede obtener una gran cantidad de información clínica relevante con respecto al paciente con una anomalía dentofacial. Sin embargo, la cefalometría 3D es más compleja. Existen varios problemas importantes con la cefalometría 3D, éstos incluyen: los sistemas de referencia, la forma en que se miden los ángulos, distancias en 3D y la evaluación de la simetría. **Figura 20.** ⁽⁴²⁾

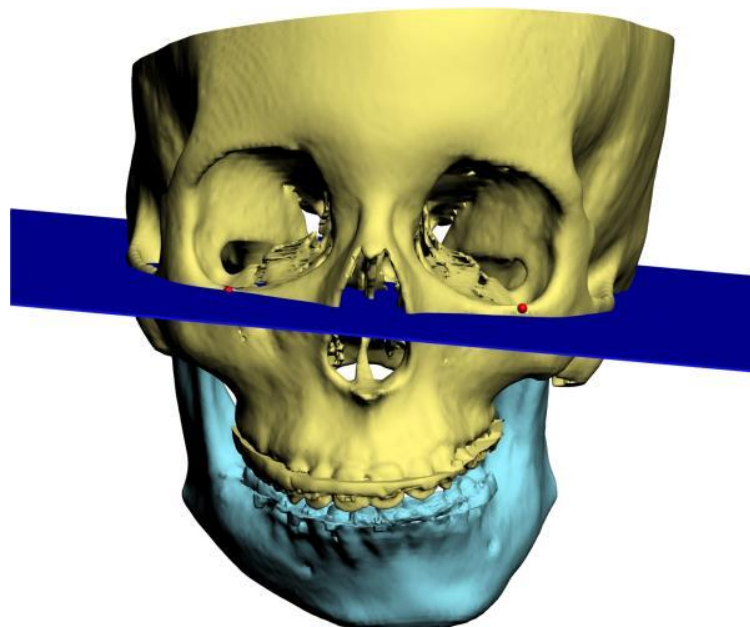


Fig. 20 Diagnóstico. Plano horizontal de Frankfurt (FP) en un paciente con una importante asimetría facial de la base del cráneo. Porions, observar como el orbitale derecho están en FP, sin embargo el orbitale izquierdo está por arriba de FP ⁽⁴²⁾



Las imágenes 2D, como la radiografía lateral de cráneo (LC) proporcionan imágenes estandarizadas y reproducibles mediante un cefalostato. En la RLC se realiza el análisis cefalométrico y análisis estético facial para generar un diagnóstico del cual se obtendrán los objetivos del tratamiento quirúrgico (STO). La radiografía posteroanterior (PA) es utilizada para el diagnóstico de asimetría facial esquelética.

Las relaciones esqueléticas y dentales son medidas por puntos de referencia y planos trazados en la radiografía lateral de cráneo. Éstos pueden ser trazados a mano o digitalizados por medio de un software. ⁽⁴³⁾

Los reposicionamientos maxilares y mandibulares generan cambios no solo en los tejidos duros sino también en los tejidos blandos. Algunos métodos se han desarrollado para evaluar estos cambios, incluidos los métodos 2D, la fotografía y la grabación de video. **Figura 21.** ⁽⁴⁴⁾

La predicción 3D de los cambios en los tejidos blandos sigue en desarrollo y ya se generan predicciones generosamente aceptables, por lo que es ampliamente utilizada en la planeación 3D, en la cirugía ortognática. ⁽⁴⁵⁾

Para la predicción 3D de cambios en tejidos blandos se considera como una imagen 3D de cientos o miles de puntos de referencia 3D unidos entre sí para formar una malla de superficie. La precisión de las predicciones 3D en comparación con los resultados postoperatorios se basa en técnicas de superposición. Se han informado varios métodos de análisis que incluyen: 1. Diferencias en la distancia de puntos de referencia específicos. 2. Diferencias entre todos los puntos 3D de las dos mallas de superficie facial completa y 3. Diferencias entre todos los puntos 3D de las dos mallas de superficie facial siguiendo la división en regiones anatómicas predeterminadas. El análisis cuantitativo de cada técnica implica medir las distancias lineales entre puntos de referencia específicos o entre todos los puntos 3D de las dos mallas de superficie 3D. ⁽⁴⁶⁾



Fig. 21 Diagnostico. Predicción de cambios en tejidos blandos 2D mediante una osteotomía doble mandíbular.
Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo.

Los puntos de referencia, planos y ángulos se muestran en la **Figura 22, 23** y **Tabla 4, 5, 6** y **7**.

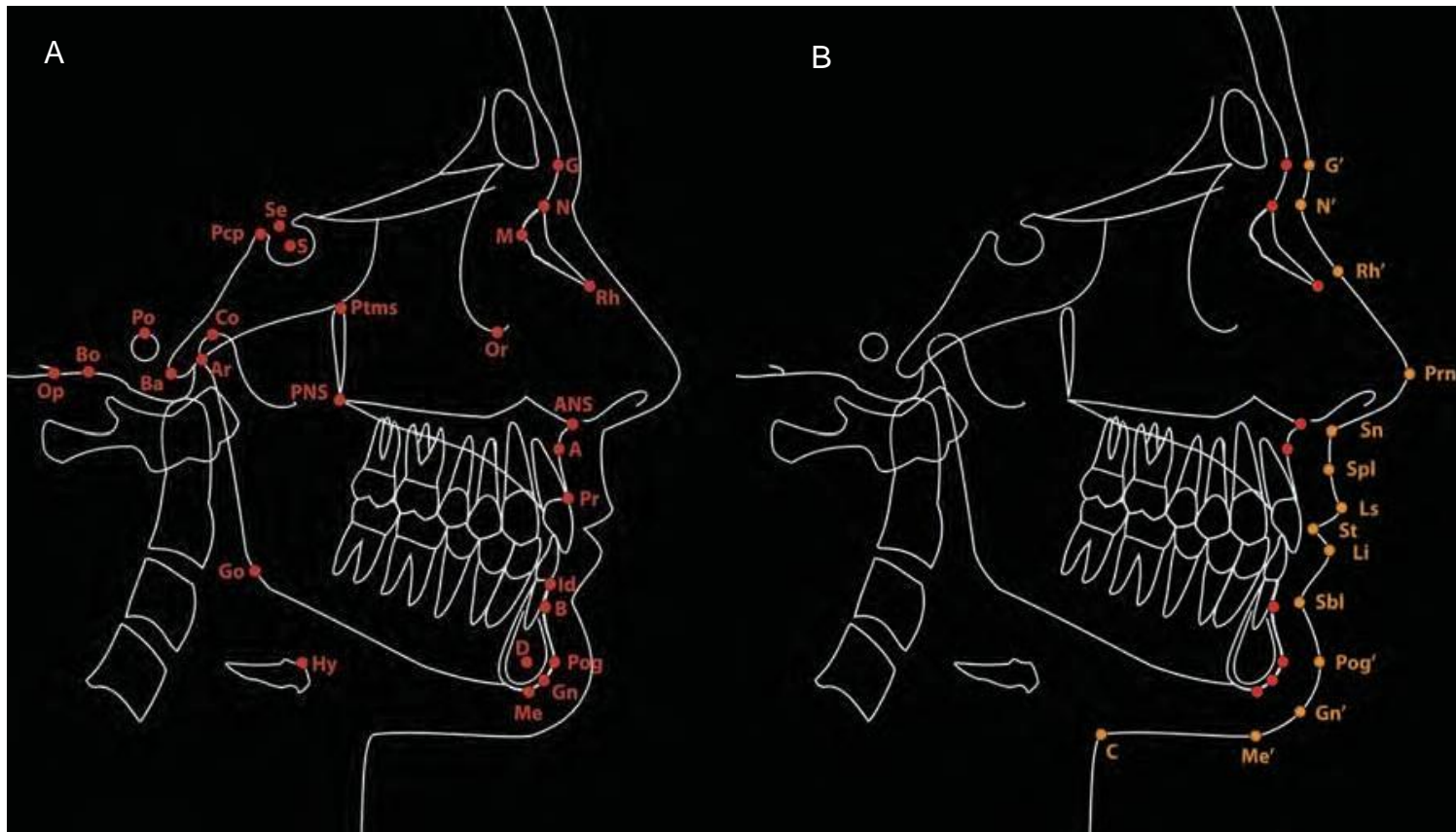


Fig. 22 Diagnóstico. **A.** Puntos cefalométricos de referencia, **B.** Puntos cefalométricos de tejido blando de referencia, ver la clave en la tabla 3 y 4 respectivamente. (47)

Tabla 4. Puntos cefalométricos de referencia ⁽⁴⁷⁾

PUNTOS DE CEFALOMÉTRICOS ANTERIORES DE REFERENCIA	
NOMBRE	DEFINICIÓN
Glabella (G)	El punto más prominente del contorno anterior del hueso frontal en el plano medio sagital, en la región supraorbitaria y del seno frontal
Nasion (N o Na)	La intersección de las suturas internasal y frontonasal, en el plano medio sagital
Punto frontonasomaxilar (FNM o M)	El punto en la unión de las suturas nasofrontal y nasomaxilar, designado como punto M por el cirujano craneofacial Jean Delaire
Orbitale (O)	El punto más bajo en el borde orbitario inferior (bilateral)
Espina Nasal anterior (ANS)	La punta de la espina nasal anterior ósea
Punto A (Punto A; subspinal)	El punto en la cavidad de la línea media más profunda en el maxilar <i>alvéolo</i> nasal anterior y la prostihion
Prosthion (Pr; Supradentale, Sd)	El punto anterior más inferior en la apófisis alveolar maxilar, entre los incisivos centrales maxilares, en el plano medio
Infradental (Id)	El punto anterior más superior en la apófisis alveolar mandibular, entre los incisivos centrales mandibulares, en el plano medio sagital
punto B (Punto B; supramental)	El punto en la concavidad de la línea media más profunda en el mandibular <i>alvéolo</i> entre infradentale
D-point (punto D)	Este es el centro del cuerpo de la sínfisis mandibular (mentón óseo) en el plano medio sagital y se estima visualmente.
Pogonion (Pog)	El punto más anterior en el contorno de la sínfisis mandibular en el plano medio sagital
Gnathion (Gn)	Punto más inferior del margen orbitario
Menton (Me)	Punto más anterior en el mentón
PUNTOS CEFALOMÉTRICOS POSTERIORES DE REFERENCIA	
NOMBRE	DEFINICIÓN
Entrada de la Silla (Se)	El punto medio de la entrada de la silla turca
Silla (s)	El punto que representa el centro geométrico de la fosa pituitaria (silla turca), en el plano medio sagital
Porion (Po)	Porion "anatómica" es el punto más superior del contorno del meato auditivo externo (bilateral).
Condylion (Co)	El punto superior más posterior en la cabeza del cóndilo mandibular (bilateral)

Tabla 4. Continuación...

Punto medio condilar (Con)	Este es el centro arbitrario del cóndilo mandibular en vista lateral. Una línea imaginaria que pasa por el punto Con de ambos cóndilos mandibulares forma el eje de bisagra condilar alrededor del cual la mandíbula puede girar durante la parte inicial del movimiento de apertura.
Articulare (Ar)	El punto de intersección de las imágenes del borde posterior de la rama mandibular y el borde inferior de la parte basilar del hueso occipital (bilateral).
Basion (Ba)	El punto más inferior en el margen anterior del foramen magnum, en el plano medio sagital
Opisthion (Op)	El punto más inferior en el margen posterior del foramen magnum, en el plano medio sagital
Punto Bolton (Bo)	El punto más alto en la curvatura hacia arriba de los contornos de las fosas retrocondíleas del hueso occipital, aproximándose al centro del foramen magnum
Pterygomaxillare superius (Ptms)	La fisura pterigomaxilar es un área de radiolucidez bilateral en forma de lágrima, cuya superficie anterior representa las superficies posteriores de las tuberosidades maxilares. El punto de referencia es el punto más superior de la fisura pterigomaxilar (bilateral)
Pterygomaxillare (Ptm)	El punto más inferior en la unión de los bordes anterior y posterior de la fisura pterigomaxilar (bilateral); este punto está muy cerca del SNP
Espina Nasal Posterior (SNP)	El punto posterior más inferior en el contorno del ángulo de la mandíbula (ángulo gonial). Puede determinarse por inspección o construirse como el punto de intersección del plano ramal posterior y el plano mandibular, extendiendo la bisectriz a través de la curvatura de la región gonial de la mandíbula (bilateral)
Punto hioides (Hy)	El punto superior más anterior en el cuerpo del hueso hioides, también llamado hioidale

Tabla 5. Puntos cefalométricos de tejido blando de referencia ⁽⁴⁷⁾

Puntos cefalométricos de tejido blando de referencia	
Nombre	Definición
Glabella (G')	El punto más prominente del contorno anterior de tejido blando de la frente en el plano medio sagital, en la región de la cresta supraorbitaria de la ceja, en el plano medio sagital
Nasion (N' o Na')	El nasión cefalométrico de tejidos blandos <i>suele ser</i> el punto de concavidad más profunda del contorno de tejidos blandos de la raíz de la nariz, en el plano medio sagital. El nasión de tejido blando (N') y el nasión esquelético (N) deben estar al mismo nivel vertical.
Rhinion (Rh')	El punto de tejido blando que recubre el extremo caudal de los huesos nasales en vista lateral, marcando la unión nasal osteocartilaginosa
Pronasale (Prn)	El punto más prominente de la punta nasal, en el plano medio sagital
Subnasale (Sn)	El punto donde ANS se encuentra con el labio superior, en el plano medio sagital
Punto A del tejido blando (supralabiale, Spl)	El punto de mayor concavidad del contorno facial del labio superior entre subnasal y labrale superius, en el plano medio sagital
Labrale superius (Ls)	El punto que representa el borde bermellón mucocutáneo del labio superior, en el plano medio sagital
Stomion superius (Sts)	El punto más inferior del labio superior, en el plano medio sagital
Stomion inferius (Sti)	El punto más superior del labio inferior, en el plano medio sagital
Labrale inferius (Li)	El punto que representa el borde bermellón mucocutáneo del labio inferior, en el plano medio sagital
Punto B del tejido blando (sublabiale, Sbl)	El punto de mayor concavidad del contorno facial del labio inferior entre el labrale inferius y el mentón del tejido blando. Es el punto más profundo del pliegue mento labial.
Pogonion (Pog')	El punto más anterior en el contorno del mentón de tejido blando, en el plano medio sagital
Gnathion (Gn'')	El punto más anterior inferior en el contorno del mentón de tejido blando, en el plano medio sagital.
Menton (Me')	El punto más inferior del mentón de partes blandas, en el plano medio sagital.
Cervical point (C)	El punto más interno entre la región submentoniana y la superficie anterior del cuello, en el plano medio sagital. Se encuentra en la intersección de una tangente horizontal al plano submentoniano y una tangente vertical al plano anterior del cuello.

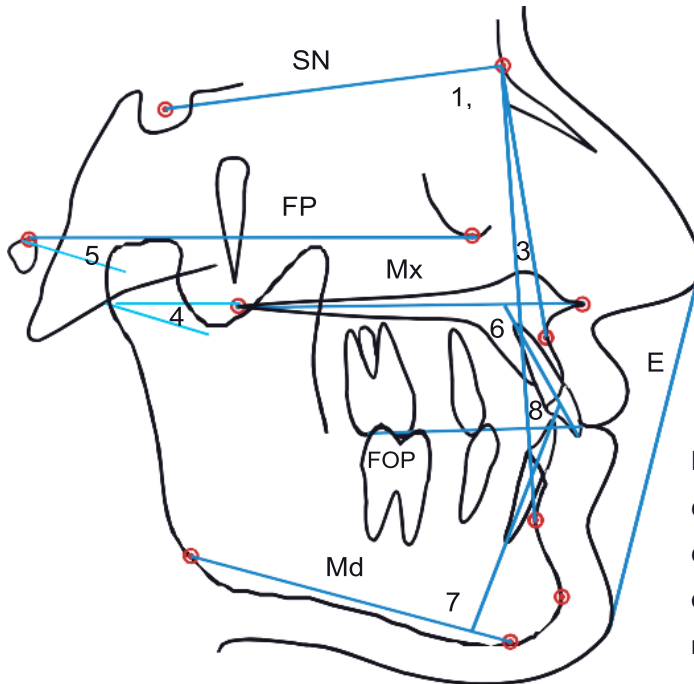


Figura 23. Planos y ángulos cefalométricos comunes, consulte las tablas 4 y 5 para obtener información clave; no se muestra la línea APo. (43)

Tabla 6. Líneas y planos cefalométricos de referencia (43)

Abreviatura	Plano / Línea	Definición
FP	Plano de Frankfort	Línea que une a Porion y Orbitale
Md	Plano Mandibular	Línea que une a Gonion y Mentón
Mx	Plano Maxilar	Línea que une a espina nasal anterior y posterior
FOP	Plano Funcional "Oclusal"	Una línea trazada entre las cúspides de los morales permanentes y los premolares o molares desiguos
E	Línea de Ricketts	Una línea de tejido blando tangencia al mentón y punta nasal
SN	Línea SN	Línea que une Silla y Nasion representando la base craneal anterior
	Línea Apo	Línea que une Punto A y Pogonion

Tabla 7. Ángulos cefalométricos (43)

Número	Ángulo	Lo que representa
1	SNA	Posición anteroposterior del maxilar en relación con la base del cráneo
2	SNB	Posición antero posterior de la mandíbula en relación con la base del cráneo
3	ANB	Posición antero posterior de la mandíbula en relación con el maxilar
4	MxMd	Ángulo entre los planos maxilar y la mandibular
5	FPMD	Ángulo entre los planos de Frankfort y mandibular
6	UI / Mx	Inclinación de los incisivos superiores al plano maxilar
7	LI / Md	Inclinación de los incisivos inferiores al plano mandibular
8	UI / LI	Ángulo interincisal
9	SN / Mx	Ángulo entre la línea SN y el plano maxilar



5.3 PLANEACIÓN QUIRÚRGICA 3D.

La planificación convencional 2D en cirugía ortognática incluye examen físico, radiografía LC y PA, arco facial, articuladores modelos dentales de yeso y fotografías; este método se ha seguido como el estándar de oro para un resultado óptimo. ⁽⁴⁸⁾

El procedimiento tradicional de una planificación basado en modelos de yeso omite la información anatómica de todo el complejo cráneo facial, lo que en pacientes con anomalías graves, puede generar una variación de consecuencias desagradables para el paciente. ⁽⁴⁸⁾

La posibilidad de planificar en 3D proporciona múltiples ventajas en comparación de la planificación 2D.

En primer lugar, se tiene acceso a mayor información y de mayor calidad sobre la anatomía 3D del paciente. En segundo lugar permite la pre visualización de las partes anatómicas de interés como son: vía aérea superior e inferior, ramas terminales de los diferentes nervios que inervan los dientes superiores, la trayectoria del nervio dentario inferior y su emergencia por el agujero mentoniano, etc. **Figura 24**. En tercer lugar, se pueden delimitar estructuras anatómicas de interés en la imagen de CBTC **Figura 25**. En cuarto lugar, se pueden planificar osteotomías y ostectomías virtuales y planear la reubicación de los segmentos osteotomizados de acuerdo a STO. **Figura 26 y 27**. En quinto lugar, se pueden predecir cambios en los tejidos blandos. **Figura 28**.

Esto permite planificar osteotomías precisas del maxilar, mandíbula y/o sus componentes y el reposicionamiento de éstos con un control de la posición condilar. Además, la planificación quirúrgica 3D permite centrarse en la armonización facial 3D. ⁽⁴⁹⁾ Por último la planificación 3D es una poderosa herramienta didáctica, de comunicación entre colegas y para el paciente.

Una vez generado el modelo anatómico 3D, el cirujano puede realizar una cirugía virtual del paciente, según el STO, utilizando un software.

Se podrán realizar modificaciones al plan preliminar si así lo considera el cirujano ya sea por preocupaciones sobre la simetría facial, la armonía esquelética o la colisión de los segmentos de la rama.

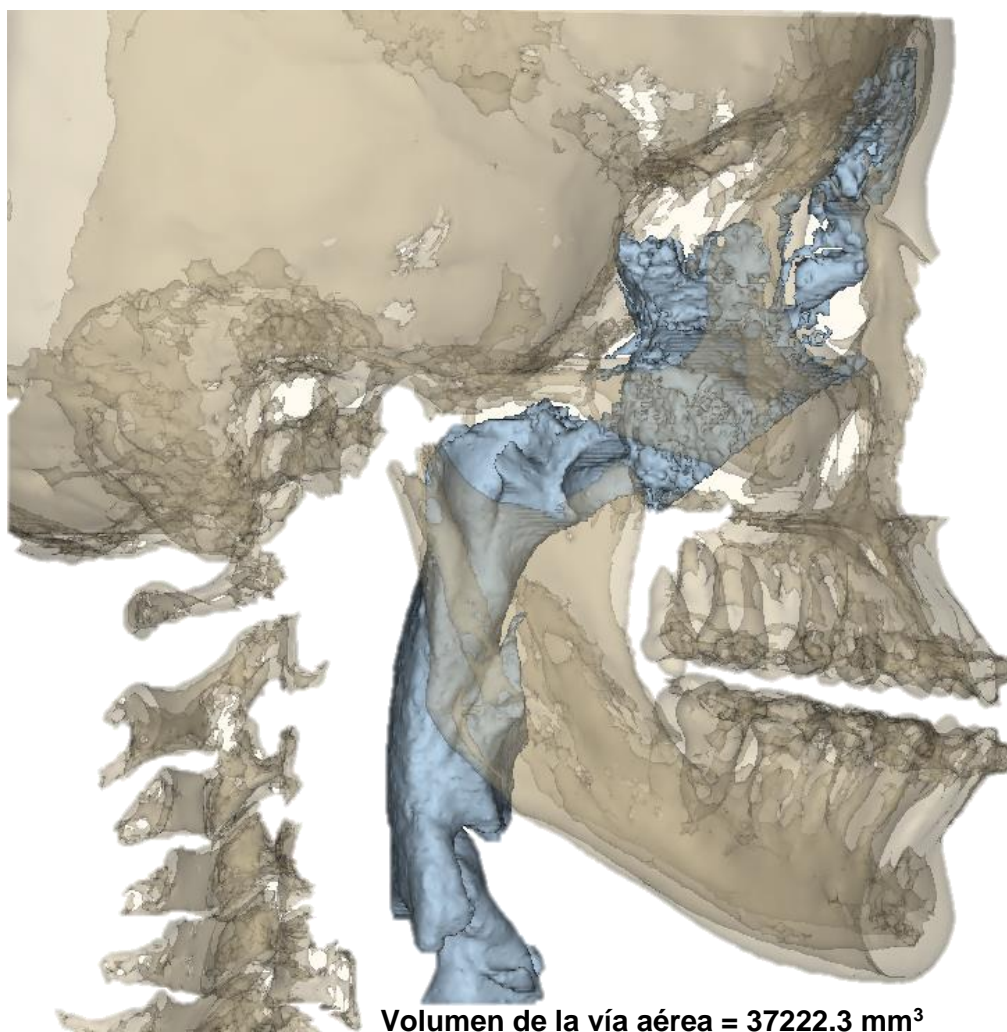


Fig. 24 Planeación quirúrgica 3D. Reconstrucción de volumen de CBTC que muestra una imagen 3D de las raíces de los dientes y la cuantificación del volumen de la vía aérea.

Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo

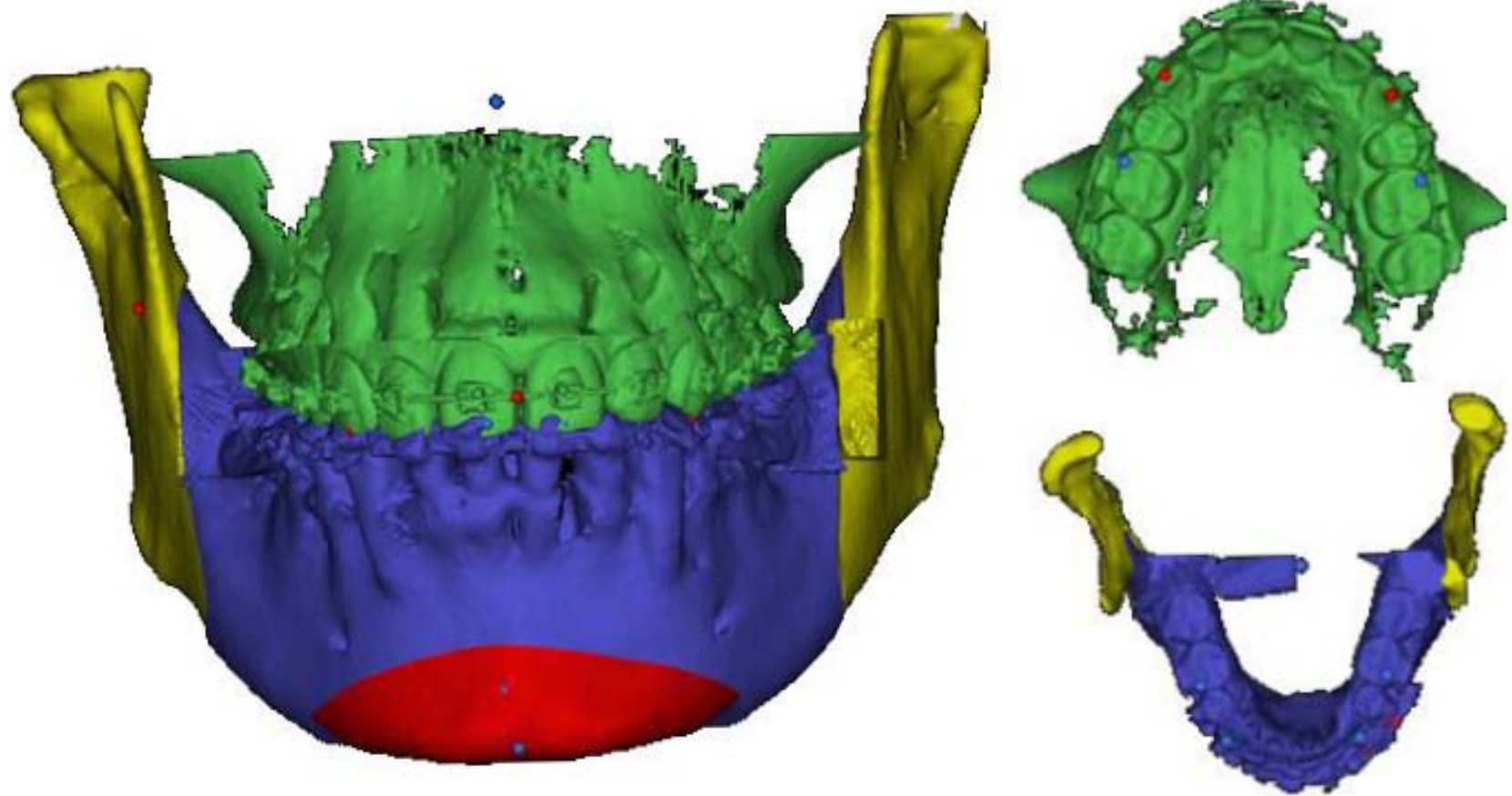


Fig. 25 Planeación quirúrgica 3D. Delimitación de las estructuras anatómicas de interés, reconstrucción de superficie CBTC.
Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo.

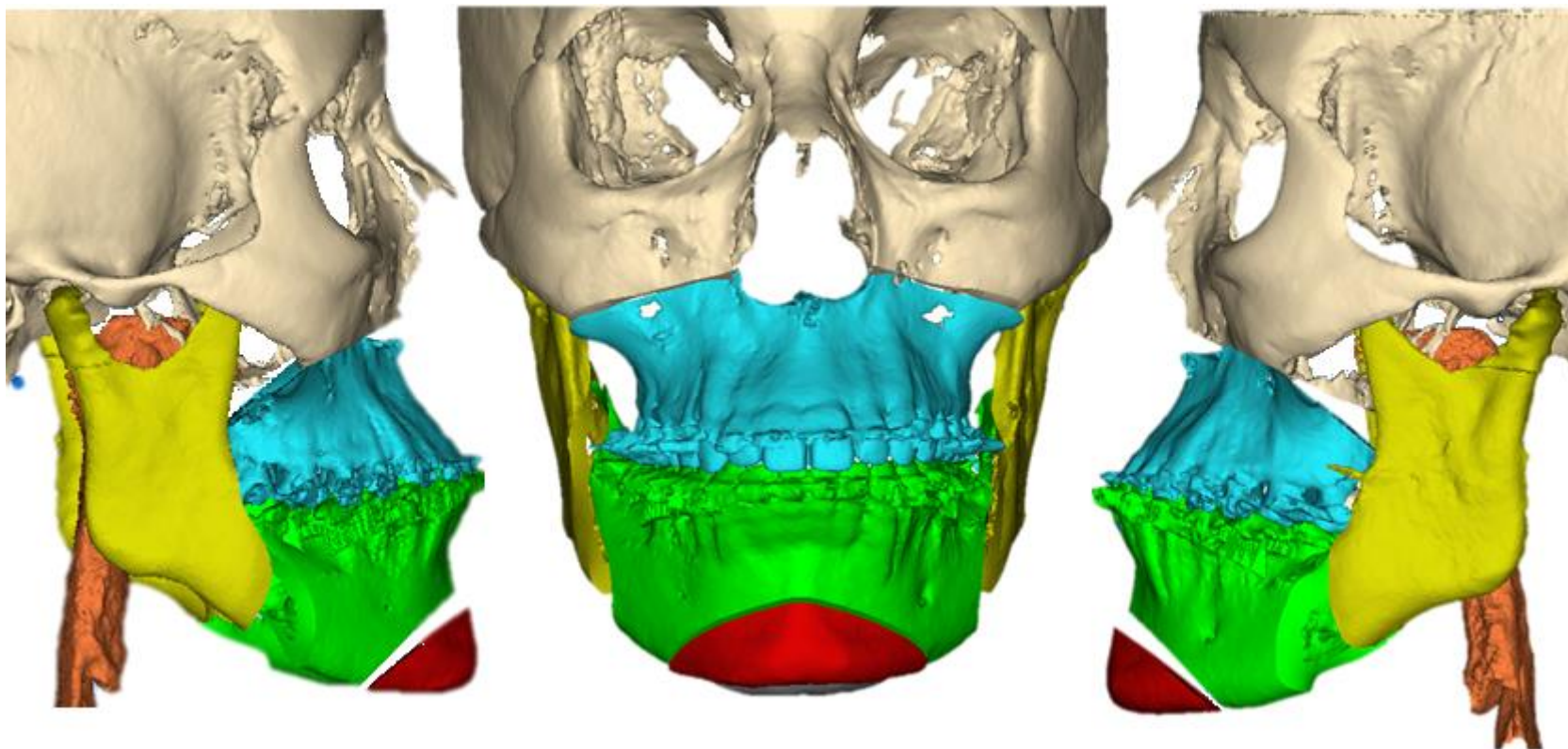


Fig. 26 Planeación quirúrgica 3D. Planeación quirúrgica 3D mediante una osteotomía triple. Osteotomía Le Fort I, osteotomía bilateral sagital y osteotomía de mentón.

Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo.

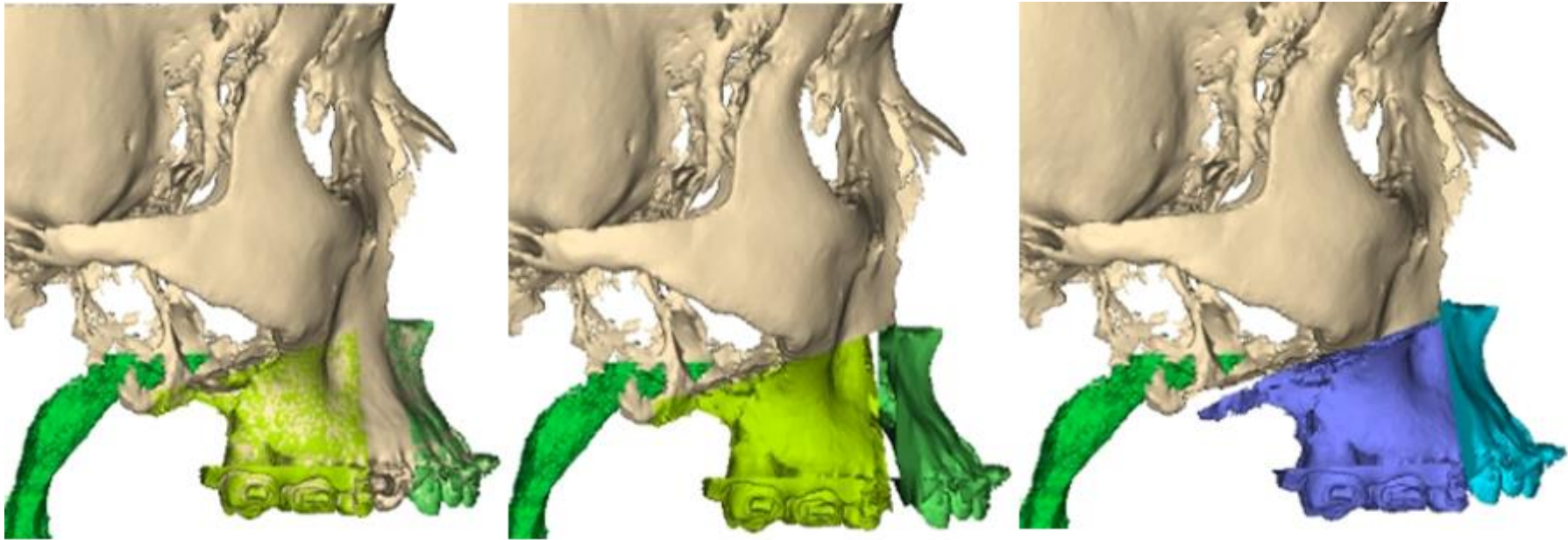


Fig. 27 Planeación quirúrgica 3D. Planeación quirúrgica 3D mediante osteotomía Le Fort I. Osteotomía de los dientes 4 y la región maxilar subyacente. Reposición del segmento osteotomizado y los segmentos osteotomizados.

Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo



Fig. 28. Planeación quirúrgica 3D. Predicción de cambios en los tejidos blandos en modelo anatómico virtual del paciente.

Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo.

5.4 DISEÑO DE FÉRULAS OCLUSALES QUIRÚRGICAS.

Las férulas oclusales quirúrgicas (FO) que toman el registro del componente oclusal para posicionar los fragmentos osteotomizados conforman el sistema universal de transferencia de la planificación al quirófano. ⁽⁵⁰⁾ **Figura 29.**

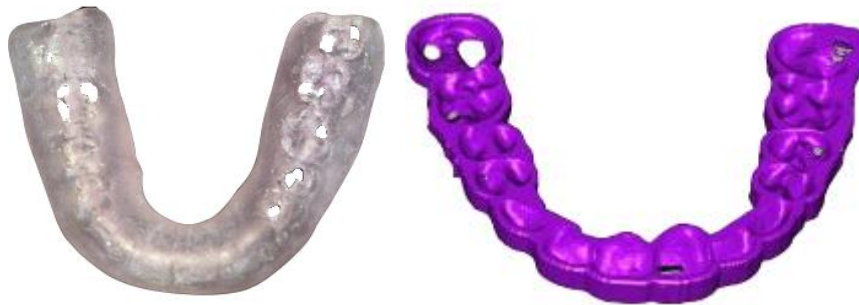


Fig. 29 Diseño de férulas oclusales quirúrgicas. **A.** Férula oclusal convencional de acrílico. ⁽³⁵⁾ **B.** Férula oclusal 3D diseñada mediante software. ⁽⁴¹⁾

Los segmentos osteotomizados pueden posicionarse en cualquiera de los tres planos y ejes anatómicos. La producción convencional de FO de acrílico implica el uso de modelos de yeso, arco facial y articulador. En la cirugía de modelos de yeso una de las maniobras más difíciles es la de posicionar y reposicionar los modelos de las arcadas dentales en el articulador consiguiendo una oclusión correcta. Los modelos de yeso son el único elemento 3D del que se dispone en un estudio preoperatorio convencional 2D. No se tiene información de los tejidos duros y blandos 3D subyacentes ni la relación de los dientes con el complejo craneofacial. Además los procedimientos manuales requieren más tiempo y han mostrado errores no controlables. ⁽⁴⁵⁾ ⁽⁵¹⁾

En comparación con el método convencional, el diseño virtual de las FO gira entorno a la planeación quirúrgica 3D de las diferentes estructuras anatómicas involucradas para corregir una deformidad dentofacial. A su vez proporciona una alta precisión en la reproductibilidad y transferencia de la

planeación 3D al quirófano. Además se eliminan los modelos de yeso, el arco facial y la cirugía de modelos de yeso.

El proceso del diseño virtual de las FO elimina errores sistemáticos acumulados en el proceso de diseño convencional. Poder almacenar la información para luego compararlos, modificarlos, repetir, corregir y enviar de forma sencilla, simplifica el flujo de trabajo. (45) (51) (52)

De acuerdo al diagnóstico se realiza la planeación quirúrgica 3D. En ésta se planifican las osteotomías, ostectomías y el reposicionamiento de los segmentos osteotomizados de acuerdo a STO. Es justo en la planificación quirúrgica 3D donde se diseñan las FO. Las FO se pueden clasificar como férula oclusal quirúrgica intermedia (FOI) y férula oclusal quirúrgica final (FOF) de acuerdo al tiempo transoperatorio. **Figura 30.**

El software no solo permite diseñar las FO para transferir el plan quirúrgico 3D al quirófano. También nos permite manipular el diseño de tal suerte que se pueden modificar sus dimensiones si así se prefiere, modificar el plano de orientación, así como personalizar las FO con el nombre del paciente, tipo de FO y si se quiere el nombre del cirujano.

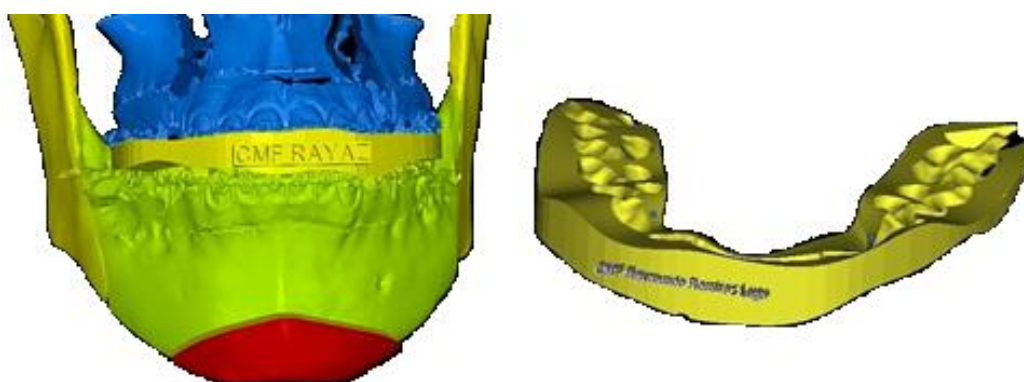


Fig. 30 Diseño de férulas oclusales quirúrgicas. Personalización de FOF, para la transferencia de planeación quirúrgica 3D al quirófano.

Cortesía de COMF Raymundo Ramírez Lugo.



5.5 SINTERIZADO DE FÉRULAS OCLUSALES QUIRÚRGICAS.

Las impresiones 3D, se basan en una tecnología que permite construir modelos físicos a partir de diseños creados por computadora. ⁽⁵³⁾

La impresión 3D consiste en la transferencia de datos digitales a modelos físicos mediante la adición de capas sucesivas de material hasta obtener el objeto anteriormente diseñado, lo que permite producir objetos personalizados en un periodo de tiempo reducido y que se adaptan a las necesidades de cada persona. ⁽⁵³⁾

Las características y los métodos de impresión 3D más utilizados en el ámbito médico se muestran en la **tabla 8**.

Tabla 8. Métodos de impresión 3D y sus características. ⁽⁵³⁾

ESTEREOLITOGRAFÍA	Emplea una fuente de luz para solidificar capas sucesivas de polímeros líquidos. Fue la primera forma de impresión 3D utilizada en la historia.
SINTERIZADO SELECTIVO POR LÁSER	Fusiona capas de material en polvo mediante un láser. Se emplea para crear objetos metálicos, plásticos y cerámicos.
MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA (MDF)	Funciona de forma análoga a las impresoras de tinta y utiliza energía térmica generada por un cabezal para depositar pequeñas gotas de plástico sobre una superficie. El tamaño de la gota y la resolución dependen de la temperatura aplicada y la viscosidad de la tinta. Las impresoras FDM son particularmente útiles en la ingeniería de tejidos y en medicina regenerativa.
BIOIMPRESIÓN	Emplea máquinas especializadas para aplicar capas de biotinta con el objetivo de crear estructuras similares al tejido vivo.

En los últimos años el desarrollo de impresiones 3D ha hecho de ésta una herramienta que permite a la cirugía ortognática la posibilidad de crear objetos que guíen y por lo tanto faciliten y agilicen el acto quirúrgico. **Figura 31.** Ejemplo de ello es el sinterizado de FO que, como se mencionó anteriormente, conforma el método universal para transferir la planeación quirúrgica 3D al quirófano. ^{(51) (53)}

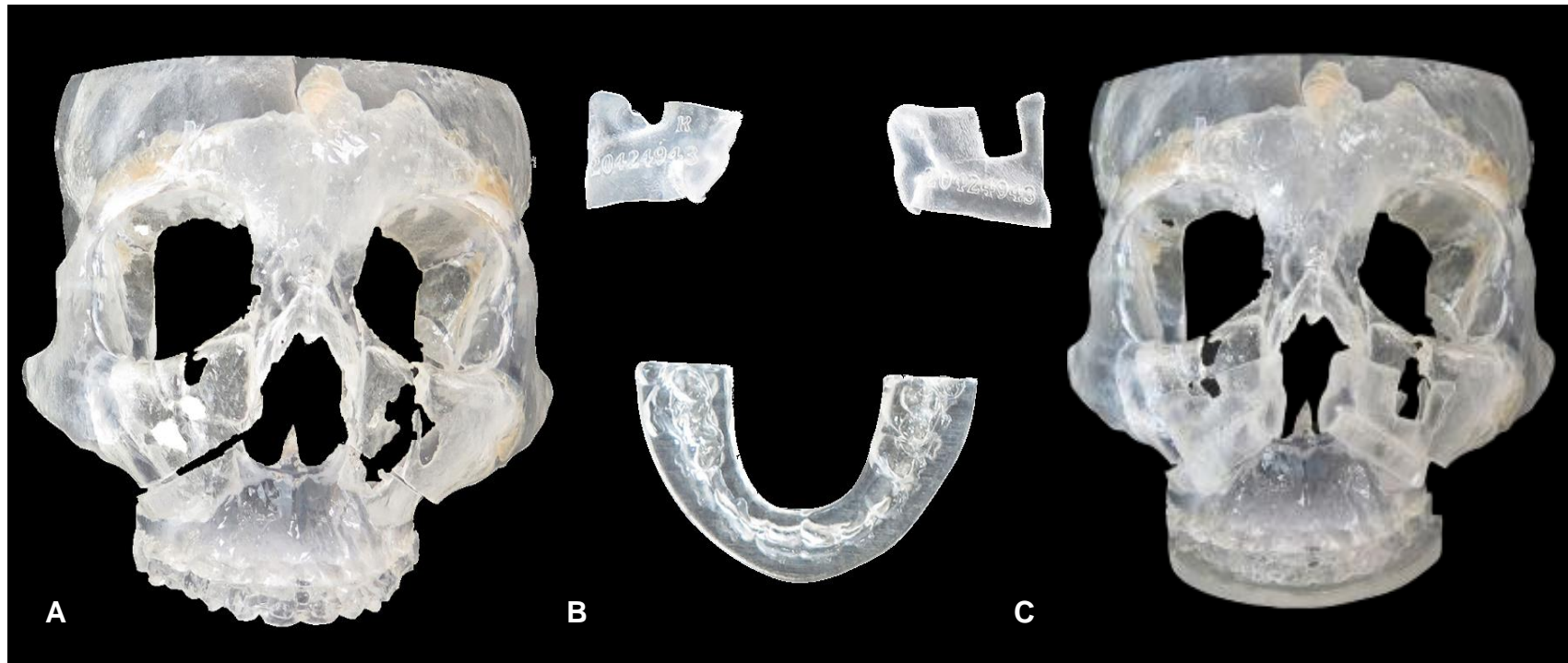


Fig. 31 Sinterizado de férulas quirúrgicas oclusales.

A. Impresión 3D de modelo anatómico en el cual se le realizó una osteotomía Le Fort I. **B.** Impresión 3D de férula oclusal final y guías de reposicionamiento maxilar. **C.** FOF y guías de reposicionamiento colocadas sobre el modelo anatómico. ⁽⁵¹⁾



6. PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO.

NOMBRE:

DMC

EDAD:

27th

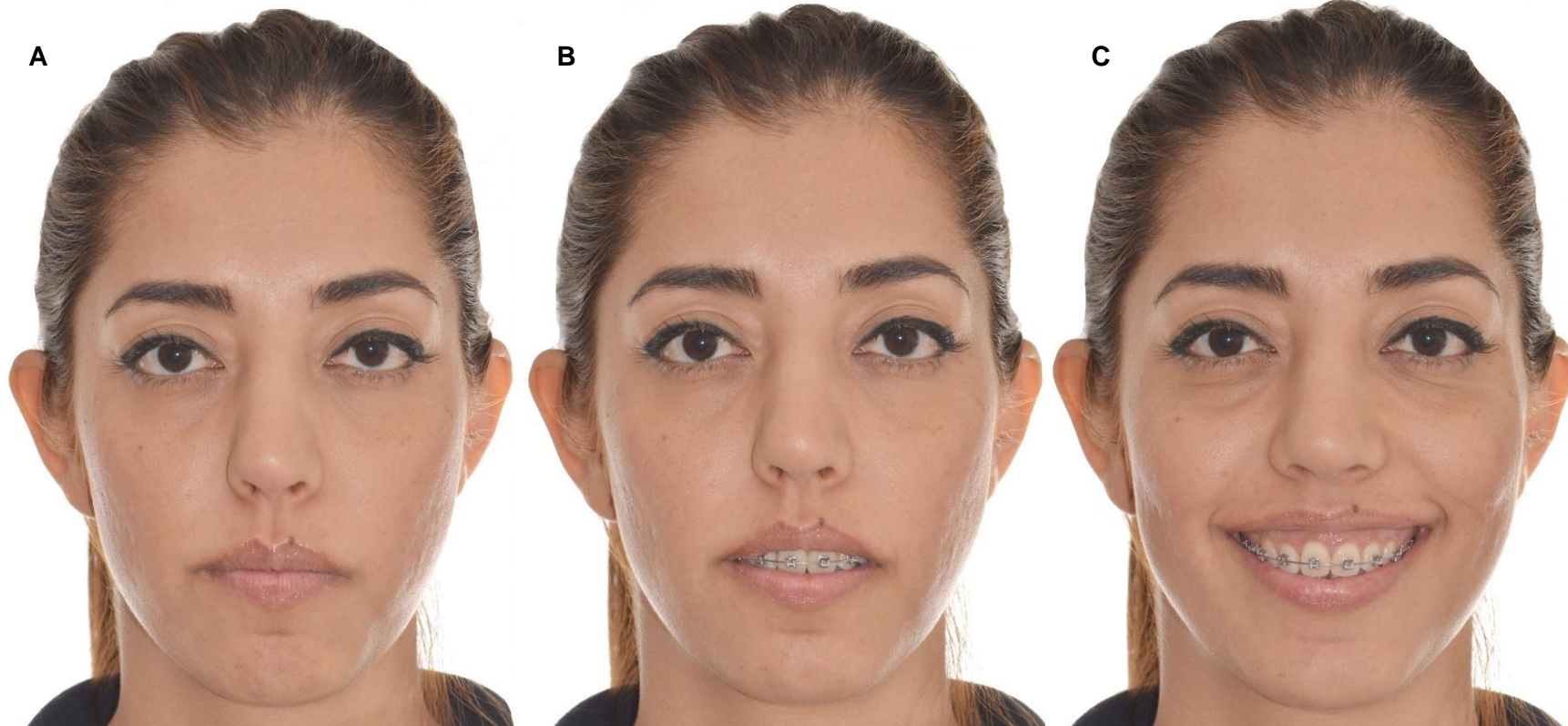
DIAGNÓSTICO:

ANORMALIDAD

DENTOFACIAL CLASE II

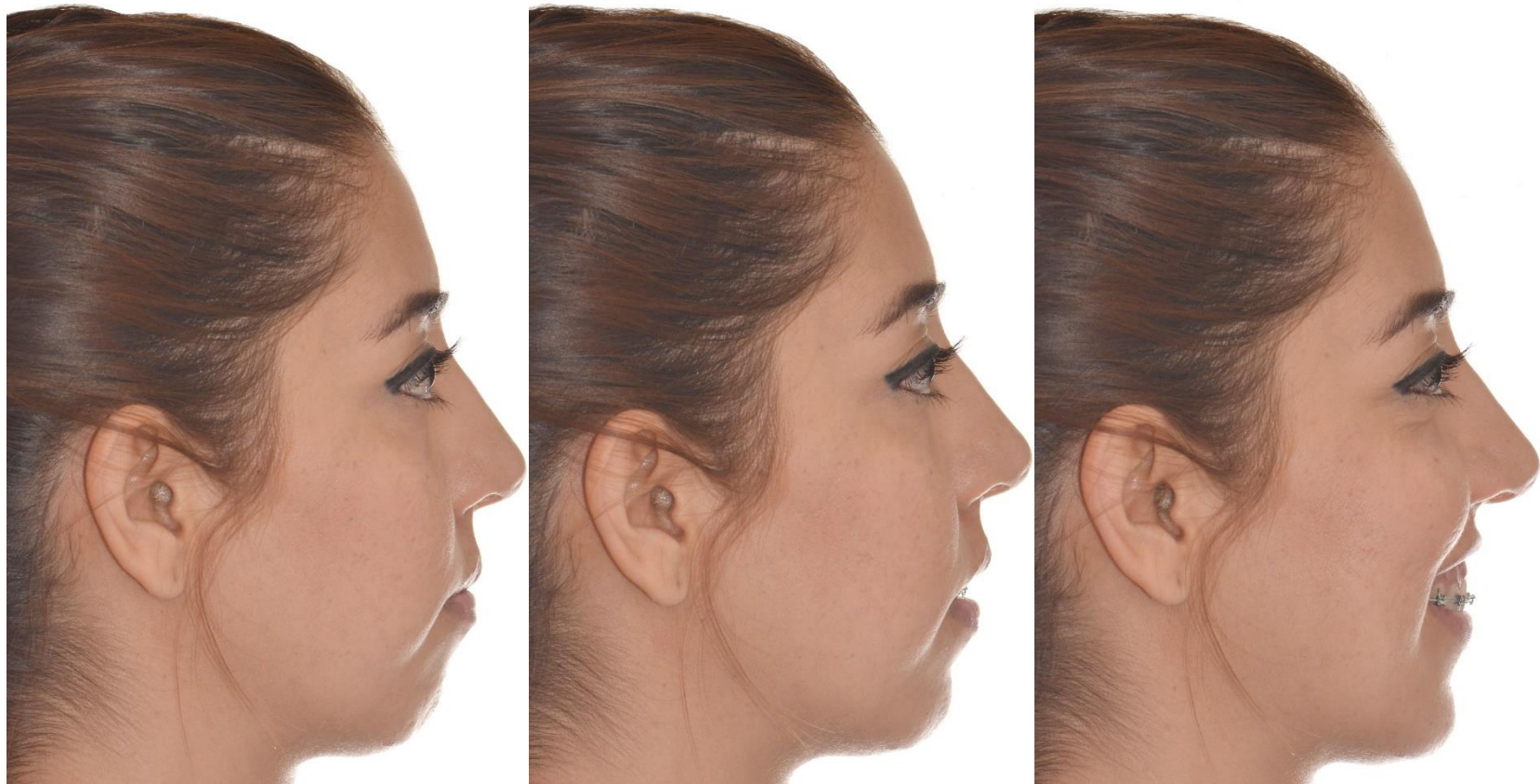
CON EXCESO DE

MAXILAR



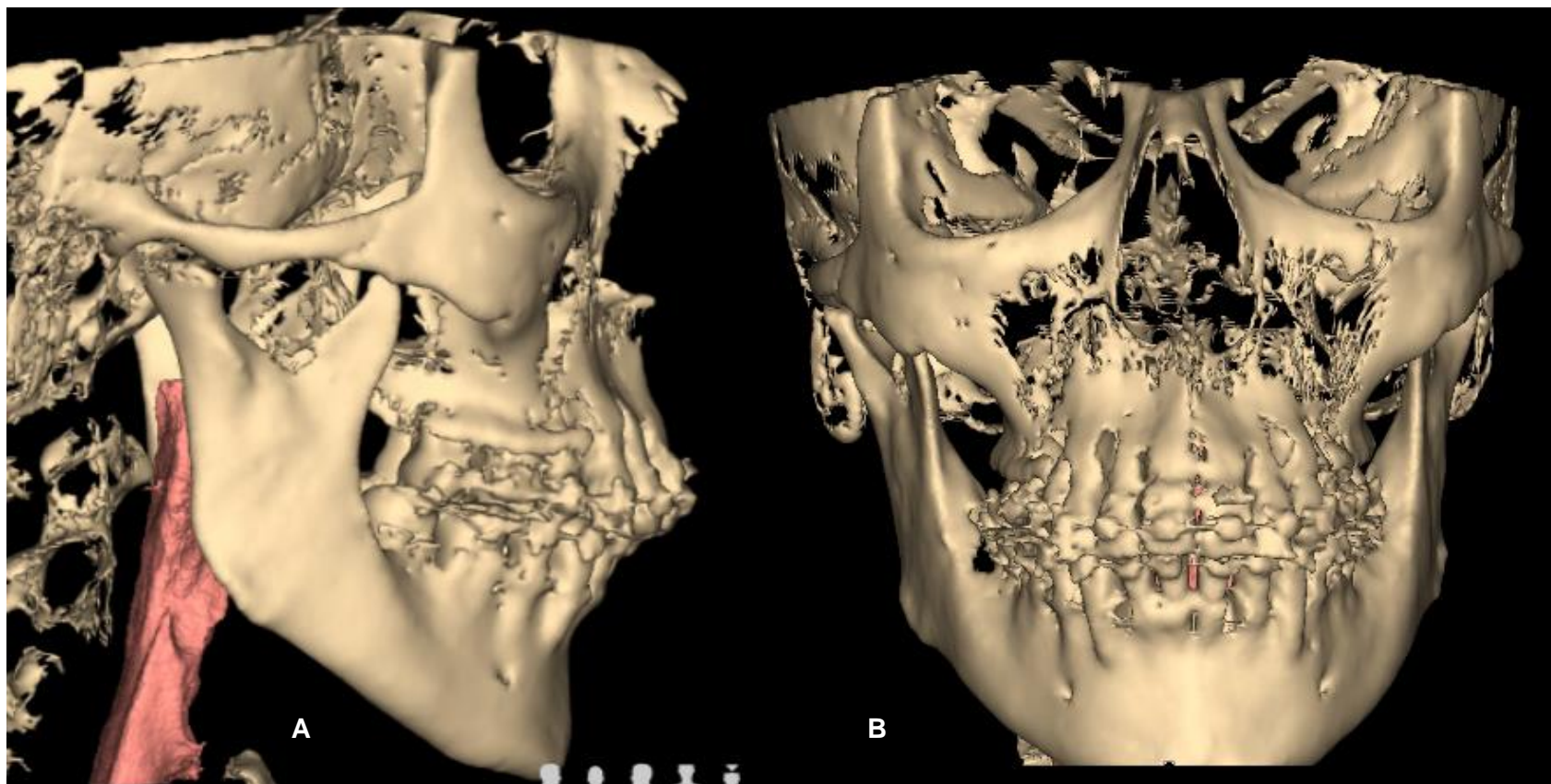
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Fotografías preoperatorias en una vista lateral.

A. Competencia labial. B. Sonrisa media. C. Máxima sonrisa, nótese el exceso vertical del maxilar.



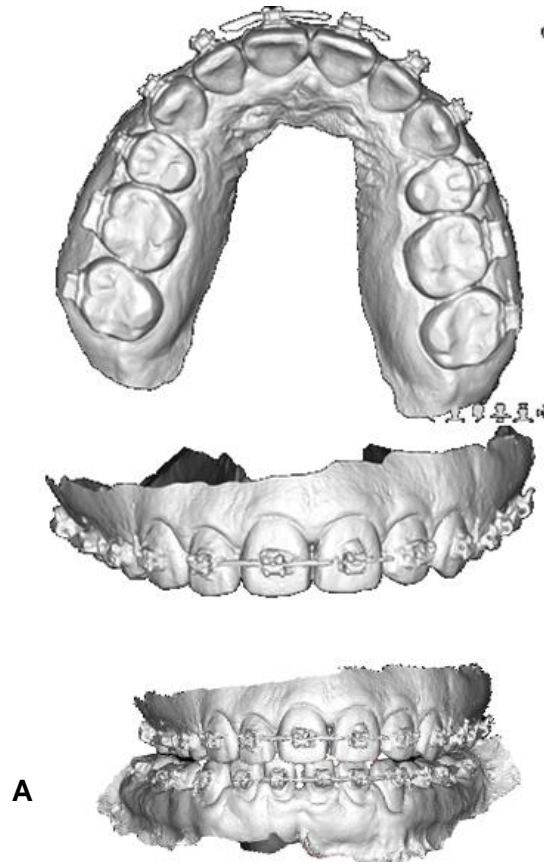
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Fotografías preoperatorias en una vista sagital.

A. Competencia labial. B. Sonrisa media. C. Máxima sonrisa, nótese el exceso vertical del maxilar.

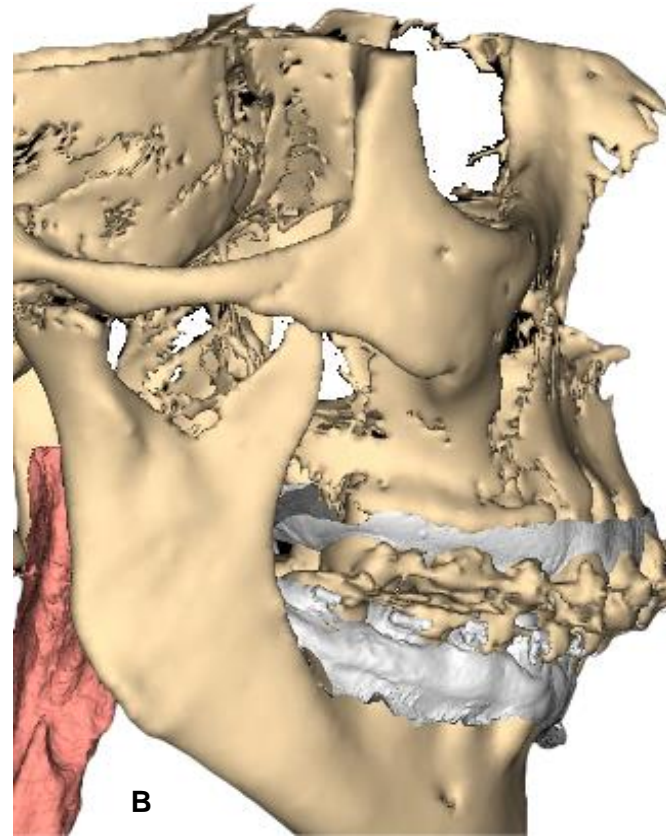


PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Adquisición de imágenes 3D.

A. Vista sagital de CBTC de cráneo y macizo facial en PNC, dientes separados 2 mm con ceras en posición de RC, sin soporte de mentón ni soporte frontal, en formato DICOM. **B.** Nótese la distorsión de las arcadas dentales.



A

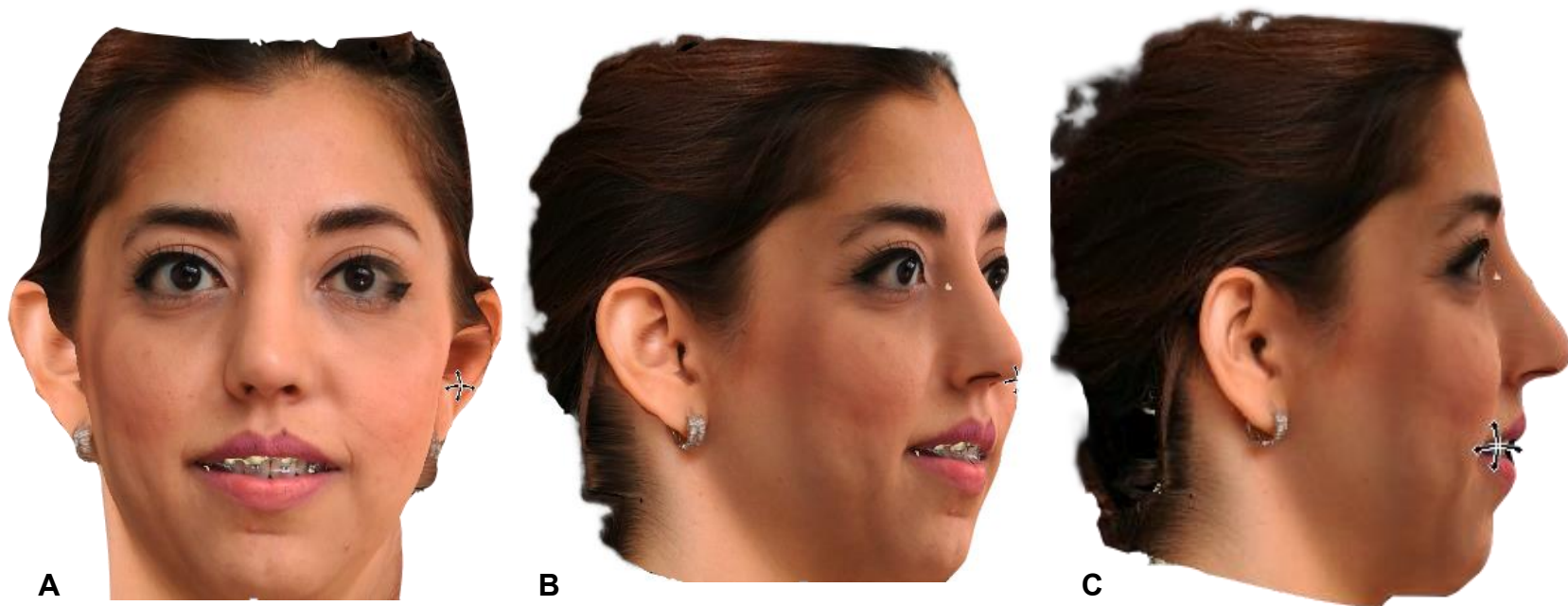


B

PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Adquisición de imágenes 3D.

A. Escaneo intraoral de ambas arcadas dentales **B.** Fusión de escaneo intraoral con CBTC en una vista sagital.

Escaneo intr oral en formato STL.



PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Adquisición de imágenes 3D.

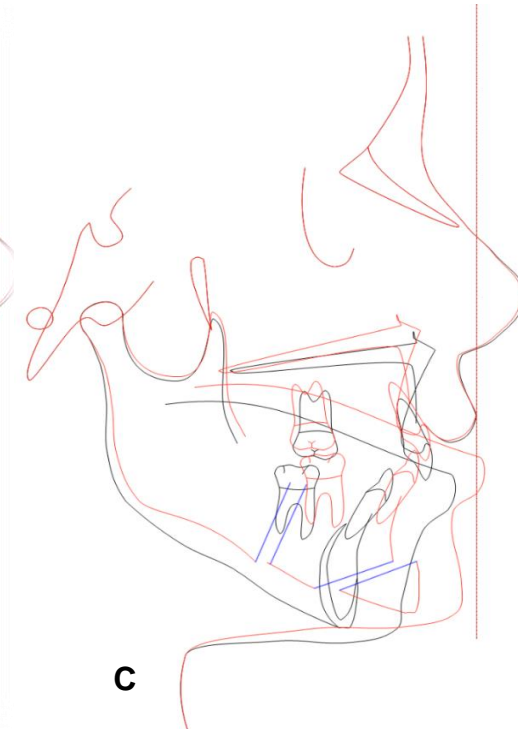
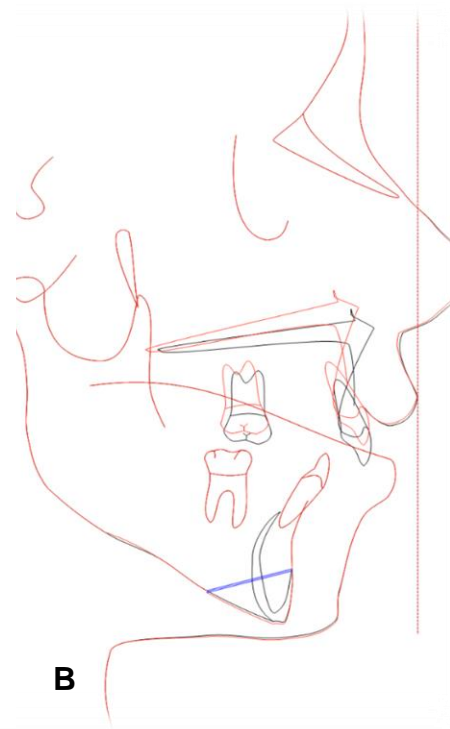
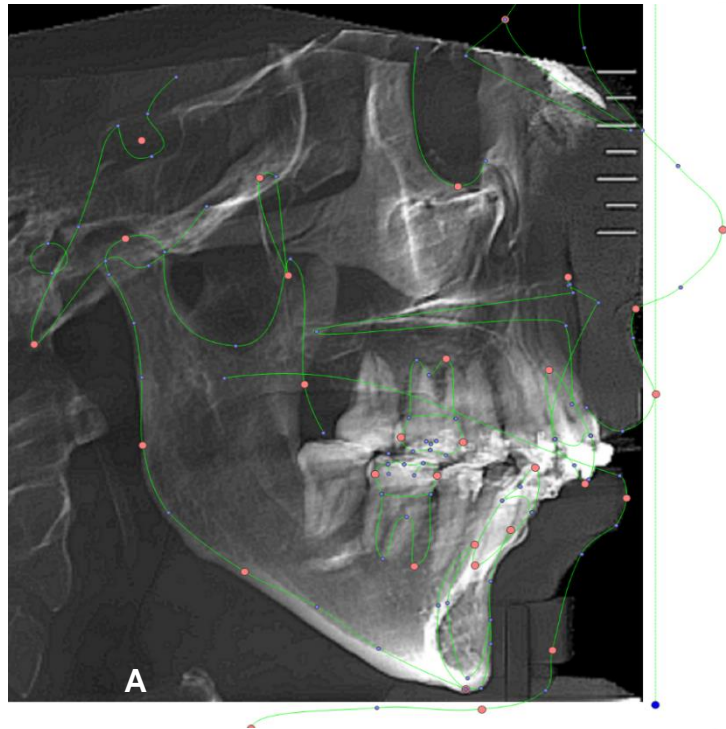
A Escaneó facial en una vista frontal. **B.** Escaneó facial en una vista $\frac{3}{4}$. **C.** Escaneó facial en una vista sagital.

Escaneó facial en formato OBJ.



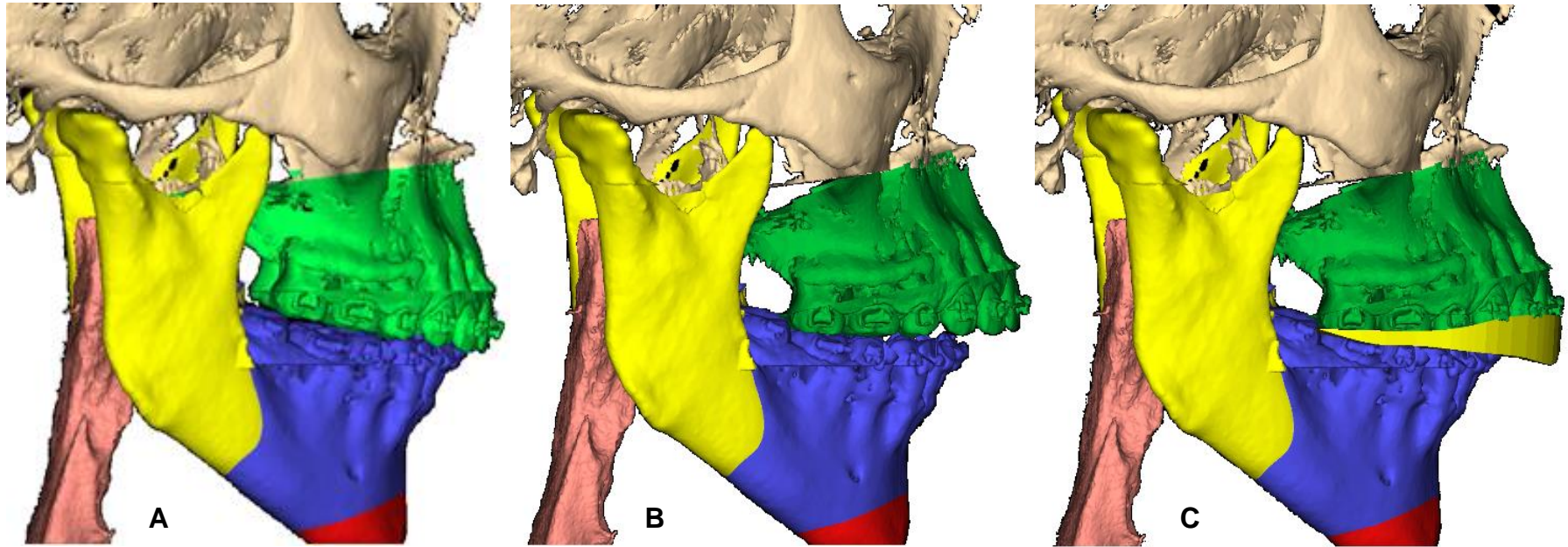
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Modelo anatómico 3D.

Creación de modelo anatómico 3D del paciente mediante la fusión de imágenes 3D; CBTC, escaneo intraoral y facial.



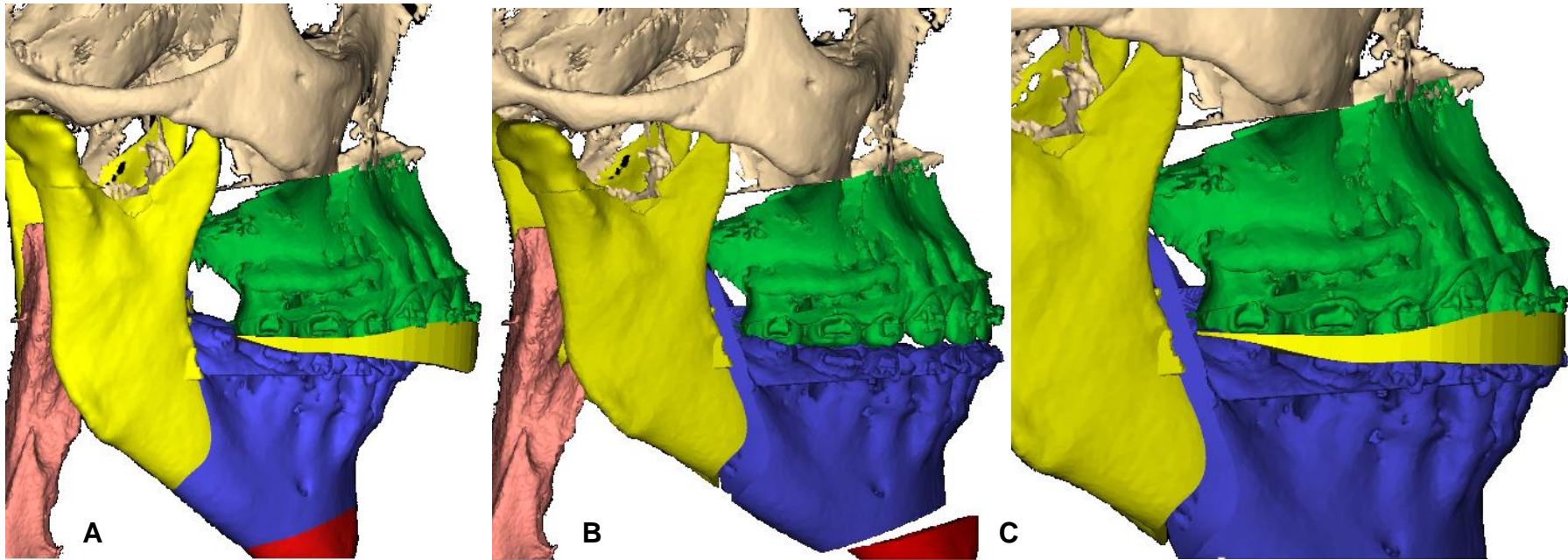
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Diagnóstico y predicción de cambios en tejidos blandos.

A. Trazado cefalométrico y análisis estético facial 2D; **B y C.** Plan de tratamiento bimaxilar mediante una triple osteotomía y predicción de cambios en tejido blando. **Diagnostico:** anomalía dentofacial clase II con exceso de maxilar



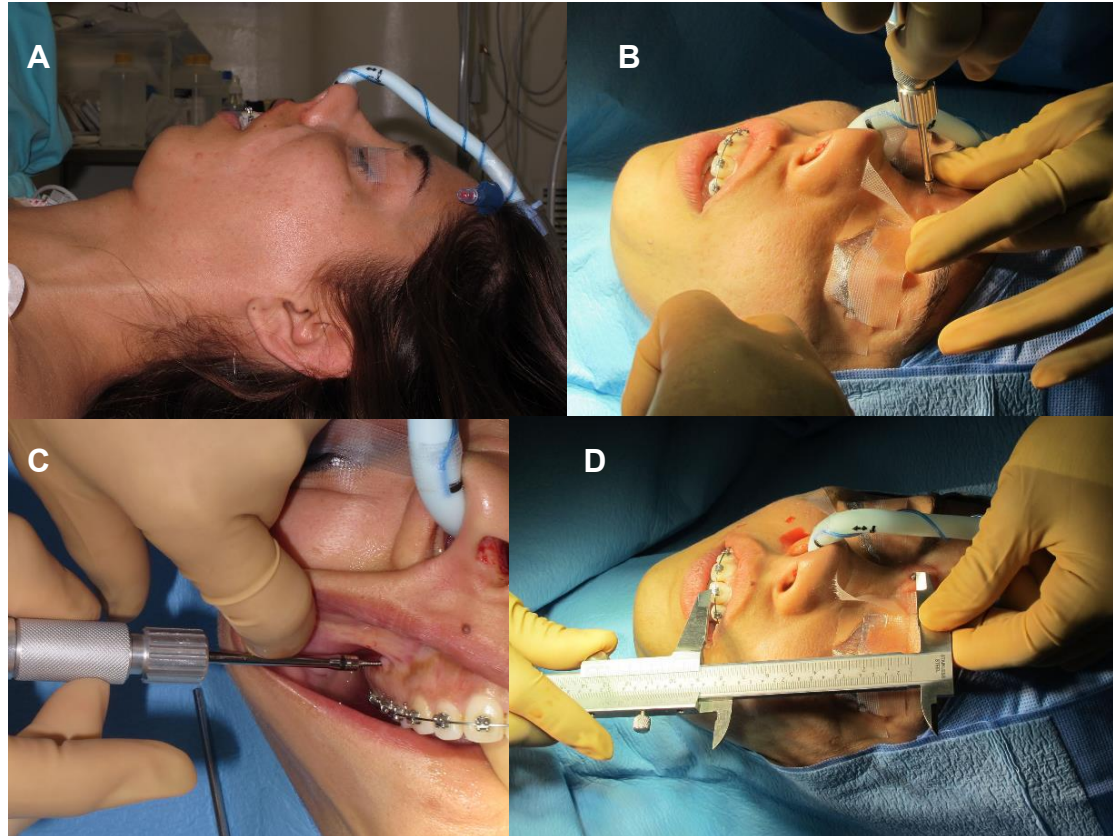
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Planeación quirúrgica 3D y diseño de FOI.

A. Diseño virtual de osteotomias. **B.** Reposicionamiento del maxilar mediante una autorrotación e impactación anterior del maxilar. **C.** Diseño de férula oclusal quirúrgica intermedia (FOI).



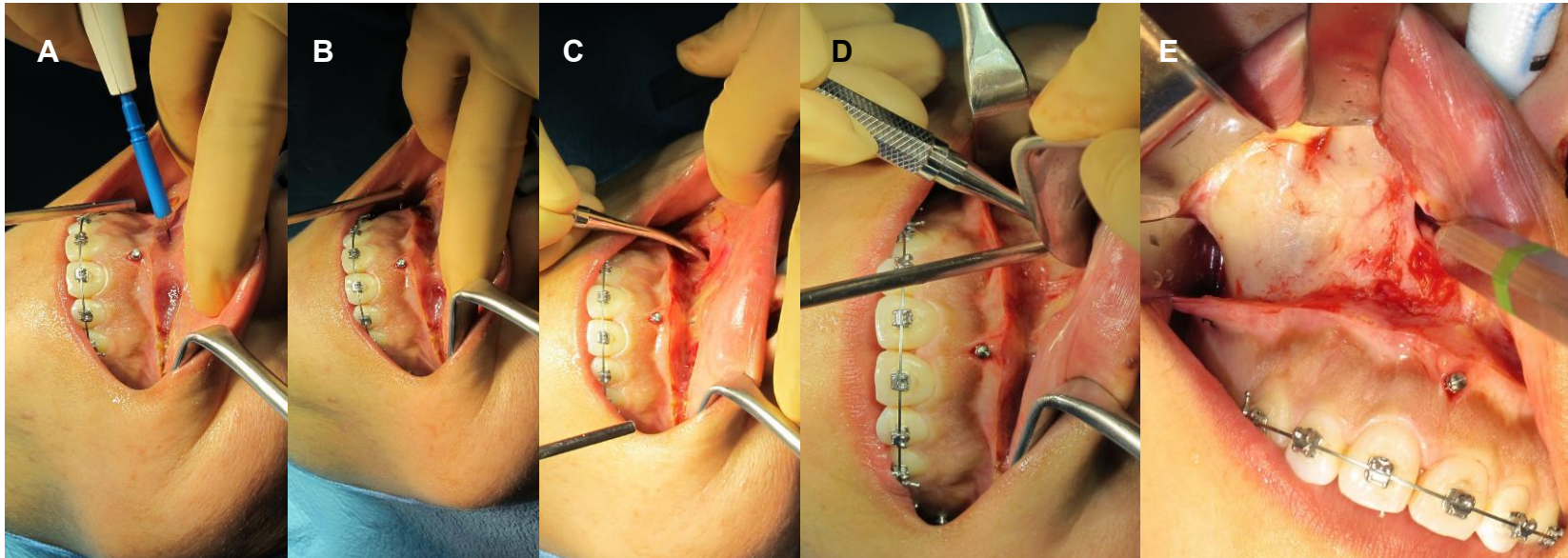
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Planeación quirúrgica 3D y diseño de FOF.

A. FOI. **B.** Osteotomía sagital bilateral, avance mandibular y mentoplastia de avance. **C.** Diseño de férula oclusal quirúrgica final (FOF).



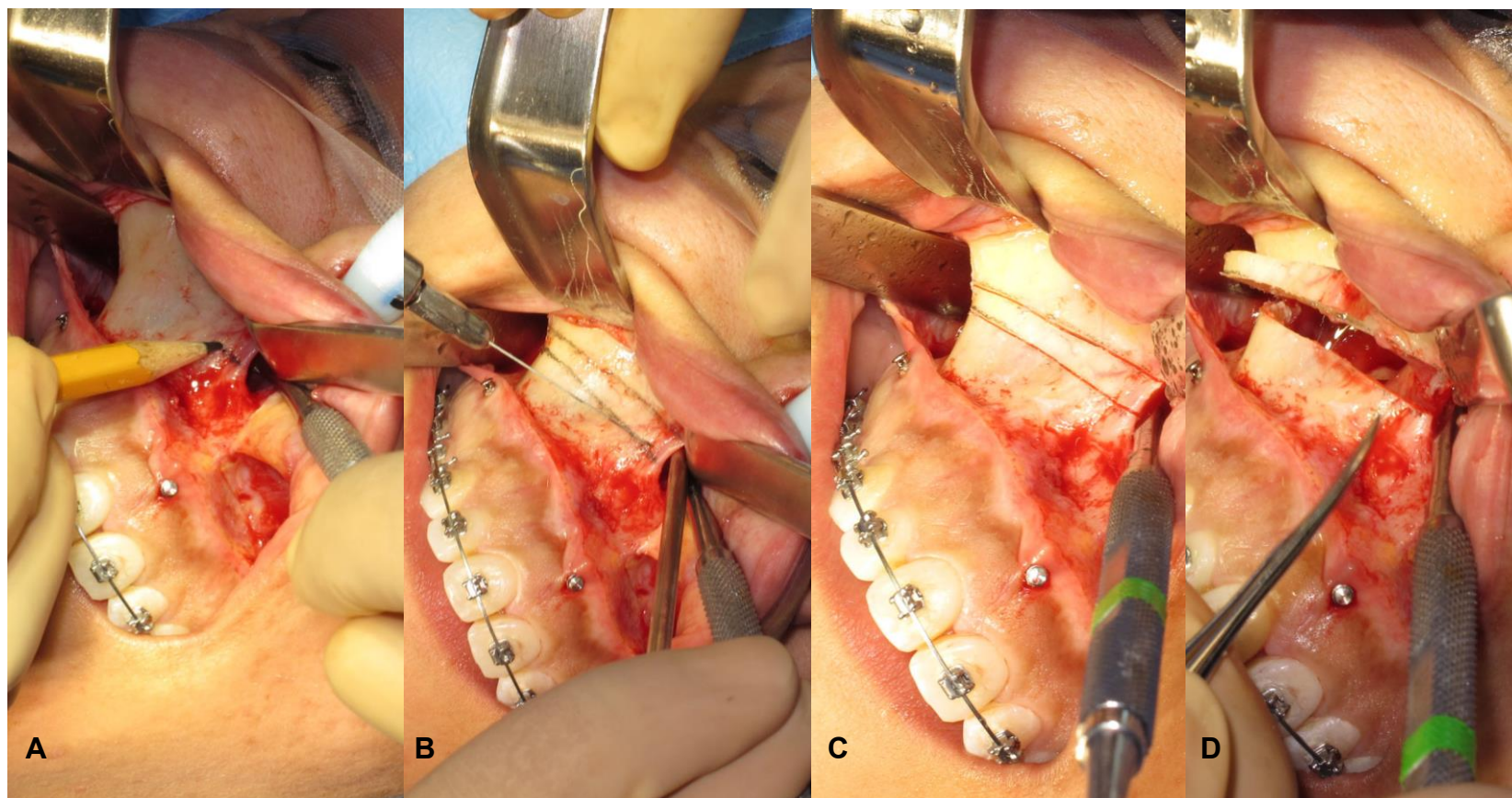
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Acto quirúrgico.

A. Fotografía inmediata preoperatoria. **B y C.** Colocación de mini implantes. **D.** Medición de la dimensión vertical.



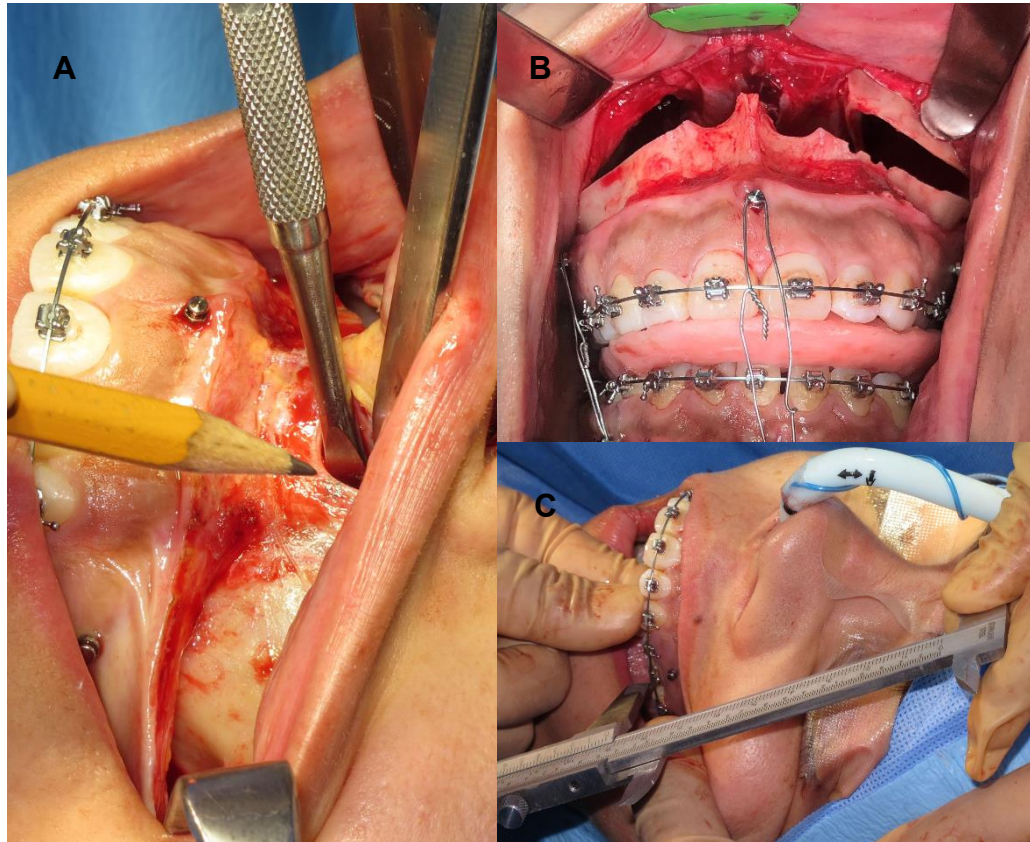
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Acto quirúrgico.

A. Incisión circunvestibular. **B.** Levantamiento de colgajo mucoperiostico. **C y D.** Disección de la mucosa nasal. **E.** Exposición de hueso maxilar.



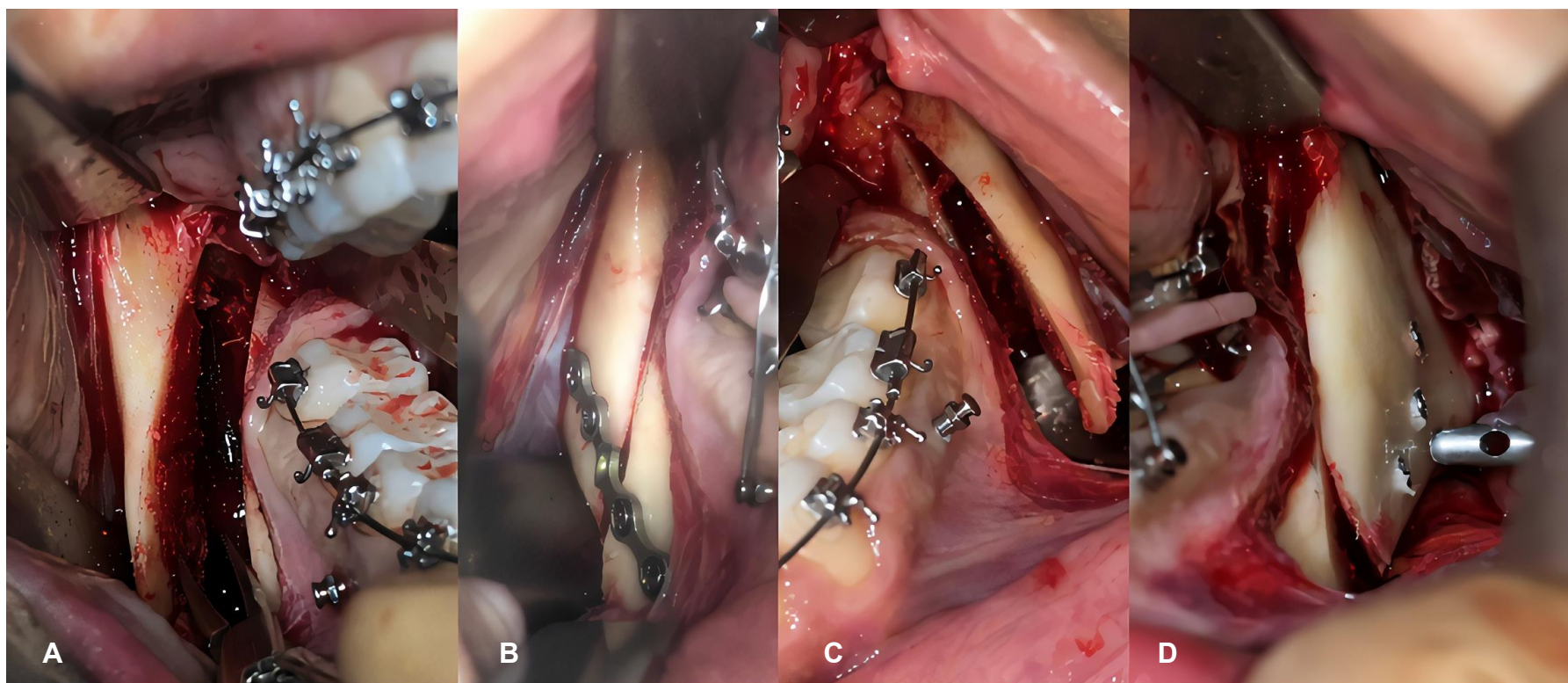
PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Acto quirúrgico.

A. Marcaje de osteotomía Le Fort I. **B y C** osteotomía Le Fort I. **D.** Retiro de fragmento óseo de osteotomía Le Fort I.



PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Acto quirúrgico.

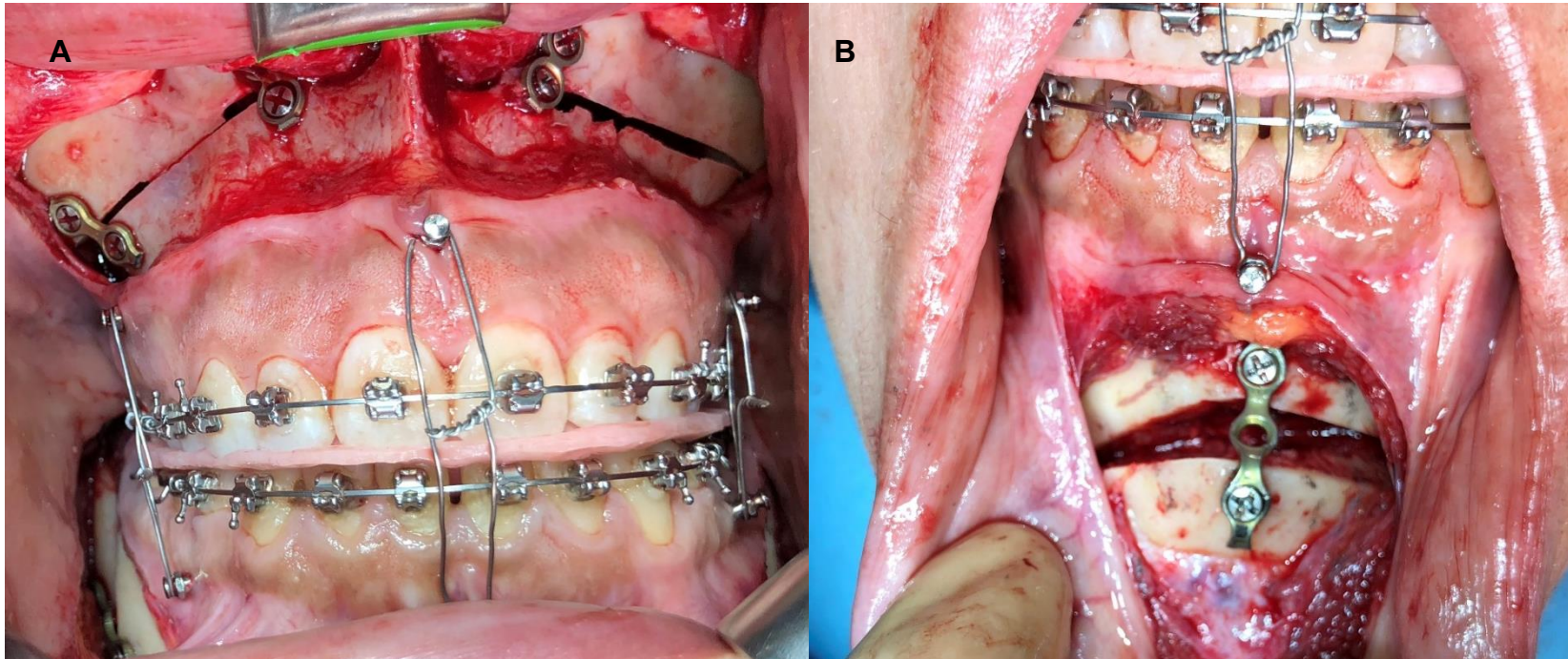
A y B Reposicionamiento de maxilar con férula intermedia. **C.** rectificación de dimensión vertical.



PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Acto quirúrgico.

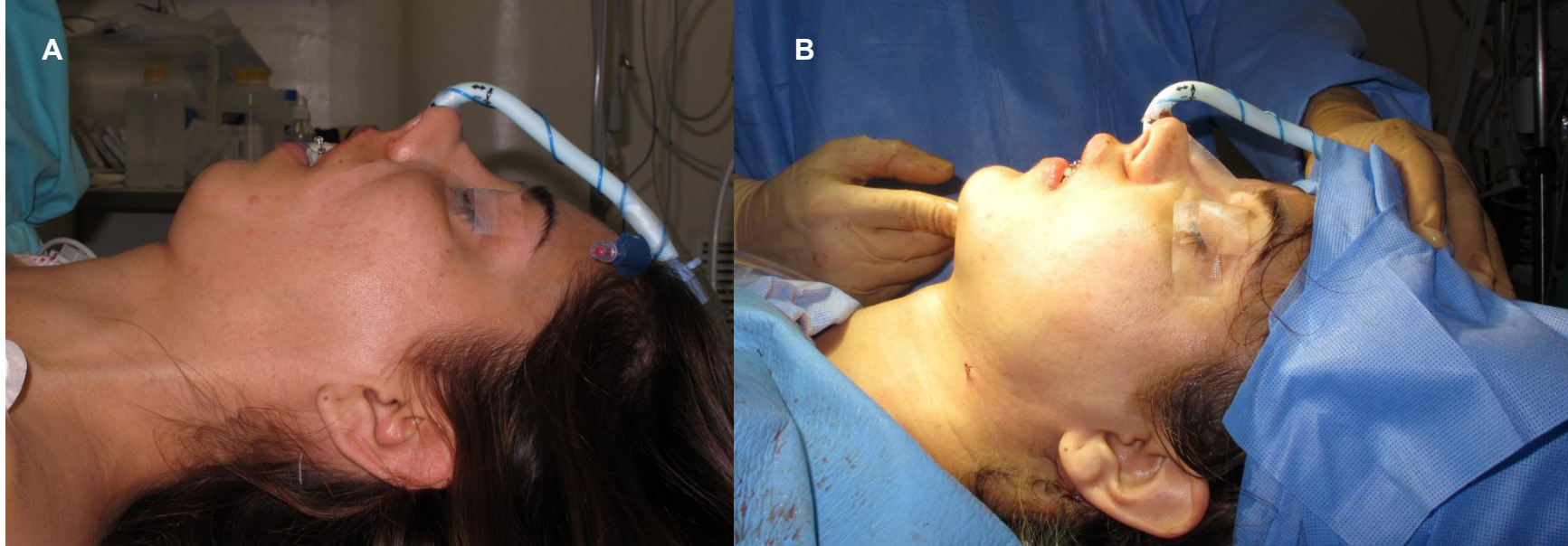
A. Osteotomía sagital derecha. **B.** Colocación de placa de osteosíntesis con férula final. **C.** Osteotomía sagital izquierda.

D. Colocación de tornillos de osteosíntesis con férula final.

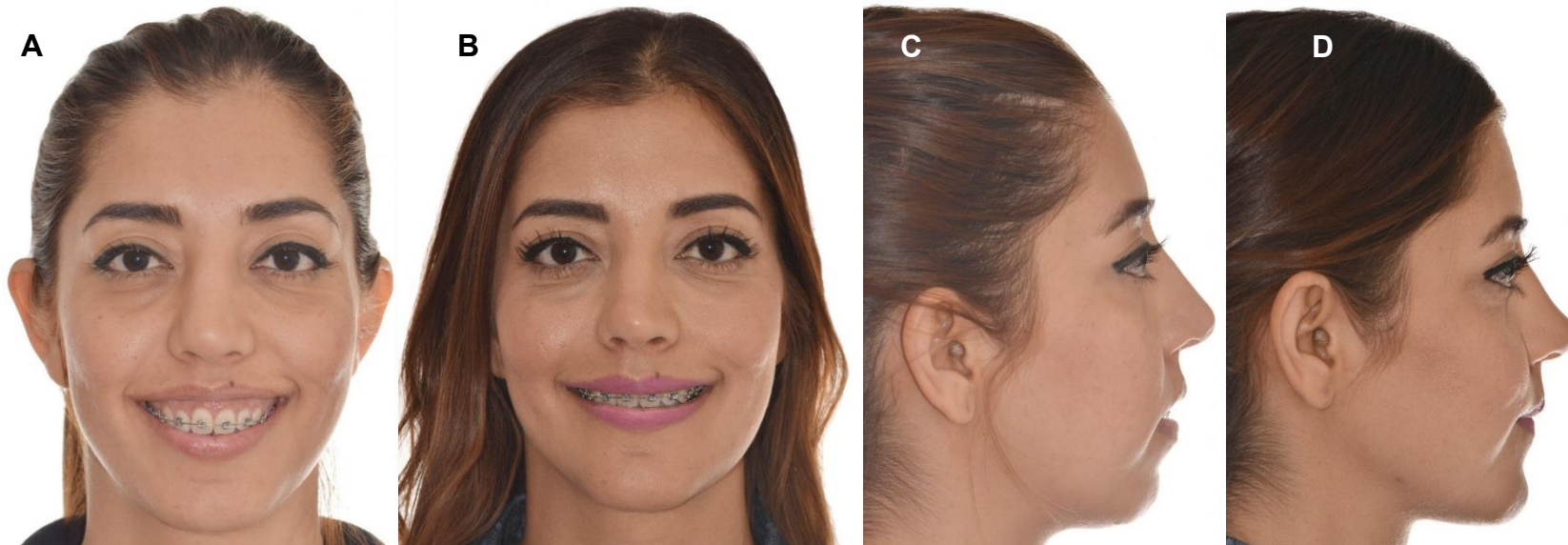


PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Acto quirúrgico.

A. Fijación maxilar y mandibular mediante placas de osteosíntesis. **B.** Fijación de mentón con placas de osteosíntesis. Nótese la férula quirúrgica final.



PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Fotografías comparativas.
A. Fotografía preoperatoria inmediata. **B.** Fotografía postoperatoria inmediata.



PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO. Fotografías comparativas.

A. Fotografía preoperatoria y **B.** Fotografía postoperatoria en una vista frontal, nótese la reducción del exceso vertical del maxilar.

C. Fotografía preoperatoria y **D.** postoperatoria en una vista sagital, nótese el avance mandibular y la mentoplastia de avance.



7. DISCUSIÓN.

La planeación 3D en cirugía ortognática ha sido evaluada por diferentes autores; destacando la precisión, la rapidez, predicción de cambios en los tejidos blandos, estabilidad, virtudes y ventajas que se obtienen a partir de la creación de un modelo anatómico 3D donde se fusionan imágenes 3D de CBTC, escaneo facial y escaneo intraoral.

Hernández Alfaro et. al realizó un estudio que consta de dos partes: una evaluación in vitro en tres modelos de cráneo dentados y una evaluación prospectiva de seis pacientes consecutivos. Concluyó que mediante el método de fusión de imágenes CBTC y el escaneo intraoral se logra una representación altamente precisa de la anatomía esquelética y dental. ⁽³⁹⁾

Turki Almatari et. al concuerda que la CBTC no registra la morfología dental con precisión. Realizó un estudio donde se utilizaron seis cráneos dentados con brackets de ortodoncia. Éstos fueron escaneados por CBTC y las superficies oclusales fueron escaneadas por escáner intraoral para posteriormente ser fusionadas. Finalmente, concluyó que se puede reemplazar la dentición de CBTC por la dentición escaneada intraoralmente con precisión. Esto se traduce en la transportación precisa de la planeación 3D al quirófano. ⁽⁴⁰⁾

Hernández Alfaro et. al y Biao Li et al, convienen en que, gracias a las impresiones 3D a partir de la planeación 3D, se pueden generar FO que pueden trasladar con gran precisión la planificación 3D al quirófano. ^{(35) (54)}

La predicción 3D en los cambios de los tejidos blandos ha sido evaluada por diferentes autores. T. Mundlruru et al. Yu-Jen Chang et al. y Samir Aboul-Hons concluyen que la predicción 3D es más fiable, precisa y clínicamente aceptable que la forma convencional 2D con un error de predicción menor a 2 mm para todas las regiones faciales. ^{(35) (55) (56)}



El tiempo empleado para la planeación 3D en cirugía ortognática también ha sido evaluado. Thomas Steinhuber et. al realizó un estudio de cohorte prospectivo donde el propósito de éste fue determinar el tiempo de trabajo para la planeación quirúrgica 3D en comparación con la planeación quirúrgica 2D. Este estudio incluyó 40 pacientes. Para cada paciente se realizó tanto una planeación 3D (incluyendo el diseño e impresión 3D de férulas oclusales quirúrgicas) como una planeación 2D (que incluyó el diseño y la fabricación manual de férulas oclusales quirúrgicas). Se concluyó que la planeación 3D reduce significativamente el tiempo en comparación que la planeación 2D. ⁽⁵⁷⁾

8. CONCLUSIONES.

La planeación 3D en cirugía ortognática gira en torno al flujo de trabajo digital. La adquisición de imágenes 3D mediante CBTC, escáner facial e intraoral hace posible la creación de un modelo anatómico 3D.

Las imágenes del modelo anatómico 3D permiten una visualización más amplia de los componentes anatómicos involucrados. Ésto le permite al cirujano un mejor control sobre el diagnóstico, la planeación quirúrgica y la predicción en los cambios de tejidos blandos.

La impresión 3D permite la reproductibilidad precisa de la planificación 3D al quirófano.

La planeación 3D se erige como una gran herramienta de comunicación entre cirujano-paciente, equipo médico y además funciona como una gran estrategia de enseñanza entre profesor y alumno.

La planeación virtual aunque es muy valiosa no sustituye el conocimiento de la anatomía, fisiología, histología, embriología, etc.



9. Bibliografía

1. Nini, Farhad B. CHAPTER 2 Historical Evolution of Orthognathic Surgery. Orthognathic Surgery: Principles, Planning and Practice (Pages: 23-82). [Online].: Wiley-Blackwell; 2017 [cited 2021 FEBRERO 24. Available from: <https://onlinelibrarywileycom.pbidi.unam.mx:2443/doi/10.1002/9781119004370.ch2>.
2. Hullihen SP. Case of elongation of the under jaw and distortion of the face and neck cbabstAJods1J, 9(2):157...
3. Von Langenbeck B. Beiträge zur Osteoplastik. Druck von G. Reimer; 1859..
4. Cheever DW.. Naso-pharyngeal polypus, attached to the basilar process of occipital and body of the sphenoid bone successfully removed by a section, displacement, and subsequent replacement and reunion of the superior maxillary bone. Boston Med Surg J.. 1867;8(162):72..
5. Marcelo Gálvez, M.Dr. Algunos hitos históricos en el desarrollo del diagnóstico médico por imágenes Revista Médica Clínica Las Condes, Volume 24, Issue 1, 2013, Pages 5-13. [Online]. [cited 2021 Marzo 1. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864013701238>.
6. Blair VP. Report of a case of double resection for the correction of protrusion of the mandible. Dent Cosmos. 1906; 48:817..
7. Ottolengui RD. Afriendly criticism of Dr Angle's proposed technique in surgical correction of mandibular protrusion. Dental Cosmos. 1906;48:817-20..
8. Tessier P. The classic reprint. Experimental study of fractures of the upper jaw. I and II. René Le Fort, M.D. Plast Reconstr Surg.. 1972 Nov;50(5):497-506.
9. Cryer MH. Studies of the anterior and posterior occlusion of the teeth, with suggestions as to treatment. Dent Cosmos. 1913 Jul;55:673-91..
10. Harsha WM. Bilateral resection of the jaw for prognathism. Surg Gynecol Obstet.. 1912;15:51-3.
11. Wassmund M.. Frakturen und Luxationen des Gesichtsschädels: unter besonderer Berücksichtigung der Komplikationen des Hirnschädels; ihre Klinik und Therapie; praktisches Lehrbuch. Meusser; 1927. .



12. Daljit S. Gill, Farhad B. Naini. CHAPTER 2 Diagnosis and Treatment Planning. In Daljit S. Gill FBN. Orthodontics : Principles and Practice. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell; 2016.
13. Kazanjian H K. Surgical treatment of mandibular prognathism. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1932;18(11):1224-39..
14. Köle. Operaciones quirúrgicas sobre la cresta alveolar para corregir anomalías oclusales. Cirugía Bucal, Medicina Bucal, Patología Bucal. 1 de mayo de 1959; 12 (5): 515-29. 1 de mayo de 1959; 12 (5): 515-29..
15. Hofer O. Operation der prognathie und mikrogenie. Deutsche Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde.. 1942;9:121-32..
16. Sowray JH, Haskell R. Ostectomy at the mandibular symphysis Br J Oral Surg. 1968;5:97-102..
17. Kazanjian VH. The treatment of mandibular prognathism with special reference to edentulous patients. Oral Surg OralMed Oral Pathol. 1951;4:680-88..
18. Trauner R, Obwegeser H.. The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty: Part I. Surgical procedures to correct mandibular prognathism and reshaping of the chin. Oral surgery, oral medicine, oral pathology. 1957 Jul 1;10(7):677-89..
19. Caldwell JB.. Vertical osteotomy in the mandibular rami for correction of prognathism. J oral surg. 1954;12:185..
20. Bell W.H. Revascularization and bone healing after anterior maxillary osteotomy: A study using adult rhesus monkeys. J Oral Surg. 1969; 27: 249.
21. H.L O. Surgical correction of small or retrodisplaced maxillae. The “dish-face” deformity. Plast Reconstr Surg. 1969; 43: 351.
22. Ramírez Giraldo JCea. Tomografía computarizada por rayos X:undamentos y actualidad. Revista Ingeniería Biomédica Volumen 2 N° 4 Paginas 54 - 66. [Online].; 2008 [cited 2021 03 03. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v2n4/v2n4a08.pdf> .
23. MacIntosh RB. Total mandibular alveolar osteotomy: encouraging experiences with an infrequently indicated procedure. J Maxillofac Surg. 1974;2:210-8..



24. Mozzo, P., Procacci, C., Tacconi, A. et al. Una nueva máquina de tomografía computarizada volumétrica para imágenes dentales basada en la técnica de haz cónico: resultados preliminares. [Online].; Eur Radiol 8, 1558-1564 (1998). [cited 2021 03 03. Available from: <https://doi.org/10.1007/s003300050586> .
25. Farhad B. Naini Daljit S. Gill. CHAPTER 3 Orthognathic Surgery: Preliminary Considerations Orthognathic. Orthognathic Surgery: Principles, Planning and Practice (Pages: 83-108). [Online].; 2016 [cited 2021 Marzo 1. Available from: <https://onlinelibrarywileycom.pbidi.unam.mx:2443/doi/book/10.1002/9781119004370> .
26. García García V.J., Ustrell Torrent J.M., Sentís Vilalta J. Evaluación de la maloclusión, alteraciones funcionales y hábitos orales en una población escolar: Tarragona y Barcelona. Av Odontoestomatol. [Online].; Abril 2011 [cited 2021 Marzo 1. Available from: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852011000200003 .
27. Melvin L. Moss D.DS, Ph.D. Letty Salentijn D.DS. The primary role of functional matrices in facial growth, American Journal of Orthodontics, Volume 55, Issue 6, 1969, Pages 566-577. [Online]. [cited 2021 Marzo 1. Available from: HYPERLINK "https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002941669900347?via%3Dihub" <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002941669900347?via%3Dihub> .
28. Autor: Daljit S. Gill, Farhad B. Naini. CHAPTER 2 Diagnosis and Treatment Planning. Orthodontics : Principles and Practice. [Online].; 2011 [cited 2021 MAarzo 1. Available from: <http://eds.b.ebscohost.com.pbidi.unam.mx:8080/eds/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzM5NDM3OF9fQU41?sid=3c3885a2-82e4-44dd-98ad-2faef684b23f@sessionmgr103&vid=1&format=EB&rid=11> .
29. N Zamora Martínez et al. Funcionamiento de la TC médica y de la TC de haz cónico en odontología. ¿Qué debemos saber? [Online].; Enero-Marzo 2011, Volumen 41, Número 1 [cited 2021 03 3. Available from: http://www.revistadeortodoncia.com/files/2011_41_1_031-037.pdf .



30. Calzado A, Geleijns J. Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. Rev Fis Med. [Online].; Vol. 11 Núm. 3 (2010) [cited 2021 03 03. Available from: <https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/115/115> .
31. Arana-Fernández de Moya Estanislao, Buitrago-Vera Pedro, Benet-Iranzo Francisco, Tobarra-Pérez Eva. Tomografía computarizada: introducción a las aplicaciones dentales. RCOE 11(3): 311-322. [Online].; 2006 [cited 2021 03 03. Available from: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138123X2006000300003 .
32. Erskine J Holmes, Anna C Forrest-Hay, Dr Rakesh R Misra. Erskine J Holmes, Anna C Forrest-Hay, Dr Rakesh R Misra. Fundamentals of CT imaging. En: Interpretation of emergency head ct: a practical handbook. Cambrige: UK; 2008. p. 1-34.. [Online]. [cited 2021 02 16. Available from: <http://ihem.ir/files/mohtava/books/Interpretion%20of%20Emergency%20Head%20CT.pdf> .
33. Lucia HS Cevidanes, Vinicius Boen, Beatriz Paniagua, Martin Styner y Tung Nguyen. Craniofacial imagin in orthodontics. Orthodontics: current principles and techniques. 5th ed. Philadelphia. [Online].; 2012 [cited 2021 03 06. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=445587&lang=es&site=eds-live> .
34. Zachary S. Peacock, Deepak G. Krishnan. Advances in Imaging Over 100 Years: The Impact on Oral and Maxillofacial Surgery, Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. [Online].; 2018 [cited 2021 03 18. Available from: <https://www.sciencedirect.com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239118301964> .
35. Samir Aboul-Hosn Centenero, Federico Hernández-Alfaro. 3D planning in orthognathic surgery: CAD/CAM surgical splints and prediction of the soft and hard tissues results – Our experience in 16 cases, Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, Volume 40, Issue 2. [Online].; 2012 [cited 2021 03 14. Available from <https://wwwsciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S1010518211000576?via%3Dihub#bib23> .



36. Wenceslao Piedra-Cascón, Matthew J. Meyer, Mohammad M. Methani, Marta Revilla-León. Accuracy (trueness and precision) of a dual-structured light facial scanner and interexaminer reliability, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Volume 124, Issue 5, 2020. [Online]. [cited 2021 03 11. Available from: <https://www-sciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0022391319306894?via%3Dihub#tbl1> .
37. Christopher Lane, William Harrell. Completing the 3-dimensional picture, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Volume 133, Issue 4, 2008. [Online]. [cited 2021 03 12. Available from: <https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0889540607013169> .
38. Stephen A. Schendel, Richard Jacobson. Three-Dimensional Imaging and Computer Simulation For Office-Based Surgery, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, Volume 67, Issue 10, 2009. [Online]. [cited 2021 03 12. Available from: <https://wwwsciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239109006107> .
39. F. Hernández-Alfaro, R. Guijarro-Martínez. New protocol for three-dimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study, *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. [Online].; 2013 [cited 2021 03 14. Available from: <https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0901502713001975> .
40. Turki Almutairi, Kurt Naudi, Neil Nairn, Xiangyang Ju, John Whitters, Ashraf Ayoub. Replacement of the Distorted Dentition of the Cone-Beam Computed Tomography Scans for Orthognathic Surgery Planning, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. [Online].; 2018 [cited 2021 03 14. Available from: HYPERLINK "https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239118301824" <https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239118301824> .
41. Gwen R.J. Swennen, Wouter Mollemans, Filip Schutyser. Three-Dimensional Treatment Planning of Orthognathic Surgery in the Era of Virtual Imaging, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. [Online].; 2009 [cited 2021 03 16. Available from: <https://wwwsciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239109012257#sec3> .



42. Gateno J, Xia JJ, Teichgraber JF. New 3-dimensional cephalometric analysis for orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* [Online].; 2011 [cited 2021 03 16. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3059215/> .
43. Daniel Burford, Stephen L. Newell. Cephalometric Analysis. En: *Orthodontics : Principles and Practice*, Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell. [Online].; 2011. p 78-87. [cited 2021 03 16. Available from: http://eds.b.ebscohost.com.pbidi.unam.mx:8080/eds/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzM5NDM3OF9fQU41?sid=cc03b36f462646dcb6f6180ea687903e@session_mgr102&vid=3&format=EB&rid=11 .
44. Ali Al-Hiyali, Ashraf Ayoub, Xiangyang Ju, Mohammad Almuzian, Thamer Al-Anezi. The Impact of Orthognathic Surgery on Facial Expressions, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*,. [Online].; 2015 [cited 2021 03 16. Available from: <https://wwwsciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239115005923> .
45. Samir Aboul-Hosn Centenero. 3D planning and use of Computer Aided Design/Computed Aided Manufacturing surgical splints in orthognathic surgery. *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial*, Volume 36, Issue 3,. [Online].; 2014. [cited 2021 03 11. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130055813000312> .
46. B. Khambay, R. Ullah. Current methods of assessing the accuracy of three-dimensional soft tissue facial predictions: technical and clinical considerations, *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. [Online].; 2015 [cited 2021 03 16. Available from: HYPERLINK "https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0901502714001660?via%3Dihub" <https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0901502714001660?via%3Dihub> .
47. Farhad B. Naini Daljit S. Gill. Patient Evaluation and Clinical, En: *Orthognathic Surgery: Principles, Planning and Practice*, First Edition Chichester, West Sussex : Wiley-Blackwell, 2017. p 116 - 170. [Online]. [cited 2021 03 16. Available from: <https://onlinelibrarywileycom.pbidi.unam.mx:2443/doi/pdf/10.1002/9781119004370.ch5> .



48. Shih-Jan Chin, Frank Wilde, Michael Neuhaus, Alexander Schramm, Nils-Claudius Gellrich, Majeed Rana. Accuracy of virtual surgical planning of orthognathic surgery with aid of CAD/CAM fabricated surgical splint—A novel 3D analyzing algorithm, *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. [Online].; 2017 [cited 2021 03 17. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S1010518217302548> .
49. Picco DMI, Sánchez SA. Planeación virtual para cirugía ortognática en una paciente con deformidad dentofacial clase III, guiada mediante plantillas de corte para maxilar, placas personalizadas de avance y eliminación de guías quirúrgicas oclusales. *Rev Mex Cir Bucal Maxilofac.* [Online].; 2018 [cited 2021 03 17. Available from:
<https://www.medigraphic.com/cgibin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=78646> .
50. Joan Brunso, Carlos Prol, María Franco, Félix de Carlos, Jesús Carmelo Martin, Joseba Andoni Santamaria. Guías y miniplacas personalizadas: un protocolo guiado para cirugía ortognática, *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial*. [Online].; 2017 [cited 2021 03 07.
51. Hsiu-Hsia Lin, Daniel Lonic, Lun-Jou Lo. 3D printing in orthognathic surgery – A literature review, *Journal of the Formosan Medical Association*. [Online].; 2018 [cited 2021 03 19. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0929664617304138> .
52. F. Hernández-Alfaro, R. Guijarro-Martínez. New protocol for three-dimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study, *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. [Online].; 2013 [cited 2021 03 19. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0901502713001975> .
53. Telich-Tarriba JE, Ramírez-Sosa LE, Palafox D, Ortega-Hernández E, Rendón-Medina MA. Aplicaciones de la impresión 3D en cirugía plástica reconstructiva. *Rev. Fac. Med.* [Online].; 2020 [cited 2021 03 19. Available from:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/77862> .



54. Biao Li, Lei Zhang, Hao Sun, Jianbing Yuan, Steve G.F. Shen, Xudong Wang. A novel method of computer aided orthognathic surgery using individual CAD/CAM templates: a combination of osteotomy and repositioning guides, British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. [Online].; 2013 [cited 2021 03 21. Available from: <https://wwwsciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S026643561300096X> .
55. T. Mundluru, A. Almkhtar, X. Ju, A. Ayoub. The accuracy of three-dimensional prediction of soft tissue changes following the surgical correction of facial asymmetry: An innovative concept. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. [Online].; 2017 [cited 2021 03 20. Available from: <https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S090150271731439X> .
56. Yu-Jen Chang, Antônio C.O. Ruellas, Marilia S. Yatabe, Philip M. Westgate, Lucia H.S. Cevidanes, Sarandeep S. Huja. Soft Tissue Changes Measured With Three-Dimensional Software Provides New Insights for Surgical Predictions. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. [Online].; 2017. [cited 2021 03 20. Available from: <https://wwwsciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239117305396> .
57. Thomas Steinhuber, Silvia Brunold, Catherina Gärtner, Vincent Offermanns, Hanno Ulmer, Oliver Ploder. Is Virtual Surgical Planning in Orthognathic Surgery Faster Than Conventional Planning? A Time and Workflow Analysis of an Office-Based Workflow for Single- and Double-Jaw Surgery, Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.. [Online].; 2018 [cited 2021 03 20. Available from <https://wwwsciencedirectcom.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0278239117310042#fig1> .