



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

APLICACIÓN DEL SISTEMA CAD/CAM® EN PRÓTESIS
MAXILOFACIAL.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

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

P R E S E N T A:

LUIS FERNANDO ESTRADA VARGAS

TUTOR: Esp. RENÉ JIMÉNEZ CASTILLO

ASESOR: Esp. JOSÉ FEDERICO TORRES TERÁN

MÉXICO, D.F.

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento es para Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este día, por brindarme la fortaleza necesaria para seguir adelante por difícil que sea la situación. Por darme unos padres excelentes, dos hermanos increíbles, una familia tan buena, una novia hermosa y una cantidad de amigos con una gran calidad humana. Me ha regalado tantos momentos maravillosos a lo largo de mi vida y de esta carrera que no tengo más que agradecerle, de verdad gracias por esta vida tan bella.

A mis padres por ser el motor de apoyo detrás de mí desde el día que nací, por todo lo que han hecho para darme educación, sustento y que nunca me faltara nada para ser feliz como lo soy y lo he sido siempre por el simple hecho de ser mis papas.

A mi madre Juana Vargas, la persona con los sentimientos más nobles que conozco y una gran mujer, que siempre busca la manera de apoyarme a mí y a mis hermanos para darnos lo que necesitamos sin importar el sacrificio o lo que tenga que hacer hasta lograrlo, estoy muy orgulloso de ser tu hijo y créeme que siempre estaré para ti no solo porque seas mi mamá, si no por todo lo que me has enseñado en la vida y el cariño que me demuestras con todo el esfuerzo que has hecho desde hace muchos años de verdad muchas gracias, te amo mamá.

A mi padre Fernando Estrada, que es el hombre más trabajador que conozco, admiro tu fuerza de voluntad al levantarte muy temprano todos los días para sacar adelante a nuestra familia y todo lo que sacrificas para que estemos bien, estoy muy orgulloso de ti por ser una gran persona y espero cada día poder conocerte más y más hasta que estemos viejitos y recordemos muchos momentos juntos, gracias a ti se hace la mayoría de las cosas que hago. Desde muy pequeño siempre me inculcaste el gusto por la música, el deporte y sé que el sueño de los dos quizá no era precisamente este, pero el destino sabe por qué hace las cosas y ahora estoy muy contento con lo que hago. Gracias por hacerme ver mis errores y los pocos o muchos consejos que me das para ser una buena persona, te amo papá.

A mis hermanos Cristian y Oliver Estrada, que son mi motivación en la vida y a la vez mi preocupación, para que se desarrollen en un futuro como buenos estudiantes y logren sus metas siendo personas de bien, los quiero muchos troncos.

A todos mis familiares que son personas muy importantes, en especial a mi abuelita María Luisa, mis tíos; Claudia, Natividad, Mercedes Vargas, Elizabeth Rendón, Alfredo

Estrada, Cesar Flores y Rogelio García que han formado parte de mi desarrollo y que algunos en su momento fueron mis primeros pacientes.

A mi novia Gabriela castillo que sin duda es la mejor persona que conocí en la facultad y que gracias a ti era más lindo ir a clases, ya que formas parte de este logro porque siempre has estado conmigo en las buenas y las malas, aguantando mis partidos, estudiando para exámenes, haciendo tareas juntos, terminando prácticas en el libre etc., pero sobre todo lo que significas para mi sentimentalmente y por ser la niña que siempre quise, Eres mi Luz bonita.

En esta facultad obtuve muchos triunfos y muchos fracasos académicamente como deportivamente que me hicieron superarme y aprender a ver la vida como es en realidad, pero no solo me llevo conocimientos y habilidades para desarrollar esta bonita y laboriosa profesión, también me llevo grandes recuerdos a lo largo de los casi 6 años de estudio, me llevo alegrías, viajes muy divertidos, momentos de estrés, noches de desvelos, muchos profesores con una gran excelencia académica y una lista interminable de verdaderos amigos para toda la vida que no hay espacio para mencionar a todos como Roberto Colín, Evelin Camacho, Diego Ruiz, Karina Castro, Francisco Cruz, Cinthia Lara, Alejandro Masao, Arturo Berbér, Jonathan Melo, Eduardo Carbajal, Pepe Lara, Cristian Miranda, Carolina Polanco, Rafael Menéndez y todos los del seminario de prótesis que le pusieron la cereza a este pastel por el gran grupo que formamos y la manera en que cerramos este ciclo de nuestras vidas. A mis amigos de toda la vida Alejandro Ocaña, Miguel Mendoza, Jonathan Peñaloza y Enrique Villalobos por todo lo que hemos compartido juntos desde que éramos unos niños y que seguro seguiremos viviendo.

Le agradezco al doctor René Jiménez Castillo por el interés y el tiempo en la elaboración de este trabajo. A si como al doctor José Federico Torres Terán por el espacio brindado en las revisiones de este proyecto muchas gracias por su apoyo.

A la doctora María Luisa Cervantes por el gusto de haberla conocido y la paciencia que nos tuvo en este seminario para que todo se realizara de la mejor manera posible muchas gracias.

A si como a todos aquellos que formaron parte en pequeña o gran medida en el transcurso de la universidad.

MUCHAS GRACIAS



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVO.....	8
CAPÍTULO I PRÓTESIS MAXILOFACIAL	9
1.1 Antecedentes.....	9
1.2 Definición de prótesis maxilofacial.....	12
1.3 Especialidades en prótesis maxilofacial.....	13
1.3.1 Consideraciones generales.....	15
1.4 Tipos de prótesis maxilofacial.....	17
1.4.1 Defectos oculares	17
1.4.2 Defectos orbitales.....	19
1.4.3 Defectos nasales.....	20
1.4.4 Defectos auriculares.....	22
1.4.5 Defectos craneales	23
1.4.6 Defectos maxilares	24
1.4.7 Defectos mandibulares.....	26
1.4.8 Defectos complejos	27
CAPITULO II DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA/ FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAD/CAM)	29
2.1 Antecedentes del CAD/CAM.....	29
2.2 Componentes.....	31
2.3 Funcionamiento.....	33
2.3.1 Hardware	34
2.3.2 Software	35
CAPITULO III COMPONENTES DIAGNÓSTICOS PARA EL TRATAMIENTO CON CAD/CAM .	37
3.1 Toma de impresión digital	38
3.1.1 Haz cónico de tomografía computarizada (CBCT)	38
3.1.2 Escáner óptico	40
3.1.3 Escáner laser.....	42
3.1.4 Tomografía computarizada convencional (TC).....	43
3.2 Diagnóstico tridimensional	45



3.3 Modelos Físicos por estereolitografía	47
3.4 Modelos rígidos	50
3.5 Plantillas quirúrgicas	52
CAPITULO IV APLICACIÓN DEL SISTEMA CAD-CAM EN PRÓTESIS MAXILOFACIAL	53
4.1 Defectos oculares	53
4.2 Defecto mandibular	58
4.3 Defectos en nasales	60
4.4 Defectos maxilares.....	69
4.5 Defecto auricular	71
4.6 Defectos craneofaciales.....	79
CONCLUSIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86



INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha presentado un aumento en el número de pacientes con patologías, neoplasias, traumatismos y enfermedades congénitas en la zona de cabeza y cuello, en las que el paciente sufre la pérdida de algún órgano o segmento del mismo que interpone las condiciones necesarias para el desarrollo adecuado del paciente para su vida cotidiana, tanto por funcionamiento como por estética. Para lo cual el área de prótesis maxilofacial ha utilizado diferentes técnicas para desarrollar, con materiales artificiales, el sustituto del órgano afectado o perdido. El principal objetivo de esta área es adecuar un material mucosoportado o implantosoportado de la forma más precisa a las características iniciales del paciente respecto a la zona afectada. Para ello se cuenta con distintos materiales flexibles y duros para realizar una prótesis facial, intraoral o extraoral.

Esta área se ha apoyado de coadyuvantes tecnológicos computarizados para el diagnóstico y tratamiento por medio del sistema CAD/CAM que permiten un análisis de tejido duro y blando para determinar los parámetros que se van a sustituir, estos coadyuvantes son; la tomografía computarizada, escáner óptico, escáner laser y Haz de tomografía computarizada, llevando el diseño final de una prótesis a una impresión tridimensional en un esteriolitógrafo.

El sistema CAD/CAM es una disciplina que estudia el uso de los sistemas informáticos como herramienta de soporte en cualquier tipo de diseño y fabricación de cualquier tipo de producto.

El diseño asistido por ordenador (CAD) y la fabricación por ordenador (CAM) se han convertido en una parte cada vez más popular de la odontología en los últimos 25 años, ya que esta disciplina es un requisito muy importante en la industria actual y en algunas ramas de la medicina y odontología para enfrentar la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costos y acortar los tiempos de diseño y producción.



La alternativa para conseguir este triple objetivo es utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos. En odontología, la tecnología que se utiliza tanto en el laboratorio dental como en el consultorio se puede aplicar a incrustaciones inlays, onlays, coronas, prótesis parciales fijas, pilares de implantes e incluso en la planeación y el diseño de partes ausentes en el rostro. El diseño asistido por ordenador y la fabricación se desarrollaron en la década de 60's para su uso en la industria aeronáutica y de automoción, y se aplicó por primera vez a la odontología una década después.

El propósito de este trabajo es describir los avances generados en el uso del sistema computarizado asistido por ordenador, así como de sus ventajas para el uso en prótesis maxilofacial.



OBJETIVO

Describir las características que ofrece el sistema CAD/CAM como coadyuvante para el diseño de prótesis maxilofaciales, así como analizar la evolución actual de su aplicación en esta especialidad de la odontología.



CAPÍTULO I PRÓTESIS MAXILOFACIAL

1.1 Antecedentes

La prótesis maxilofacial se remonta a épocas muy antiguas, un fiel testimonio son las momias egipcias que aparecen con narices y ojos artificiales reemplazados por réplicas de piedra y mosaico. Existen datos históricos de la religión del Egipto antiguo, los cuales relatan cómo desde esa época se requería que el cuerpo fuera enterrado en un estado tan completo como fuera posible, para que el espíritu tuviera un lugar en la eternidad. Los intentos iniciales para mantener la estructura corporal y sus contornos normales ocurrieron en la segunda dinastía, cerca del año 3000 a. de C. usaban una técnica, en la que introducían varios materiales, tales como el lino, el aserrín o la arena, a través de pequeñas incisiones en la piel para rellenar los defectos, algunos ojos artificiales de piedra caliza, calcio, hueso, o bolas de lino con las pupilas delineadas en pintura negra fueron colocados en los huecos vacíos, constituyendo así el inicio de la prótesis maxilofacial¹.

Un antecedente corresponde al periodo inca que muestra conchas de plata y oro destacando una placa de oro de 1 mm de espesor, ante un defecto frontal izquierdo, hallado en la osamenta de un personaje considerado de clase social alta, mientras que otros materiales fueron utilizados en el resto de la población menos afortunada.

Existió también una reconstrucción del cráneo por un traumatismo contuso, empleando un fragmento craneano de un perro muerto; a pesar de la buena evolución, esto produjo al paciente una polémica social al ser portador de un hueso animal.



En 1566, Tycho Brahe, un científico danés y uno de los más grandes astrónomos de todos los tiempos, tuvo un duelo a la edad de 20 años con otro estudiante y perdió la mayor parte de su nariz con el sable de su oponente. La punta permaneció intacta, pero la mayor parte del puente se perdió, exponiendo el tabique y la cavidad nasal.

Este desfiguramiento, que tuvo un severo y negativo impacto en Brahe por el resto de su vida, fue tratado por él mismo en ausencia de cirujanos plásticos. Para reemplazar la parte perdida de su nariz, hizo un molde de ésta, y lo vació en oro y cobre.

La prótesis resultante, la pintó para igualarla a su piel, y la fijaba a su nariz con una sustancia gelatinosa como adhesivo, que llevaba siempre consigo en una pequeña caja para aplicarla constantemente.

Brahe usó esta prótesis para disimular su defecto hasta su muerte 35 años después.

Ambrosio Paré en el siglo XVI, introdujo el uso de prótesis extrabucales para la rehabilitación de defectos faciales. Conformó ojos artificiales de metal, utilizando en colores semejantes a los ojos naturales; éstos fueron diseñados para colocarlos debajo los párpados de los pacientes. Para el que no podía tolerarlos, Paré construyó un ojo artificial completo con párpados, usando como retenedor una tira metálica que rodeaba la cabeza; también elaboró una nariz artificial, que se fijaba con dos cuerdas que rodeaban la cabeza del paciente para mantenerla en su lugar y una tercera cuerda para atar la prótesis a unos anteojos y darle mayor estabilidad. Otras prótesis hechas de cuero se mantenían en su lugar por un resorte plano que era colocado entre los cabellos de la cabeza, y servían para reemplazar una oreja perdida. Ambrosio Paré es reconocido como el precursor en el área de la prótesis maxilofacial.



Otro no menos ingenioso, ocurrió en el sur de Islandia, también con conchas talladas de cocos. Otros elementos encontrados fueron el yeso de París y la adhesión de corcho. Claudio Martín, utilizó con poco éxito un armazón metálico como soporte en una reconstrucción nasal².

Fue Norman Kingsley quien demostró convincentemente que era la profesión dental la que estaba más facultada para atender esos problemas³.

La prótesis moderna con aplicación morfológica y funcional hizo su aparición en el siglo XIX. Una época importante en la reconstrucción quirúrgica ocurrió durante este siglo, con la utilización de injertos autógenos, el colgajo dermoperióstico, y el injerto de periostio, con sitios donadores como la tibia, costilla, cresta ilíaca, escápula y esternón.

La investigación en homoinjertos ha permitido el desarrollo exitoso de algunas técnicas, pero no se utiliza universalmente en el cráneo.

En otras poblaciones como en el mar del sur, durante el siglo XIX fue utilizada la cáscara de coco y durante el siglo XX el cuerno de búfalo, ante defectos pulsátiles y dolorosos del cráneo.

Los autores intelectuales del inicio de la prótesis contemporánea fueron: Pierre Fauchard, Delabarre, Claude Martin, Little Gilvert, posteriormente, Kasanjian y Converse.

Entre los primeros materiales utilizados se encontraban el celuloide o goma vulcanizada, se dejó de utilizar por la dificultad en su preparación y fácil combustibilidad, en 1913 Zinsser utilizó compuestos a base de gelatina y glicerina pero no eran funcionales por su deterioro y se derretían con el aumento de la temperatura.



Posteriormente en la segunda guerra mundial fueron utilizados materiales como látex líquido prevulcanizado, las resinas polivinílicas (PVC) y el acrílico. Este tipo de material logro resultados satisfactorios principalmente estético y funcional en grandes zonas de la cara. Chalian y colaboradores hacen notar el extraordinario desarrollo de las técnicas y materiales. En ese período, aparecen los acrílicos y posteriormente los mercaptanos y siliconas.

Los silicones se han usado en medicina desde 1945. Son considerados dentro de los biomateriales que cumplen con estrictos requisitos, como la biocompatibilidad, considerada como el grado de tolerancia del material por parte de la materia viva, simulando de una manera casi perfecta el funcionamiento de los órganos o tejidos que está reemplazando. Siendo ésta la razón por la que han tenido un uso tan prolongado, ya que son apreciadas como sustancias seguras e idealmente biocompatibles que inducen una respuesta apropiada a la situación y altamente beneficiosa en el cuerpo⁴.

1.2 Definición de prótesis maxilofacial

Una prótesis maxilofacial es un dispositivo artificial con el uso de distintos materiales biocompatibles que reemplaza una malformación por traumatismo, neoplasia o de manera congénita rehabilitando morfofuncionalmente las estructuras bucales y craneofaciales en la medida que sea posible, buscando así restablecer la calidad de vida del paciente, reincorporándolo al medio social y laboral³⁻⁵.

Se genera teniéndose en cuenta, las características anatómicas, simetrías, proporciones y rasgos faciales, para crear un resultado convincente⁵.



1.3 Especialidades en prótesis maxilofacial

La Somatoprótesis, exige al profesional tener el entrenamiento en el arte, la anatomía, y la ciencia de los materiales empleados. Tiene afinidad con todas aquellas de su área y en especial con la Odontología y Medicina. Está estrechamente vinculada a la cirugía maxilofacial y su desarrollo ha ido acompañando los progresos de la misma.

La cirugía de los tumores y malformaciones congénitas o adquiridas del rostro, ha avanzado considerablemente en los últimos años, alcanzando resultados admirables. Esta rama es cada vez mejor, al punto que muchos tumores malignos que antes se consideraban inoperables, pueden ser extirpados hoy en día, porque los medios técnicos y los recursos quirúrgicos, ayudan cada vez más a tener una vida prolongada para el paciente. Sin embargo, la prótesis facial ofrece una alternativa a la rehabilitación cuando la reconstrucción quirúrgica no lo puede lograr, o se prefiere por el paciente.

Este tipo de prótesis, tiene un campo de acción muy amplio; según los casos puede ser temporal, cuando se confecciona para que el paciente la use durante el periodo de espera de la reparación quirúrgica, o definitiva, cuando la rehabilitación por medio de la cirugía plástica, agota sin éxito sus recursos.

Los defectos que son rehabilitados en prótesis maxilofacial pueden ser originados por tres factores: congénitos, traumáticos, y patológicos.

Las especialidades quirúrgicas (oncológica, Maxilo-facial, plástica y reconstructiva, oftalmología etc.) han logrado un gran desarrollo en los últimos tiempos y existen casos en los que no son necesarios los tratamientos quirúrgicos, sin embargo en otros la cirugía se convierte en coadyuvante del tratamiento protésico rehabilitador o viceversa⁵.



El tratamiento protésicamente hablando de los tejidos perdidos puede efectuarse independientemente de que la causa sea de origen traumático o neoplásico, aunque debe tenerse en cuenta si el paciente ha sido .irradiado o no; sin embargo los defectos de origen congénito presentan diferencias en cuanto al estado de los tejidos, adaptación física, funcional y psíquica de los pacientes aunque existen parámetros generales comunes en la rehabilitación maxilofacial a los establecidos en prótesis.

Para afrontar la prótesis maxilofacial se necesita de conocimientos, habilidades y experiencias en prótesis estomatológicas, así como aplicación de determinados principios y procedimientos básicos para la prótesis maxilofacial, ingenio para encontrar las soluciones adecuadas y disponibilidad de materiales para efectuar la rehabilitación.

Uno de los principios generales fundamentales para poder establecer un diagnóstico es poder contar con un equipo multidisciplinario en el cual, todos los integrantes de las diferentes especialidades puedan aportar desde el principio sus criterios, lo que permitirá un complemento integral del tratamiento (cuadro 1)¹.



Especialidades que abarca el tratamiento de prótesis maxilofacial			
Especialidades quirúrgicas	Especialidades estomatológicas	Especialidades médicas no quirúrgicas	Especialidades no medicas
-Oncólogos	-Especialistas y técnicos en prótesis	-Radioterapia	-Psicólogos
-Maxilo-facial	-Ortodoncia	-Logopedia y Foniatría	-Licenciados físicos
-Oftalmólogos	-Periodoncia		
-Plásticos y reconstructivos	-Estomatología general		
-Otorrinolaringólogo			
-Neurocirujanos			
-Anestesiología			

Cuadro 1 Especialidades que abarca el tratamiento de prótesis maxilofacial.

1.3.1 Consideraciones generales

Al principio de cada tratamiento es necesario informar al paciente, así como a sus familiares los procedimientos que van a recibir de manera que conozcan las condiciones, posibles limitaciones y los alcances que se pueden obtener, así como la participación y cooperación que deben aportar.

Si existe una patología que no represente ninguna deformación un recurso muy útil es tomar una mascarilla o impresión antes de la actividad quirúrgica para tener una referencia para una futura prótesis.



Existe un compromiso con el soporte, la estabilidad y la retención por eso hay que tratar de conservar en buen estado de salud los tejidos, si pertenece a la cavidad oral los tejidos deben ser tratados previamente con un criterio conservador que permita preservar en lo posible los dientes remanentes. En caso de que estos se utilicen se deben seguir los principios básicos de planeamiento y diseño de prótesis parcial removible así como la selección de los retenedores que constituyen un factor fundamental. Cuando se use anteojos como medio de fijación, se debe medir previamente la agudeza visual del paciente e indicarse igual graduación para los dos lentes para evitar una posible distorsión de la imagen óptica en la prótesis y si el paciente no requiere graduación se colocaran sin aumento.

Dependiendo de la magnitud de los defectos, la aparatología protésica puede ser muy voluminosa y poco confortable por lo que se debe buscar disminuir el peso de la misma. Existen otras condiciones desfavorables para el uso de prótesis maxilofacial como la irregularidad de la prótesis respecto a los tejidos de soporte, la estabilidad del color etc. Por lo que es necesario utilizar diferentes métodos que permitan brindar naturalidad a la rehabilitación¹.

1.4 Tipos de prótesis maxilofacial

1.4.1 Defectos oculares

Éstos se caracterizan por la pérdida del globo ocular o atrofia de éste con la conservación de los tejidos adyacentes. Aún no existe el procedimiento quirúrgico rehabilitador para el reemplazo del globo ocular por eso es necesario recurrir al tratamiento protésico.

En los últimos tiempos la técnica que es utilizada es la colocación de una esfera de hidroxiapatita como aditamento implantable que complementa la rehabilitación de la prótesis facilitando su movilidad¹ . Fig.1⁶.



Fig.1 Rehabilitación con hidroxiapatita.

Existen varias posibilidades de rehabilitación como son:

-Las prótesis oculares comerciales: estas consisten en la construcción de prótesis de una forma comercial en varios tamaños y tonalidades, son seleccionadas por el especialista y se adaptan a las condiciones del caso a tratar con piedras y fresas.

-Prótesis oculares individuales: son realizadas de acuerdo a las características del paciente (fig.2)¹.



Fig.2 Defecto ocular unilateral.

-Prótesis oculares individuales huecas: Se construyen individualmente pero la diferencia es que son huecas, lo que propicia una disminución del peso a la mitad. Estas son indicadas en casos en que la ausencia sea de gran tamaño, para que no tengan mucho peso y deformen el párpado inferior que las retiene (fig.3)¹.



Fig.3 (A) Paciente con defecto ocular. (B) Prótesis colocada.

En los tres casos la prótesis quedarán ubicadas en el interior de la cavidad ocular y el grado de su movilidad estará determinado por el contacto directo de mayor superficie con los tejidos que componen la cavidad ocular, así como la conservación de algunos tejidos blandos remanentes.

Aunque las prótesis oculares individuales están indicadas en cavidades atípicas se deben de realizar siempre sea posible, ya que los resultados que se obtienen son mejores a los obtenidos en las prótesis oculares comerciales tanto en función como en estética (fig.4)¹.



Fig.4 (A) Paciente con defecto ocular bilateral. (B)Rehabilitación protésica.

1.4.2 Defectos orbitales

Estos se dividen en tres:

- Pérdida del globo ocular y conservación de los tejidos adyacentes.
- Pérdida del globo ocular y de los tejidos adyacentes.
- Pérdida del globo ocular y de otra estructura de la cara (seno maxilar o apéndice nasal)

En el primer caso su rehabilitación estará dada por una prótesis ocular, sin embargo, los dos restantes requieren de una prótesis orbital.

Estos se caracterizan por la pérdida del globo ocular y los tejidos adyacentes, como lo son los párpados, las cejas y otras estructuras que se vean involucradas como el seno maxilar, el apéndice nasal u otros.

Respecto a las prótesis de orbita si es necesario sustituir el globo ocular ausente, es necesario utilizar una prótesis comercial o realizar una individual, estas generalmente requieren de un medio de fijación, en estos casos se usan anteojos, a los que se les establece una graduación previa a la construcción de la prótesis para lograr un medio más confortable para el paciente.

En la actualidad es posible utilizar implantes autorroscables en zonas donde el tejido óseo lo permite uniéndose por barras sobre las cuales existen presillas o imanes con fines retentivos.

Los límites de la prótesis deben tratar de ocultarse en los marcos de los lentes para buscar una mejor estética (fig.5)¹.

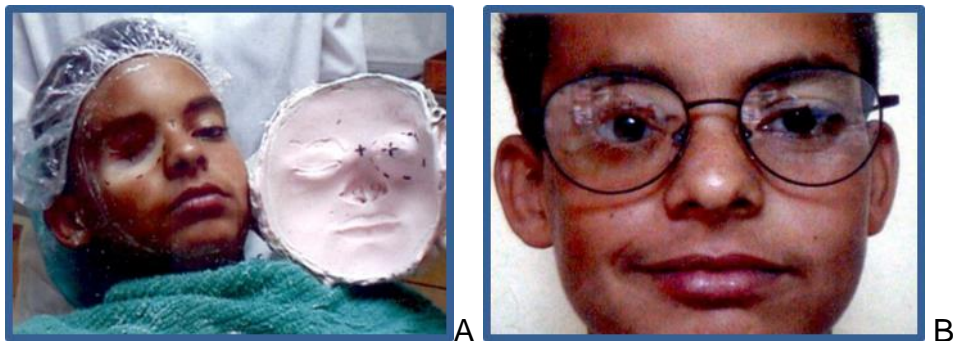


Fig.5 (A) Impresión del defecto. (B) Rehabilitación orbital.

1.4.3 Defectos nasales

Estos pacientes se caracterizan por la pérdida parcial o total del apéndice nasal.

Siempre que sea posible el cirujano debe conservar los huesos nasales de la porción superior, ya que son elementos anatómicos muy importantes que dan apoyo superior a la prótesis a la vez que evitan que los márgenes laterales ejerzan presión sobre la región orbital.

Cuando la lesión es unilateral, generalmente es necesario hacer una sobre prótesis, la cual deja mucho que desear estéticamente por su gran volumen y su proyección al plano frontal.

El reborde alveolar en la porción inferior es un elemento importante de asiento así como el labio superior y en el hombre el bigote también es un elemento útil (fig.6)¹.

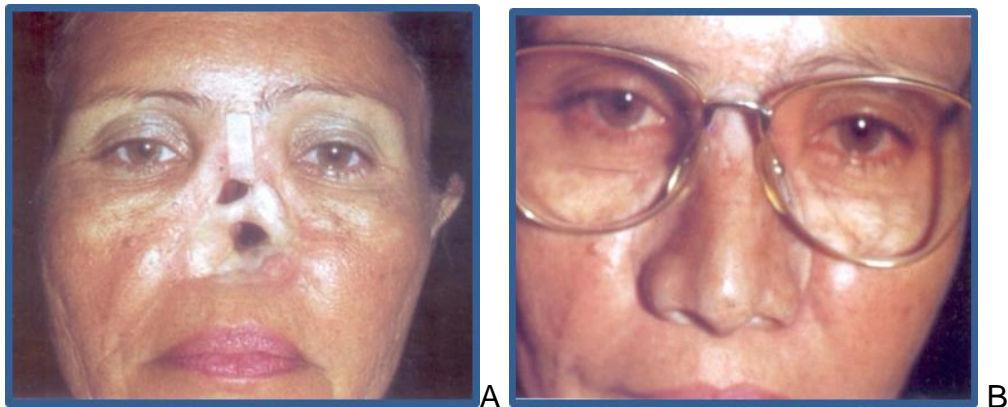


Fig.6 (A) Paciente con defecto nasal. (B)Rehabilitación.

De acuerdo a su magnitud o grado de complejidad los defectos nasales se pueden clasificar en:

- Pérdida parcial de la nariz
- Pérdida total de la nariz y conservación de los tejidos adyacentes.
- Pérdida total de la nariz y otras estructuras de la cara (globo ocular, mejilla, seno maxilar, labio superior y estructuras óseas y cartilaginosa)¹. Fig.7³.



Fig.7 Paciente con pérdida total de la nariz.

1.4.4 Defectos auriculares

Los pacientes pueden presentar pérdida total o parcial del pabellón auricular (unilateral o bilateral). A pesar del desarrollo alcanzado por la cirugía, aún las técnicas reconstructivas no han podido dar total solución a este tipo de defecto y cuando se logra es mediante varios tiempos quirúrgicos, dependiendo de factores; como la edad del paciente y la etiología del caso, a veces el paciente no acude a solicitar el tratamiento ya que el cabello logra ocultar un poco el defecto.

En estos casos el contar con el tejido remanente dificulta la rehabilitación. El contar con el conducto auditivo externo permeable, da la posibilidad de que sea utilizado como medio de retención y estabilidad en su porción anterior.

Estos defectos pueden dividirse en:

- Pérdida parcial del pabellón auricular (fig.8)¹
- Pérdida total del pabellón auricular.

- Pérdida total bilateral de los pabellones auriculares.



Fig.8 (A)Pérdida parcial del pabellon auricular.(B)Rehabilitacion protesica.

1.4.5 Defectos craneales

Los defectos óseos craneales se presentan frecuentemente como secuela de los traumatismos. Su aspecto estético negativo, la predisposición a la epilepsia post-traumática, así como el no contar con la protección adecuada que brinda el tejido óseo a zonas vitales del cerebro, son factores que incentivan a los neurocirujanos a buscar soluciones quirúrgicas y se llevan a cabo con elementos implantológicos cuya responsabilidad recae más en los especialistas con biomateriales como los protesistas maxilofaciales y técnicos en prótesis (fig.9)⁷.

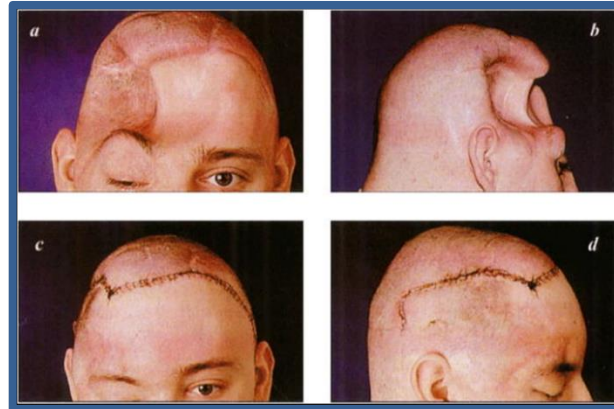


Fig.9 (A) Defecto craneal prequirúrgico, vista anterior. (B) Vista lateral. (C) Defecto craneal rehabilitado con implante. (D) Vista lateral.

1.4.6 Defectos maxilares

Se caracterizan a los pacientes que intraoralmente sufren de la pérdida del reborde alveolar habitualmente una hemiarcada y los dientes presentes en esta. Las complicaciones son la limitación de la apertura bucal, externamente, hay un hundimiento de la hemicara y bolsa palpebral del lado afectado, así como también puede existir un compromiso con el paladar blando y convertirse en hemimaxilectomía. Estos tratamientos regularmente se atienden con prótesis obturadoras y ofrecen un muy buen resultado funcional y estético, a pesar de esto existe la dificultad para masticar del paciente, fonación alterada así como la deglución y otras alteraciones estéticas por falta de tejido óseo como sostén de la musculatura facial.

Algo que contribuye al éxito de la rehabilitación es el hecho de que el defecto solo se encuentre dentro de la cavidad oral, esto permite el sellado en los tejidos húmedos del epitelio mucoso y favorece a la estabilidad, otro factor importante es, la permanencia de los dientes remanentes mientras esto sea posible, ya que la ausencia de estos afecta el sellado y la retención por lo cual son fundamentales para el resultado final.

La aparatología protésica encargada de rehabilitar los defectos maxilares reciben el nombre genérico de obturadores y uno de sus requisitos es q sea ligero así como retentivo.

En los casos de origen neoplásico siempre se debe considerar el diseño hacia una posible recidiva y la necesidad de aplicar un tratamiento radiante. La utilización de obturadores inmediatos se debe considerar una práctica habitual por el apoyo psicológico y funcional que representa.

Se dividen en:

- pérdida parcial del maxilar (Hemimaxilectomía) (fig.10)¹
- Perdida total del maxilar (Maxilectomía)

En ellos pueden estar involucrados la zona del paladar blando, así como otras zonas externas de la cara.



Fig.10 (A) Paciente hemimaxilectomizado. (B) Rehabilitación protésico quirúrgica.

1.4.7 Defectos mandibulares

Las tumoraciones óseas maxilofaciales de carácter agresivo representan un gran reto para el cirujano, ya que requieren de un manejo radical basado en una resección amplia, generando defectos esqueléticos devastadores.

Dentro de la boca, se puede apreciar la unión de la cara lateral de la lengua con el piso de la boca y la mucosa del carrillo, cuando existe una pérdida de hueso o dientes remanentes de la hemiarcada se genera una limitación de la apertura bucal, y desviación de la mandíbula hacia el lado afectado.

A la pérdida de esta zona se le denomina hemimandibulectomía y si la actividad quirúrgica es muy extensa y se tiene que realizar la extirpación total de la mandíbula se reconoce como mandibulectomía y estas generalmente presentan un pronóstico no muy favorable.

La cirugía reconstructiva compleja tiene como objetivo restablecer la función de protección en conjunto para brindar resultados estéticamente aceptables (fig.11)⁸.



Fig. 11 Tomografía en 3D con tumor en cuerpo y rama de la mandíbula.



1.4.8 Defectos complejos

Son todos aquellos que comprometen dos o más estructuras anatómicas que involucran la región intra y extraoral o cuyo grado de disfunción requiera de una técnica compleja la cual debe ser realizada en el nivel de atención secundario.

Existen:

- Región orbital y nasal.
- Región orbital, nasal y maxilar superior.
- Región nasal, labio y maxilar superior.

En ocasiones, como consecuencia quirúrgica se presenta un grado de disfunción tal que requiere para el tratamiento protésico la utilización de técnicas más sofisticadas sin las cuales no pudiera llevarse a cabo el tratamiento.

Generalmente la mejor solución para la aplicación de estas técnicas complejas será a partir de los aspectos básicos de cada tipo de prótesis maxilofacial.

Estos aspectos van relacionados, tomando como objetivo primordial realizar la rehabilitación intraoral para que sirva de referencia a la rehabilitación externa (fig.12)¹.



Fig.12 (A) Paciente con defecto complejo. (B) Rehabilitación protésica.

CAPITULO II DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA/ FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAD/CAM)

2.1 Antecedentes del CAD/CAM

En la historia del CAD/CAM se pueden encontrar precursores de estas técnicas en dibujos de antiguas civilizaciones como Egipto, Grecia o Roma. Hasta los trabajos de Leonardo da Vinci muestran técnicas CAD actuales respecto al uso de perspectivas, pero el desarrollo de estas técnicas está ligado a la década de los 50 producida por la evolución de los ordenadores.

A principios de 1950 aparece la primera pantalla grafica en el MTI que era capaz de representar dibujos simples de una forma no interactiva, así como también se desarrolla el concepto de programación de control numérico y a finales de esta década aparecen las primeras máquinas herramienta donde General Motors comienza a utilizar técnicas basadas en el uso interactivo de gráficos para sus diseños (fig.13)⁹.

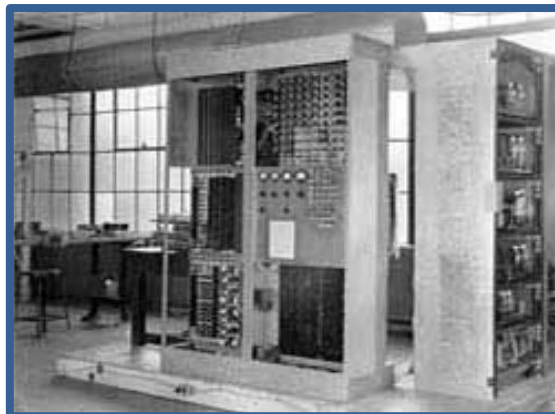


Fig.13 Primer ordenador EDSAC fabricado en 1949.



El doctor Patrick Hanratty concebía en 1957 el primer software CAM llamado "PRONTO" por eso el Dr. Hanratty ha sido muchas veces llamado el padre del CAD/CAM.

La década de los años 60 representa una época crucial para el desarrollo de los gráficos por ordenador y es donde aparece el termino CAD, se genera la aparición comercial de pantallas de ordenador.

En los años 70's se consolidan las investigaciones anteriores y la industria se da cuenta del potencial que generan estas técnicas por lo que lanzan la implantación del uso de estos sistemas aun teniendo limitaciones por la capacidad de los ordenadores de esta época. Aparecen los primeros sistemas 3D (prototipos) sistema de modelados de elementos finitos y control numérico.

En la década de los 80's hace general el uso de CAD/CAM propiciado por los avances en hardware y la aparición de aplicaciones 3D capaces de manejar superficies complejas y modelado sólido. Aparece una gran variedad de aplicaciones en distintos campos de la industria utilizando las técnicas y se habla de una realidad virtual.

La década de los 90's se caracteriza por la automatización completa de los procesos industriales en los que se va generalizando la integración de las diversas técnicas de diseño, análisis, simulación y fabricación. La evolución del hardware y las comunicaciones hacen posible que el sistema CAD/CAM se vea limitado solo por la imaginación de los usuarios¹⁰.



2.2 Componentes

Las herramientas CAD utilizan aplicaciones desde modelado geométrico hasta aplicaciones de análisis y optimización de un producto específico, entre estos dos extremos existen herramientas como modelado, análisis de tolerancias, cálculo de propiedades físicas (masa y volumen), modelado y análisis de modelos finitos, así como el ensamblado. La función principal de estas herramientas es la definición de la geometría del diseño ya que la geometría es esencial en el ciclo del producto.

La geometría de un objeto se utiliza en etapas posteriores para realizar tareas de ingeniería y fabricación, es por eso que también se conoce la ingeniería asistida por ordenador o Computer Aided Engineering (CAE) esto se refiere a la evaluación, simulación y optimización desarrolladas a lo largo de la vida útil del producto. Este es uno de los mayores beneficios de la tecnología CAD la reutilización de la información creada en la etapa de síntesis, análisis y el mismo proceso CAM.

Los fundamentos de diseño y fabricación asistidos por ordenador son muy amplios ya que abarcan múltiples disciplinas en las que se pueden destacar las siguientes¹¹.

- Modelado geométrico

Se encarga del estudio de métodos de representación de entidades geométricas, existen tres tipos; alámbricos, de superficies y sólidos, su uso depende del objeto a modelar. Los alámbricos son para modelar perfiles o trayectorias, redes u objetos que no tienen disponibilidad de propiedades físicas (área, volumen, y masa).

Los de superficie son más utilizados para diseñar o modelar los objetos en su exterior y los sólidos se usan para modelar partes que necesitan disponer de información sobre su masa o volumen (fig.14)¹².

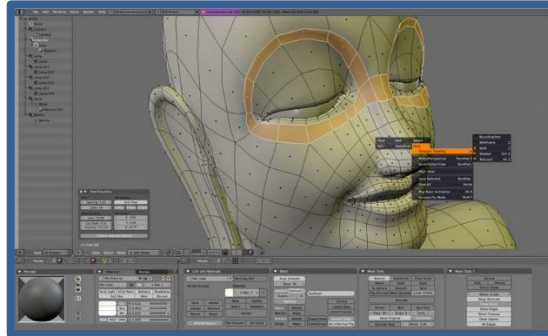


Fig.14 Modelado geométrico.

-Técnicas de visualización

Es una parte esencial para la visualización del modelo y se utilizan simples técnicas de dibujos en 2D hasta una visualización realista usando trazados más específicos.

-Técnicas de interacción gráfica

Esto es el soporte de la información geométrica del sistema del diseño, las más importantes son las técnicas de posicionamiento y selección. Las de posicionamiento se utilizan para introducir coordenadas 2D Y 3D. Las de selección permiten la identificación interactiva del modelo y así poder editarlo.

-Interfaz de usuario

Uno de los aspectos más importantes de la aplicación CAD/CAM es su interfaz ya que su eficacia depende de esta herramienta gracias a su aportación para el diseño.



-Base de datos

Es el soporte para almacenar toda la información del modelo, esto es desde los datos del diseño, los resultados del análisis que se realicen y la información para la fabricación.

-Métodos numéricos

Son los métodos de cálculo que se utilizan para realizar el análisis y la simulación.

-Conceptos de fabricación

Refiriéndose a maquinas, herramientas y materiales necesarios para entender y manejar las aplicaciones de fabricación y en especial la programación de control numérico.

-Concepto de comunicaciones

Este componente es necesario para interconectar todos los dispositivos, sistemas y máquinas de un CAD/CAM.

2.3 Funcionamiento

CAD es el acrónimo de diseño asistido por computador. Se trata de la tecnología implicada en el uso de ordenadores para la realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. Cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice alguna tarea de ingeniería se considera software CAD.

El termino CAD se puede definir como el uso de sistemas informáticos en la creación, modificación análisis y optimización de un producto estos sistemas constan de un software y un hardware.



2.3.1 Hardware

La característica fundamental del sistema CAD/CAM es que tiene una gran capacidad de cálculo, pero sobre todo subsistemas gráficos de alta precisión.

Respecto a nuestro interés del hardware en el diseño de una prótesis maxilofacial es el denominado digitalización en 3D que forma parte de los dispositivos de entrada esta aplicación, obtiene la geometría tridimensional del objeto a realizar para ello localiza las coordenadas de los vértices del objeto.

Para adquirir estas coordenadas se utilizan distintas técnicas y dispositivos entre los que está el escáner óptico, los sistemas basados en tomografía y los sistemas laser.

Respecto a los dispositivos de salida los que más nos interesa mencionar son:

- Impresora de hologramas: Que imprimen escenas tridimensionales compuestas de miles de imágenes individuales generadas desde distintos puntos de vista, la impresión se realiza sobre un material fotográfico especial.

- Dispositivos de fabricación rápida de prototipos: Estos producen prototipos reales en 3D en un corto espacio de tiempo, estos prototipos son pequeñas partes compuestas de resina o polímeros con la forma del modelo geométrico y se generan en un solo paso. Existen varias tecnologías para hacerlo entre las que se utilizan la estereolitografía, el sinterizado o el laminado.

- Trazadores de corte: Estos tienen una herramienta de corte que habitualmente trabaja con materiales plásticos, vinilo o papel.



-Maquinas herramienta: son las maquinas donde se ejecutan los programas de control numérico generado en los sistemas CAD/CAM existen varios tipos pero las más habituales son:

-Fresadoras: Se utilizan para mecanizar superficies libres y contornos de cualquier tipo.

-Tornos: Se utilizan para mecanizar piezas cuya geometría ha sido generada por revolución de un perfil o contorno alrededor de un eje.

-Taladradoras: que solo se utilizan para hacer agujeros.

2.3.2 Software

Proporciona las herramientas necesarias para desarrollar trabajos técnicos de forma eficiente. Cualquier herramienta que contribuya a la reducción de costo temporal y económico de desarrollo de un producto se puede considerar software CAD/CAM. La clave de esto son las herramientas que permiten la creación y la manipulación interactiva del modelo que está diseñado. Dentro del software CAD se encuentran las aplicaciones CAE que permiten el análisis de diseño y su evaluación según los requerimientos especificados en la fase de diseño. Estas aplicaciones permiten realizar la optimización de los productos siguiendo criterios tanto de diseño como de fabricación¹¹. Fig.15¹³.

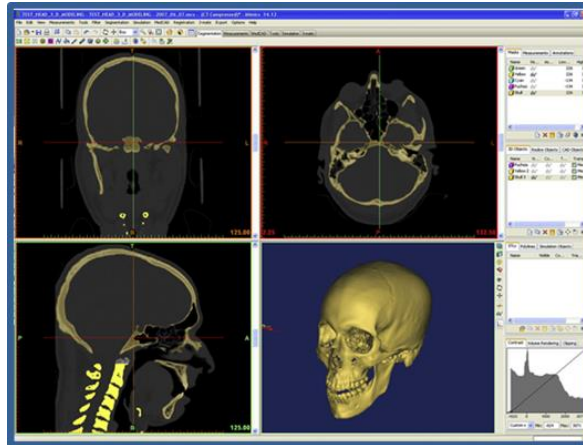


Fig.15 Software CAD para reconstrucción 3D.

De igual manera, cualquier herramienta que facilite el proceso de fabricación, se puede considerar como software CAM, cualquier aplicación relacionada con la planificación, gestión y control de una planta de producción tanto de forma directa como indirecta se puede considerar software CAM como por ejemplo una aplicación que genere un plan de procesos para la fabricación de un producto se le considera así.

El termino CAM se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planificación gestión y control de las operaciones para la fabricación de un objeto o producto, esto es mediante una interfaz directa y otra indirecta entre el sistema informático y los recursos de la producción.

Estas se dividen en dos:

-Interfaz directa: es la aplicación en que el ordenador se conecta directamente con el proceso de producción para monitorizar su actividad y realizar tareas de supervisión y control.

-Interfaz indirecta: es la aplicación en la que el ordenador se utiliza como herramienta para la fabricación pero no hay una conexión directa con el proceso de producción¹¹.



CAPITULO III COMPONENTES DIAGNÓSTICOS PARA EL TRATAMIENTO CON CAD/CAM

Los recientes avances en los sistemas de imágenes, software, y el uso de técnicas de fabricación de aditivos han proporcionado oportunidades sin precedentes para la evaluación de los tejidos duros y blandos para la planificación prequirúrgica, las fabricaciones de implantes y de guías para una cirugía.

La normalización de los archivos de imágenes médicas como la imagen digital y comunicaciones en medicina (DICOM) ha hecho posible el desarrollo de un software en el que se puede evaluar, manipular y formatear imágenes médicas que pueden transportarse a formatos de archivo para la fabricación de modelos y dispositivos médicos personalizados a partir de procesos de fabricación industrial.

Estas normas se aplican a todos los dispositivos de captura de médicos para incluir la tomografía computarizada convencional (CT), el cono de haz de tomografía computarizada (CBCT), los escáneres ópticos y laser¹³.

Las técnicas de diseño por ordenador han ido en aumento ya que se ha demostrado potencialmente sus ventajas en varios aspectos tanto para el paciente como para el rehabilitador y aunque a menudo se señala el costo directo que puede valer esta tecnología el costo general de la atención de un paciente puede ser reducida, con lo que se piensa en el costo-beneficio, porque las aportaciones son grandes potenciales de ahorro y con el uso de estos sistemas se reducen los tiempos en quirófano, pérdida sanguínea, tiempo de recuperación, tiempo de hospitalización y evitar, la necesidad de realizar otras operaciones futuras por no conseguir los objetivos previstos u otras complicaciones.

También se puede prever tratamientos quirúrgicos menos invasivos y tener un mejor pronóstico debido a la visualización y planeación de la prótesis.

3.1 Toma de impresión digital

Prácticamente cualquier sistema de imagen se pueden incorporar en los esquemas de tratamiento pero, el haz cónico de tomografía computarizada (CBCT) y la tomografía computarizada convencional (TC) son las modalidades de imagen estándar más utilizadas, así como el escaneo de superficie óptica y laser.

3.1.1 Haz cónico de tomografía computarizada (CBCT)

Es un sistema de imágenes médicas que utiliza un cono en forma de haz de rayos X centrado en un detector de dos dimensiones (Fig. 16)¹⁴.



Fig.16 Haz cónico de tomografía computarizada (CBCT).

El complejo fuente-detector hace una rotación alrededor del paciente parecido a una ortopantomografía.

El principio detrás de esta técnica, como su nombre indica, es una forma de cono de rayos X en haz, con la fuente de rayos X y el detector (intensificador de imagen o detector de panel plano) que gira alrededor de

un punto (o campo) de interés del paciente. La forma cónica del haz que distingue a esta técnica de TC helicoidal, que utiliza un haz en forma de abanico.

Como resultado de la adquisición de proyecciones bidimensionales a lo largo de esta rotación, sólo una rotación o menos se necesita para adquirir un conjunto de datos completo en tres dimensiones. Las imágenes recibidas por el detector son compiladas por el ordenador en datos volumétricos generando una reconstrucción primaria. Esto puede ser visualizado como bidimensionales multiplanares rebanadas reformateados o en tres dimensiones mediante el uso de reconstrucción de la superficie o la representación de volumen.

Estos sistemas han encontrado un amplio uso en la medicina y la odontología en oncología de radiación, radiología intervencionista, otorrinolaringología, implantología, ortodoncia y cirugía craneomaxilofacial (fig.17)¹⁵.

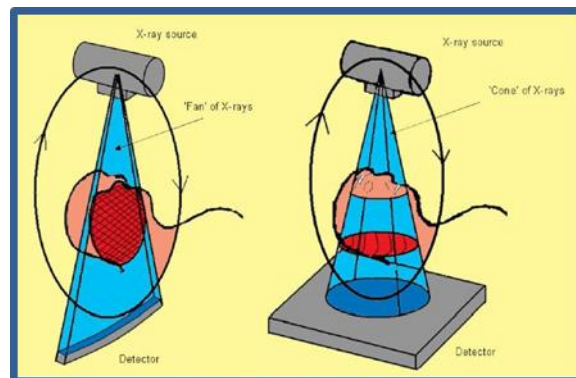


Fig. 17 CBCT (derecha) en comparación con la TC (a la izquierda).

Escáneres dedicados para la región oral y maxilofacial se introdujo a finales de 1990 y desde entonces ha habido un mayor interés en la técnica de imagen y aplicaciones a las que se podría usar.

La calidad de imagen en la mayoría de los casos es en escáneres multicorte convencionales, pero es más que adecuado para la necesidad prevista¹⁴.

Fig.18¹⁶

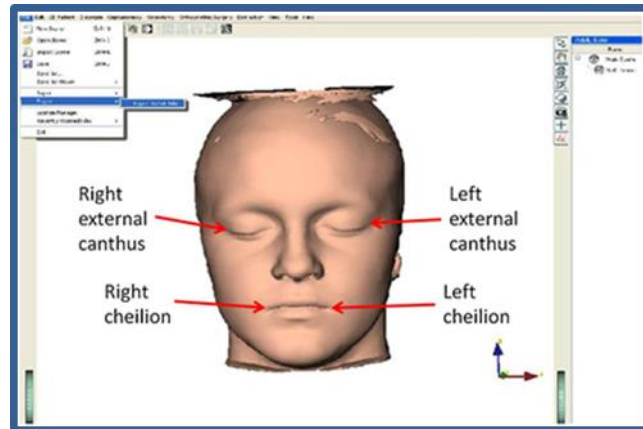


Fig.18 Imagen de la superficie del tejido sin textura, de la exploración de CBCT.

3.1.2 Escáner óptico

Es la toma de impresión digital mediante lectura óptica. Los procedimientos ópticos permiten la rápida adquisición precisa de la superficie facial, libre de radiación. El análisis se puede repetir en cualquier momento generando una malla detallada de la superficie en 3D que se puede utilizar para todas las etapas subsiguientes. La malla de la superficie se ajusta a la forma deseada ("cirugía virtual"). Esto se puede lograr usando el software del escáner por ejemplo el 3D-Mirror¹⁷.

Este sistema fue desarrollado por el Instituto Fraunhofer de Óptica Aplicada e Ingeniería de Precisión en Jena, Alemania.

Es un multivista móvil, 3D como sistema de medición (llamado "colibrí-móvil") basado en la tecnología de autocalibración y proyección de franjas, que facilita la grabación totalmente automática de cualquier parte del cuerpo desde varias direcciones en proceso de medición (fig.19)¹⁸.

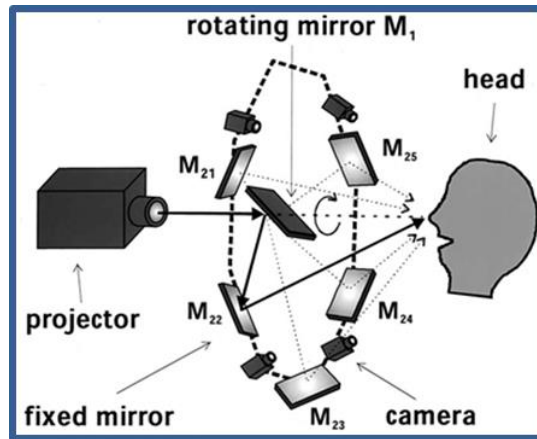


Fig.19 Esquema de los instrumentos de medición Colibrí-móvil (M21, M22, M23, M24, M25, representan espejos fijos).

Así, es posible ver el rostro de una forma completa, de oreja a oreja y por debajo de la barbilla a la frente¹⁸.Fig.20¹⁹.



Fig.20 Sistema de 5 cámaras de fotografía para capturar el rostro en imagen digital.

Desde la introducción de la cirugía guiada por ordenador y las prótesis diseñadas por computadora, existen en 2 clases generales de escáneres que han surgido en base al tamaño de su campo de visión. Campo de visión se refiere al área de la imagen con un escáner y se hace referencia en las dimensiones lineales.



Escáneres con un campo de visión más pequeño (13 cm o menos) se prestan para el diseño de implantes en odontología así como de otras aplicaciones dentoalveolares, como dientes impactados por ejemplo. Los escáneres con amplios campos de visión (más de 13 cm y máximo de 21) permiten al clínico la imagen del rostro completo. Estos conjuntos de datos más grandes permiten la evaluación de una deformidad facial, la generación de cefalogramas, el análisis de las vías respiratorias, y la planificación compleja de una cirugía craneomaxilofacial. Un examen de la cabeza completa generalmente se puede realizar en menos de un minuto, a veces menos de 20 segundos, con aproximadamente la misma cantidad de tiempo necesario para procesar los datos de visualización de la imagen. Una de las ventajas de esta tecnología es la disminución en la radiación a los pacientes ya que la imagen se obtiene de una sola intención y no en varios sectores como en la tomografía computarizada normal¹⁴.

3.1.3 Escáner laser

Es un dispositivo que analiza un objeto o una escena para reunir datos de su forma y ocasionalmente su color. La información obtenida se puede usar para construir modelos digitales tridimensionales que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones. Desarrollados inicialmente en aplicaciones industriales, han encontrado un vasto campo de aplicación en actividades como la arqueología, arquitectura, ingeniería, y entretenimiento (en la producción de películas y videojuegos). Fig.21²⁰

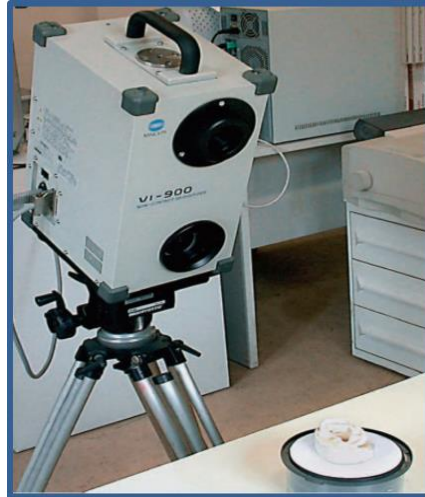


Fig. 21 Escáner láser.

3.1.4 Tomografía computarizada convencional (TC)

Este auxiliar de diagnóstico genera vistas anatómicas internas y externas por un enfoque radiográfico. El haz de radiación de rayos X se dirige a través del sujeto, los tejidos más radiodensos bloquean algunos de los fotones de rayos x pero estos fotones son transmitidos y detectados del lado opuesto del sujeto. El emisor de rayos X y el detector de rayos X se oponen entre sí en un anillo giratorio. A medida que el anillo gira alrededor de la materia, se obtienen datos radiográficos de una 1-dimensión (1D). El conjunto de datos 1D se transforman matemáticamente en una vista radiográfica de dos dimensiones (2D) en el plano del anillo. Este punto de vista 2D es una sola rebanada de espesor finito. El anillo está atravesado axialmente a una nueva ubicación a lo largo del eje del sujeto y el proceso se repite para obtener imágenes adicionales de rebanada 2D. Un conjunto de imágenes 2D normales en rodajas a un eje de desplazamiento, tomada en ubicaciones conocidas, forma un conjunto de datos de tomografía.

El conjunto de datos de la tomografía se puede visualizar en 3 dimensiones, que muestra una vista de la anatomía interna, en referencia a la anatomía externa (Fig.22)¹³.

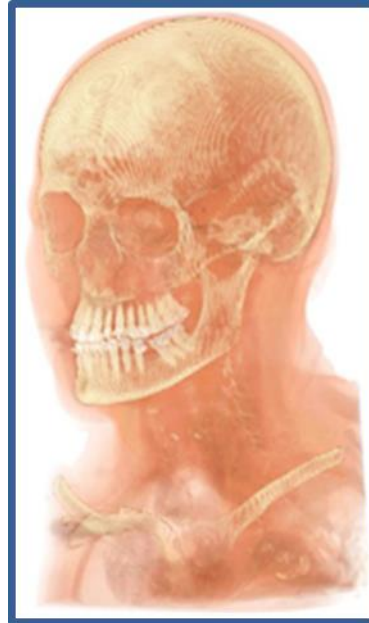


Fig.22 Tomografía visualizada en 3D.

En una imagen típica de CT de la cabeza, el hueso es fácilmente discernible a partir de tejido blando, donde los tejidos de alta radiodensidad se muestran más brillantes que los tejidos menos radiodensos (fig. 23)¹³.

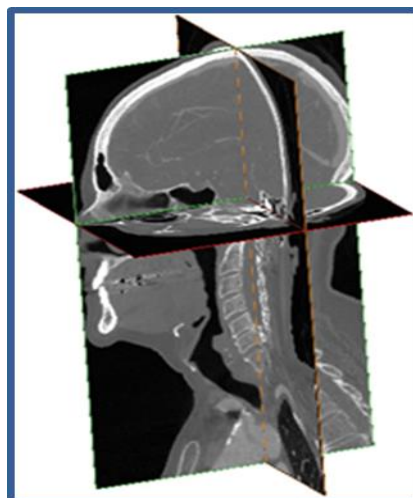


Fig.23 Combinación de imágenes de tomografía.

Los Cortes tomográficos se almacenan en forma digital por escala de grises. Cada píxel tiene un calibre y tamaño conocido, la matriz de píxeles define el área cubierta por cada rebanada. La escala de grises da el valor de cada píxel para que se codifique la radiodensidad de rayos X del tejido en una ubicación espacial. Así, cada píxel se le puede asignar un grosor para convertirse en un elemento 3D (fig.24)¹⁴.

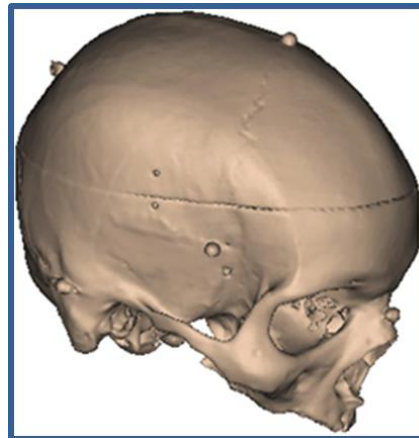


Fig.24 Reconstrucción 3D con tomografía computarizada.

3.2 Diagnóstico tridimensional

Para corregir una deformidad es necesario que el rehabilitante sea capaz de identificar y cuantificar todos los diferentes componentes de la deformidad. Otros coadyuvantes para el diagnóstico son la tomografía computarizada axial y radiografías panorámicas o periapicales.

Varios tipos de software han sido desarrollados para mostrar conjuntos de datos para este tipo de análisis. Primeramente, las imágenes son reconstruidas en los planos axial, sagital, coronal y junto con la representación tridimensional del paciente. Todos los aspectos de detalle de tejido óseo de un paciente, en este caso los huesos componentes del cráneo pueden ser examinados, lo que permite una evaluación cualitativa de una deformidad.

Este conjunto de datos también incluye tejido blando, bidimensional y tridimensionalmente (fig.25)¹⁴.



Fig. 25 Joven adolescente con hiperplasia hemimandibular y asimetría facial. La discrepancia de la línea media es obvia y fácil de medir.

Con las imágenes obtenidas se puede mostrar los planos axial, coronal y sagital, junto con una vista tridimensional del cráneo, con esto se puede realizar un análisis general.

Con la reconstrucción tridimensional permite entender las dimensiones de los huesos y partes de la cara así como cuantificar la deformidad (fig.26)¹⁴.

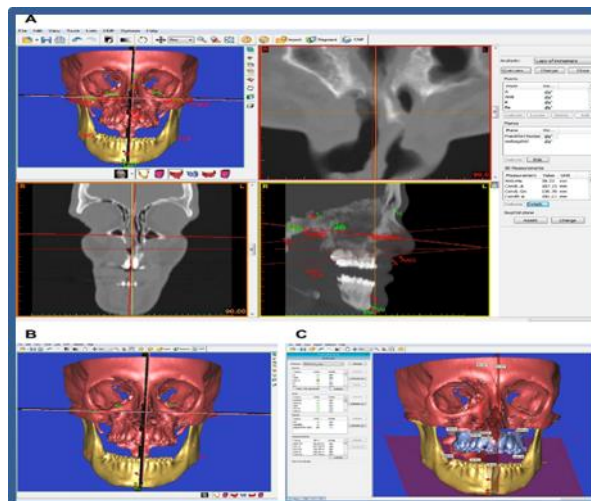


Fig. 26 (A) Planos axial, coronal y sagital junto con una vista tridimensional del cráneo. (B) Cráneo virtual para el análisis de los huesos del cráneo (C) Reconstrucción tridimensional de los datos de la TC.

Los datos de la TC se pueden fusionar para generar un modelo paciente-virtual, son de gran utilidad para los médicos ya que genera la anatomía presentada de una manera cómoda para el análisis, esta fusión de datos puede ser entre el escáner óptico y datos obtenidos del haz cónico de tomografía (fig.27)¹³.

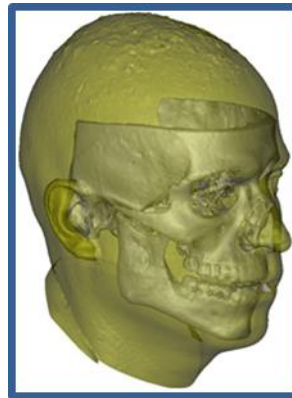


Fig. 27 Imagen de tejido blando con escáner óptico y datos registrados de CBCT del paciente.

Las deformidades pueden ser cuantificadas desde prácticamente cualquier plano que el cirujano considere útil en la formulación de un plan operativo.

Estas mediciones se pueden extender a casi cualquier parte de la cara incluso vías aéreas y cavidades faciales¹³.

3.3 Modelos Físicos por estereolitografía

Estos modelos fueron inmediatamente reconocidos y muy valiosos como auxiliares de diagnóstico, esta tecnología táctil comenzó a utilizarse cada vez más a finales de 1990 sustituyendo los modelos de yeso utilizados como auxiliar de diagnóstico. Los nuevos modelos dieron al protesista una visión completa de las deformidades faciales del paciente y podría ser usado para cuantificar el defecto y planificar el funcionamiento de un paciente.



Con este modelo se puede transferir el plan de tratamiento deseado a la sala de operaciones o a la fabricación de la prótesis antes de una cirugía. Estos modelos fueron inicialmente limitados por el costo y la disponibilidad de medios para fabricarlos. Impresoras prototipado rápido (RP) son ahora mucho más comunes, lo que hace más fácil su uso rutinario. Muchos hospitales han adquirido los sistemas de impresión, así como departamentos de ingeniería y en la mayoría de las universidades también cuentan con esta tecnología, y varias compañías ahora ofrecen el servicio.

Esta tecnología consiste en varios pasos, comenzando con la conversión de archivos de datos. El Prototipo rápido se utiliza principalmente en las industrias automotriz y aeroespacial para el diseño y creación de prototipos, no fue concebido originalmente para trabajar con imágenes médicas.

Las tomografías computarizadas, los escáneres ópticos o laser y el Cono haz de tomografía generan los datos que se almacenan en imagen digital y en formato de comunicaciones en medicina (DICOM) para convertirlos a un archivo binario llamado estereolitografía formato de archivo (STL) para uso en prototipado rápido.

En resumen, el formato de archivo universal para imágenes (DICOM) se convierte en el formato de archivo universal para prototipos (STL). La calidad de estos datos, determina la calidad del modelo producido y depende principalmente de la calidad de los datos de imagen.

Debido a que las TC dan las mejores imágenes de las estructuras óseas, esta es la modalidad primaria utilizada para fabricar modelos táctiles específicos del paciente.

Para una mejor calidad de las imágenes se necesita una alta resolución en la tomografía con la aplicación anti-distorsión para producir mejores imágenes y un mejor modelo.

Uno de los factores que pueden alterar las imágenes respecto a la calidad son las incrustaciones dentales, puentes fijos de metal-porcelana o algún

aparato ortopédico. Existen varios métodos para producir estos modelos, cada uno con sus ventajas y desventajas (fig.28)¹⁴.



Fig.28 Modelo de estereolitografía de un paciente con asimetría facial.

Cada método convierte una serie de cortes de imagen axial en capas bidimensionales de algún material que se coloca sobre sí mismo para hacer un modelo¹⁴.Fig. 29¹³

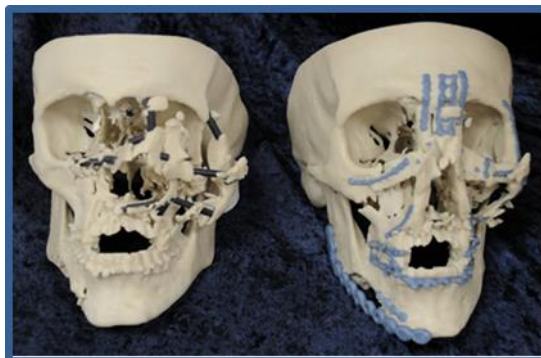


Fig.29 Modelos fabricados a partir de tomografías computarizadas, antes y después de la reconstrucción quirúrgica.

SLA es el método más conocido para la mayoría de los cirujanos y dentistas. Estos modelos son translúcidos, y las principales estructuras anatómicas pueden ser inspeccionados e incluso coloreada y estudiado por su relevancia para el plan de tratamiento deseado. Los modelos se producen a partir de placas de polímero líquido que es fotopolimerizado una capa a la vez.

El tiempo y el alto costo de esta tecnología son las desventajas que presentan ya que se tarda entre 10 y 30 horas dependiendo el tamaño del paciente para generar un modelo.

3.4 Modelos rígidos

Otros métodos para producir modelos opacos son la impresión tridimensional análoga a la impresión por chorro de tinta, con capas de un polvo fundido junto con un aglutinante líquido.

Este método produce modelos opacos, pero es rápido y barato. Un inconveniente es que los modelos son frágiles (fig.30)¹⁴.



Fig.30 Modelo estereolitográfico rígido

Un modelado por deposición fundida de un plástico en forma de capas para crear un modelo es otra manera de realizarlos. Estos modelos son opacos y toman una gran cantidad de tiempo para producir, pero son fuertes.

Otra técnica es por láser Sintering (SLS) utiliza un láser de CO₂ para sintetizar o fundir un material dado una capa a la vez en un modelo. Este método es flexible en los materiales que se pueden utilizar, aunque de nylon es la más común. En el futuro, se realizarán dispositivos para modelar el titanio y así producirlo por este método (fig.31)¹⁴.



Fig.31 Modelo de estereolitografía de un adolescente con Querubismo.

Las formas posibles de estos modelos son limitadas solamente por la imaginación del cirujano y el ingeniero: pueden ser rápidos prototipos guía en el uso de cirugía por alguna osteosección a realizar o para la reposición de un hueso, ya que pueden ser modelos a medida en que las placas de fijación sean adaptados por medio de implantes u otro método de fijación.

3.5 Plantillas quirúrgicas

Tan pronto como los resultados de la cirugía virtual han sido aceptadas, las plantillas pueden diseñarse por medio de un software y construirse utilizando prototipado rápido. Estas plantillas deben funcionar como una guía durante la cirugía y en la evaluación postoperatoria. Las plantillas deben ser fáciles de construir y manejar, debe incluir toda la información requerida, se debe permitir la esterilización, y la tecnología de producción así como su obtención a un precio accesible¹⁴. Fig.32²¹

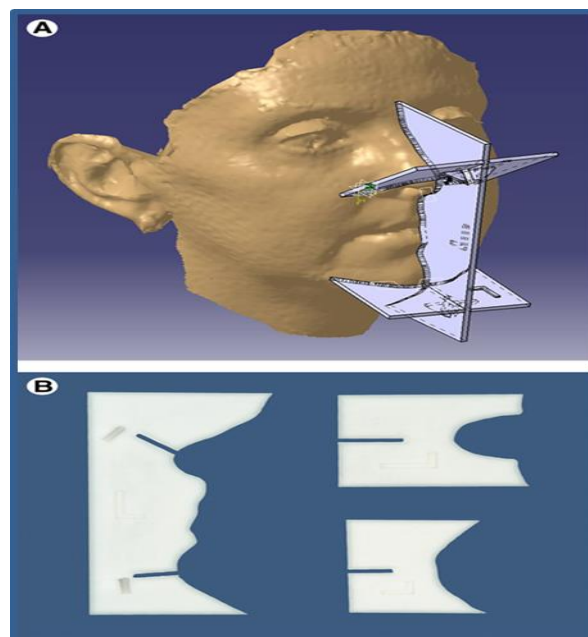


Fig.32 (A) Diseño en 3D. (B) Plantilla de Acrilonitrilo-butadieno-estireno.



CAPITULO IV APLICACIÓN DEL SISTEMA CAD-CAM EN PRÓTESIS MAXILOFACIAL

4.1 Defectos oculares

Con el fin de reducir el estrés causado a los pacientes por métodos convencionales de modelado utilizando tomografía computarizada (TC) o la resonancia magnética (RM), un proceso de modelado óptico ha sido desarrollado para defectos extra orales y áreas del cuerpo ¹⁸.

La parte del cuerpo seleccionada se digitaliza usando la tecnología de medición, (óptico 3D Coordinación) proporcionando un registro de datos extenso.

Este está adaptado para su uso posterior por la igualación de las nubes de puntos para obtener un diseño asistido por ordenador (CAD), el cual se convierte en un modelo físico por medio de un proceso de estereolitografía.

Con esta tecnología, la tensión física y psicológica del paciente puede ser reducida. Hasta hace poco, los materiales de impresión convencionales, tales como siliconas o hidrocoloides irreversibles se han utilizado para la fabricación de prótesis maxilofacial. Dependiendo del material de impresión y el método de colocación del paciente durante el procedimiento de impresión, puede ocurrir el desplazamiento de los tejidos blandos. Diversos materiales han sido utilizados para apoyar a los materiales de impresión durante los procedimientos, por ejemplo, Algicap; Ivoclar, Schaan, Fuerstentum, Liechtenstein. Estos materiales tenían la ventaja de evitar errores en la dosificación y mezcla de siliconas.

Ahora nuevas tecnologías están orientadas a tomografía computarizada (TC) o una resonancia magnética (MRI) de datos, mediante el cual el paciente se somete a una considerable exposición a radiación.

Para evitar estos inconvenientes, fue desarrollado un proceso de modelado óptico para detectar defectos extraorales y las zonas del cuerpo. El desarrollo se basa en la recolección de datos digitalizados para los dientes o zonas afectadas de la cara. La tecnología óptica en 3 dimensiones (3-D) es una unidad de análisis que ofrece una nube de puntos o modelo virtual de la cara. El principio fundamental utilizado para obtener los datos digitalizados de las zonas extraorales es el método de iluminación de luz estructurada con una proyección digital de luz. El uso de esta exploración es para médicos, y sus aplicaciones tiene requisitos de sistema específicos: la parte del cuerpo (por ejemplo, la cara) debe ser visto desde diferentes direcciones simultáneamente; las mediciones deben realizarse en cuestión de segundos, y el sistema debe ser móvil y fácil de usar (fig.33)¹⁸.

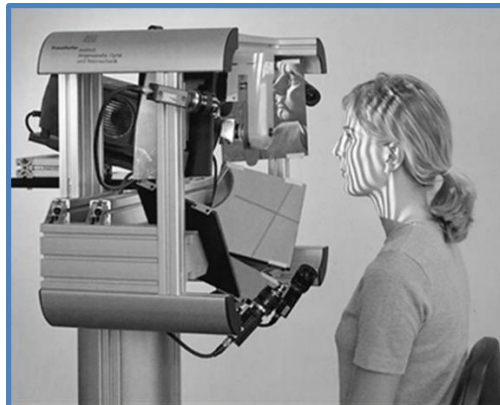


Fig.33 Escáner óptico sobre la cara del sujeto.

Para generar el moldeo óptico y el uso de los datos para la fabricación de una prótesis orbital se siguen estos procedimientos.

-Informar al paciente sobre el procedimiento de medición, analizando la zona afectada (fig.34)¹⁸.



Fig.33 Paciente con pérdida ocular unilateral.

- Se elige el formato y se calibra el sistema de medición ("colibrí-móvil", IVB, Jena, Alemania) de acuerdo al diámetro conocido y distancia de acuerdo a la recomendación del fabricante.
- Se coloca al paciente y se estabiliza la parte del cuerpo correspondiente.
- Se ajusta la posición de la cámara y el obturador a la zona de interés del paciente.
- Se expone la parte del cuerpo a la luz estructurada y escáner óptico comienza grabar la parte del cuerpo
- Se transfieren y guardan los datos en el ordenador (Ingenieurbu o Redlich GmbH, Jena, Alemania). Convierten estos datos en formato ASCII en el ordenador y se procesan en el software.
- Se genera un modelo CAD (Fig.35)¹⁸.

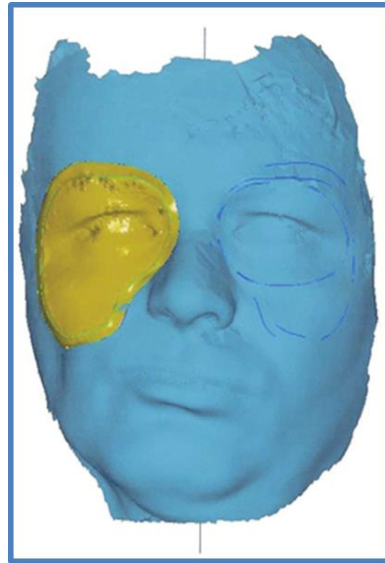


Fig.35 Modelo CAD de la cara del paciente, junto con modelo CAD con patrón amarillo para la prótesis.

-Transferir el modelo CAD en un modelo físico por medio de un procedimiento de creación rápida de prototipos (fig.36)¹⁸.

Desarrollar el modelo en una impresora modelo 3-D ("ThermoJet"; 3D Systems, Darm Stadt) (fig.37)¹⁸.

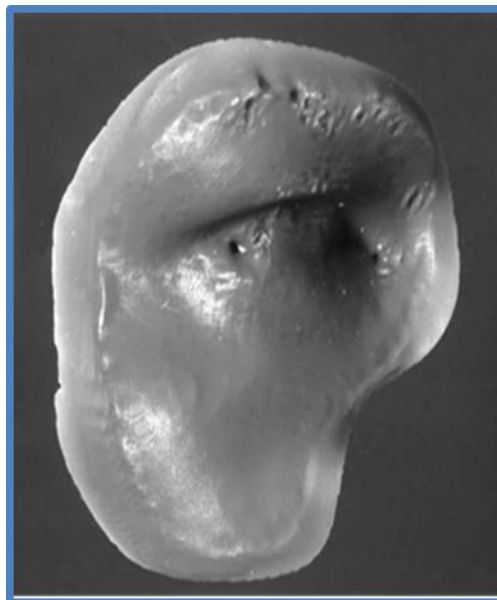


Fig.36 Modelo físico de prótesis prototipado rápido.



Fig.37 Colocación de la prótesis no corregida.

- Se Coloca el modelo en el paciente para permitir la modificación y corrección. Se evalúan los contornos y el ajuste de las zonas marginales de la prótesis maxilofacial y el diseño en general. Se hacen correcciones al reducir el termopolímero con fresas y un cuchillo caliente o adiciones de cera directamente a la superficie o los márgenes del termopolímero.
- Se transfiere el modelo a un material para la prótesis orbital definitiva (fig.38)¹⁸.



Fig.38 (A) Prótesis definitiva. (B) Paciente con prótesis definitiva. Uso de anteojos para corrección de la visión, no unido a la prótesis.

4.2 Defecto mandibular

En los defectos unilaterales, traumáticos, oncológicos y asimetrías se puede utilizar las técnicas de CAD/ CAM. Una imagen de espejo del lado no afectado puede ser creada y superpuesta sobre la zona afectada.

La segmentación de la parte deformada de la anatomía de un paciente y su sustitución por una imagen de espejo del lado opuesto crea el objetivo quirúrgico.

Por ejemplo, un modelo táctil hecho de la mandíbula reconstruida se puede utilizar para adaptar una placa de reconstrucción a la que se fija un injerto de hueso. Debido a que la placa se adapta al objetivo quirúrgico, el injerto de hueso forma una aleta que estará exactamente como se desea. Esta planificación tiene el potencial de tener en cuenta no sólo la forma facial, sino también la rehabilitación dental (fig.39) ¹⁴.

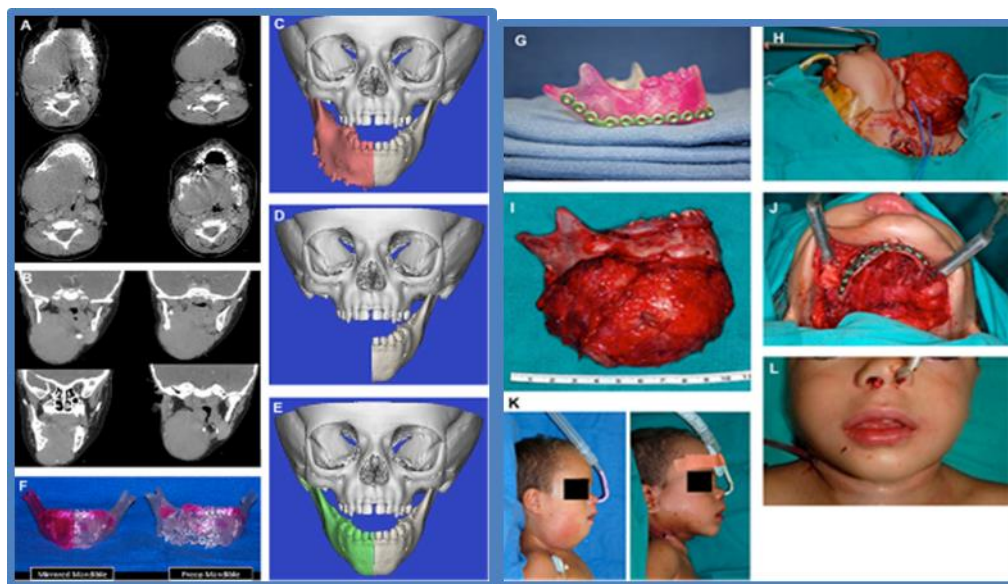


Fig.39 (A) Imagen axial de tumor desmoide en un niño de 4 años de edad. (B) Vistas coronal del mismo. (C) Vista tridimensional con la mitad deformada en el segmento mandibular. (D) Defecto retirado en 3D. (E) Reflejo de la zona anatómica contraria alineada para reemplazar la hemimandíbula derecha. (F) Comparación de los modelos estereolitográficos de mandíbula y la mandíbula deformada. (G) placa de reconstrucción adaptada a la mandíbula nueva. (H) El tumor se elimina. (I) Muestra. (J) placa fijada a mandíbula residual. (K) Colocación simétrica, (L) Vista frontal de cierre.

Los defectos bilaterales o en la línea media son un gran reto para la restauración, porque el lado opuesto no se puede utilizar para determinar el tratamiento pero el objetivo se puede crear virtualmente mediante el uso de normas anatómicas para crear las estructuras deseadas que luego pueden ser utilizados para generar una plantilla (fig.40)¹⁴.

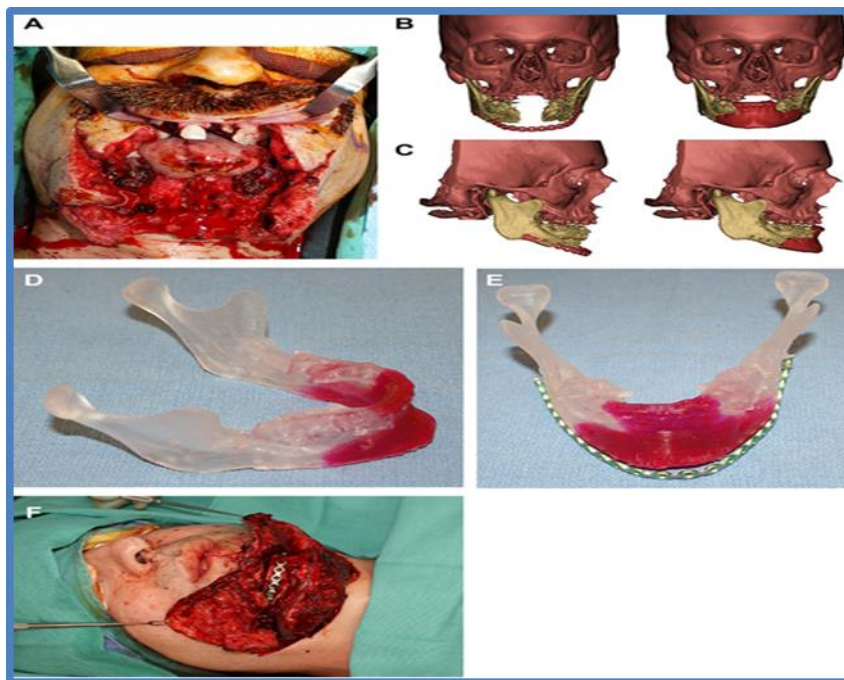


Fig.40 (A) Defecto mandibular anterior causado por herida de bala. (B)Conjunto de datos 3D del defecto mandibular. (C) Vista lateral de la condición preoperatoria y el objetivo del tratamiento. (D)Modelo estereolitográfico utilizado para adaptar una placa de reconstrucción y colgajo óseo. (E) placa adaptada para el modelo personalizado. (F) Adaptación de la placa con hueso del peroné paciente osteotomizado para adaptar la placa.



4.3 Defectos en nasales

La reconstrucción de defectos nasales totales o subtotales puede ser una tarea difícil de realizar. Lo ideal es aproximar las funciones y características estéticas originales. Respecto a la realización del diseño en 3D de la naturaleza de la nariz requiere una cuidadosa atención a las dimensiones reales y el contorno superficial. La reconstrucción exacta de la anatomía 3D de la nariz es bastante utilizada en defectos nasales creados por resecciones de cáncer de piel y el trauma. El reto es mucho mayor en los defectos nasales subtotales y totales en particular.

Cuando toda la nariz (incluyendo el septo nasal) se retira, es muy difícil prever con precisión la anatomía 3D, incluyendo la relación precisa de las estructuras nasales a la anatomía facial circundante. Varias estrategias se han propuesto para tener un pequeño margen de error y obtener buenos resultados²².

Existen dos técnicas en la aplicación CAD/CAM para nariz la primera es seleccionar una nariz ideal de otro individuo o molde que se encuentre en posición y luego modificarla a escala para ajustarse a la cara del paciente se le añade digitalmente la anatomía para crear la geometría ideal. La nariz se adapta entonces a un material suave para el tejido circundante facial. Imágenes antes de la lesión pueden proporcionar información de la anchura y la profundidad al cirujano e ingeniero, haciendo así más fácil el crear una nariz ideal (figs. 41, 42,43)¹³.

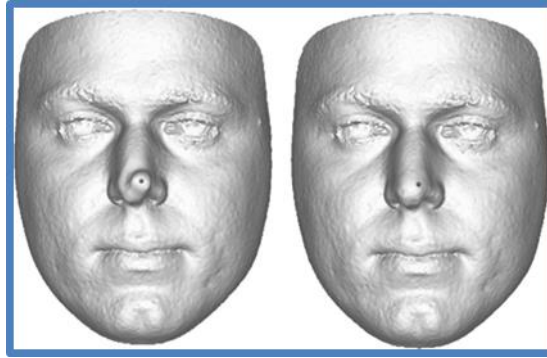


Fig.41 Representación de rinoplastia virtual de antes y después.

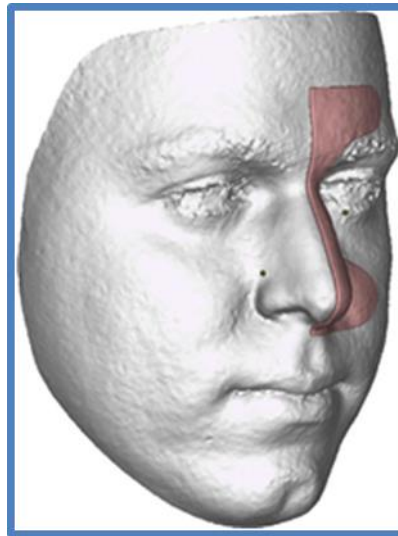


Fig.42 Diseño Virtual de tejidos blandos.

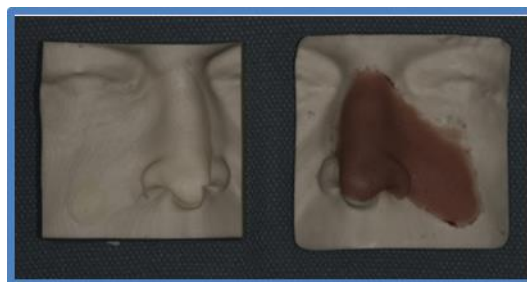


Fig.43 Técnica de molde utilizada para nariz.

Otra técnica es el uso de una guía quirúrgica intraoperatoria para la reconstrucción del espesor completo, defectos complejos nasales, creado por superficie 3D láser escaneo y creación rápida de prototipos (RP). En esta guía se incrementa la facilidad y precisión de la creación del marco del nasal y se destaca el papel creciente de la tecnología en el progreso quirúrgico. El desarrollo de esta plantilla estéril, translúcida requiere que el equipo multidisciplinario de un cirujano y protesista estén en estrecha cooperación con el paciente. Mediante el uso de fotografías se construye un modelo de nariz original del paciente utilizando cera (fig.44)²².



Fig.44 Modelo nasal en cera.

Este modelo es aprobado por el cirujano y el paciente, se realiza un duplicado. En este punto, el cirujano principal define las subunidades de la nariz y el perímetro exterior.

El modelo se envía entonces a Dimensiones directas para la creación de la guía quirúrgica intraoperatoria (fig.45)²².



Fig.45 Duplicado para evaluación de medidas.

-Obtención de datos en 3D

Hay varias formas de recoger datos en 3D, pero dos de los métodos más comunes son el escaneo láser y digitalización. Durante el escaneo por láser, los datos de superficie son capturados por un sensor de la cámara montada en el escáner láser de grabación definiendo puntos densos²². Fig.46¹⁶.

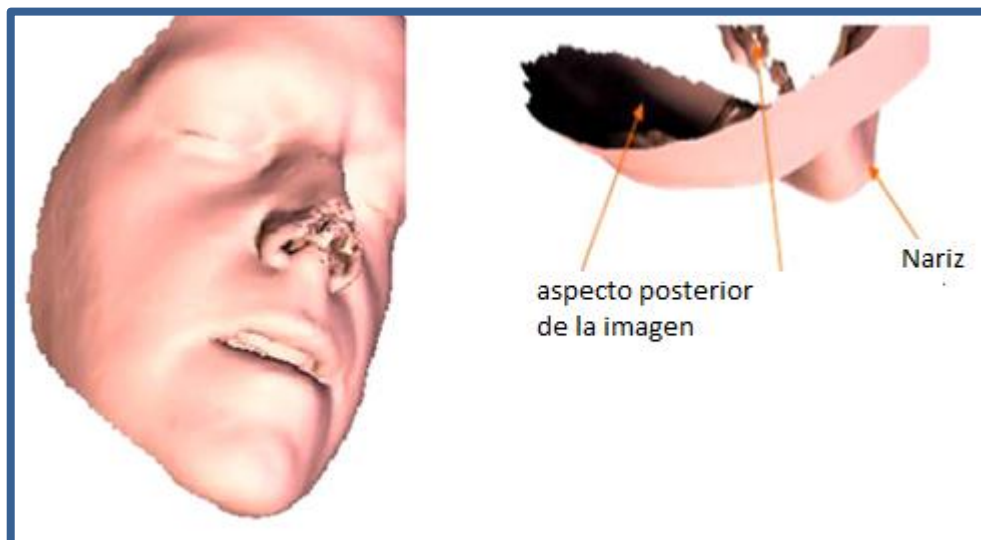


Fig.46 Defecto nasal Imagen en 3D

El escáner láser de superficie utilizada para los autores de prótesis nasal es de sistemas láser de barrido (Ply-mouth, MI).



La digitalización implica poner en contacto una sonda en diversos puntos de la superficie del objeto para recoger información 3D. A diferencia de escaneo por láser, que recoge una gran área de puntos a la vez, la digitalización permite grabar puntos de datos individuales. Este método es más preciso para definir la forma geométrica de un objeto en lugar de formas orgánicas de forma libre. Recientemente, la imagen fotográfica a base de sistemas se está utilizando con mayor frecuencia en el escaneado 3D²³.

-Análisis de los datos 3D

Modelado digital es el proceso de crear un modelo computacional de un objeto replicándolo exactamente a la forma del objeto. El escáner láser 3D de la superficie produce datos de nubes de puntos, y el uso de software PolyWorks (Software Inovmetric, Quebec City, QC, Canadá), un 3D crea un modelo poligonal. Un modelo poligonal es un modelo de facetas que consiste en muchos triángulos formados mediante la conexión de los puntos dentro de los datos de la nube.

-Prototipo rápido

El modelo digital 3D se divide en tercios verticales y desplazamiento desde contorno de la superficie externa. Debido a que la guía intraoperatoria sólo aproximara el marco, no hay reducción en la altura para adaptarse a la colocación del colgajo frontal. La tercera parte superior a menudo se deja inalterada, el tercio medio se ve compensado por 1 mm, y la tercera parte inferior se compensa con 1,5 a 2 mm. Estos parámetros pueden estar sujetos a cambio, dado elementos únicos del defecto y la variabilidad individual en el grosor de la piel. Una vez que el cirujano y el protesista aprueben el modelo digital, un prototipo rápido se realizara con un material de resina (Semitrans).

Se ha encontrado que es más fácil de usar una guía translúcida en oposición a una guía semitransparente.

Para ello, se hace un negativo del molde (Semitrans) con un espesor de 1,5 mm termoformado para placa base (fig.47)²².



Fig.47 Guías quirúrgicas.

Se realiza el recorte según sea necesario, y las aberturas están hechas para la ventana de la nariz. La plantilla se esteriliza para uso intraoperatorio con solución de yodo.

-La reconstrucción quirúrgica

La reconstrucción se guía por la recreación de las tres capas de la nariz: colgajos vascularizados, forro interior, el marco rígido, y el revestimiento externo de la piel. El colgajo frontal se utiliza principalmente para formar el revestimiento externo de la piel, como se muestra alineado en este paciente (fig.48)²².



Fig.48 Delimitación del colgajo frontal.

El papel de aluminio se utiliza para crear la plantilla para el colgajo frontal, que se realiza por moldeo de la lámina sobre la nariz, se modela y luego se aplana la plantilla en 2 dimensiones en la frente (Fig.49)²²



Fig.49 Papel aluminio montado sobre la guía quirúrgica.

La guía preoperatoria se utiliza para adecuar la construcción del marco rígido (fig.50)²².



Fig.50 Colocación de la guía preoperatoria.

La guía intraoperatoria se esteriliza y se coloca sobre el defecto para guiar la construcción del marco rígido. Esto es para asegurar la exactitud de la anchura y la proyección de la estructura rígida.

La plantilla quirúrgica incluye la forma de la nariz relacionada con el resto de las estructuras faciales, su orientación en el espacio, la rotación. Además, el uso de la guía translúcida se utiliza para crear el detalle fino de la punta de la nariz.

Las capas adicionales de microinjertos cartílago se utilizan para rellenar la plantilla quirúrgica garantizando al mismo tiempo el que el marco sea estructuralmente sólido. El uso de la guía intraoperatoria mejora enormemente la atención al paciente y ayuda a tomar decisiones quirúrgicas, disminuyendo la dificultad de crear el marco rígido, y permitiendo resultados más predecibles.

Ejemplo de casos con guía intraoperatoria por CAD/CAM.

-Mujer de 32 años de edad que presentó después de una rinectomía y septectomía total, con resección de los cartílagos laterales superiores y los huesos nasales línea media, debido a carcinoma de células escamosas del tabique (fig. 51)²².



Fig.51 (A–C) Preoperatorio (D–F) Posoperatorio.

-Mujer de 54 años de edad, que se presentó con un defecto nasal secundario a una resección de un carcinoma en el vestíbulo de la nariz (Fig.52)²².



Fig.52 (A, B) Preoperatorio (C, D) Posoperatorio.

El esfuerzo de crear una guía intraoperatoria nasal requiere un enfoque multidisciplinario en el cual el cirujano, el paciente y el protesista maxilofacial, estén en estrecha colaboración con los técnicos o especialistas en diseño. Este proceso resulta en la mejora de los resultados del paciente mediante el aumento de la exactitud de la anchura y la proyección mientras que ayuda en gran medida en la aproximación del paciente a detalles finos originales y contornos. La introducción de nuevas tecnologías en el ámbito preoperatorio y operatorio juega un gran papel en la mejora de la facilidad quirúrgica y la satisfacción del paciente.

4.4 Defectos maxilares

Respecto a los defectos maxilares solo se utiliza la tecnología CAD en lo que corresponde a la prótesis maxilofacial ya que principalmente funciona para el diseño así como la cuantificación y análisis de tejidos afectados.

Con este medio podemos observar las zonas anatómicas tanto de tejido óseo, como tejido blando, para planear un tratamiento quirúrgico y una prótesis mucosoportada o implanto soportada dependiendo del caso (figs.53-56)²⁴.

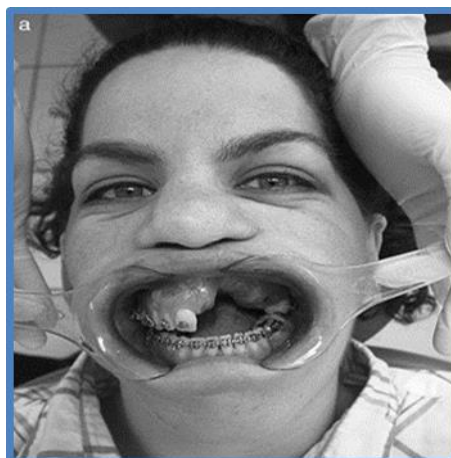


Fig.53 Paciente con paladar hendido unilateral.

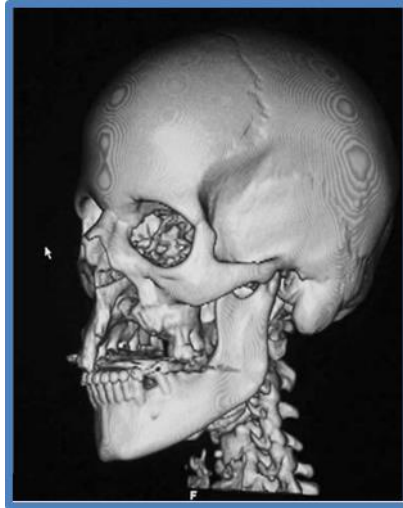


Fig.54 TC en 3D para análisis del defecto.



Fig.55 Reconstrucción tridimensional tomografía computarizada que muestra la degeneración maxilar superior derecho y alvéolos.



Fig.56 (A) Paciente rehabilitada con distracción ósea. (B) implantes dentales.

La manera de analizar las imágenes tridimensionales ya sea con Haz cónico de tomografía computarizada (CBCT) o una TC convencional convertida a imágenes 3D, permite al médico tratante realizar un diagnóstico prequirúrgico con la visualización de las zonas afectadas y las dimensiones anatómicas adyacentes agregando las posibles prótesis que sustituyen al defecto (fig.57)¹³.

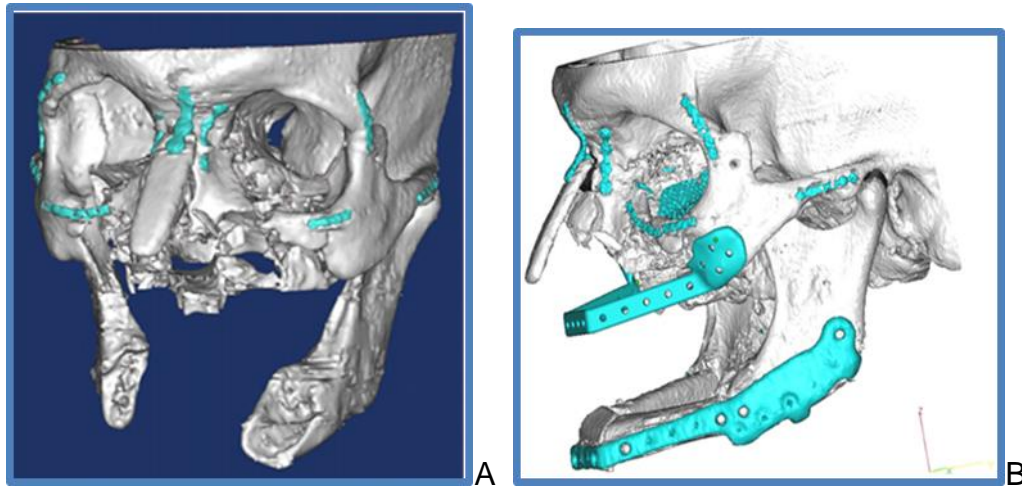


Fig.57 (A) Modelo tridimensional de un defecto maxilar y mandibular. (B) Representación de fijación de injertos óseos del maxilar y la mandíbula.

4.5 Defecto auricular

El número de herramientas disponibles para hacer una guía en posición correcta quirúrgica para la colocación de un implante auricular se está expandiendo rápidamente a medida que continúan avanzando los modelos de computadora en 3D generados por escáner laser u óptico (figs.58, 59)²⁵.

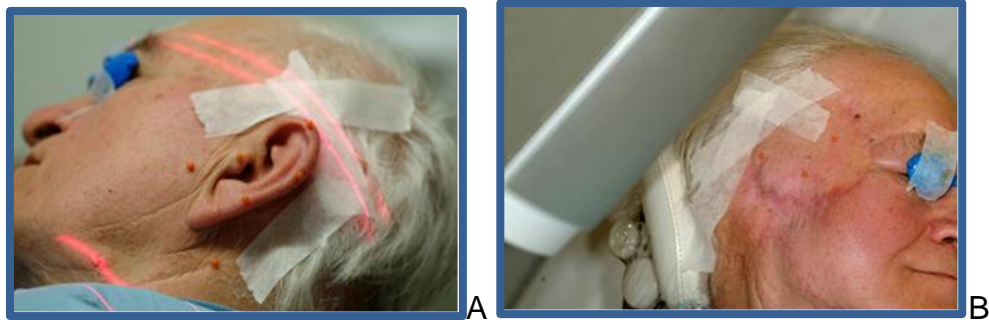


Fig.58 (A) Escaneo laser de oreja sana. (B) Escaneo de la zona afectada.

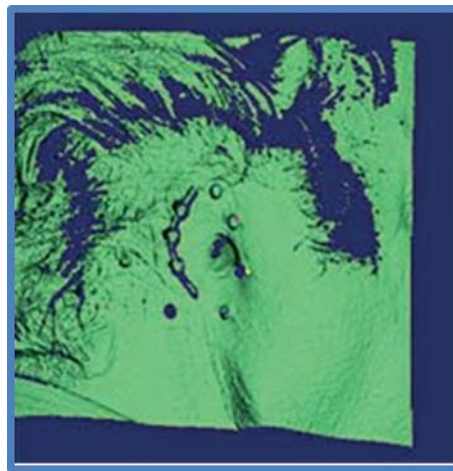


Fig.59 Imagen digital con escáner del defecto auricular.

Si bien la orientación correcta de una falta auricular previamente se basó únicamente en la topografía de tejidos blandos, el software de modelado ahora permite la visualización de navegación de los tejidos duros y puntos de referencia cefalométricos.

Una guía quirúrgica en posición correcta y estable es importante para determinar la colocación de implantes craneofaciales durante una prótesis auricular esto permite que el cirujano seleccione la ubicación ideal.

Con la ayuda de la tecnología informática de diseño, ahora es posible crear una réplica correctamente posicionada de la oreja que falta para su uso como una referencia en la fabricación de una férula quirúrgica.

Con un molde en 3D la guía puede ser generado mediante el uso de diseño asistido por ordenador y la fabricación asistida por ordenador (CAD / CAM) y se imprime por prototipado rápido (fig.60)²⁵.

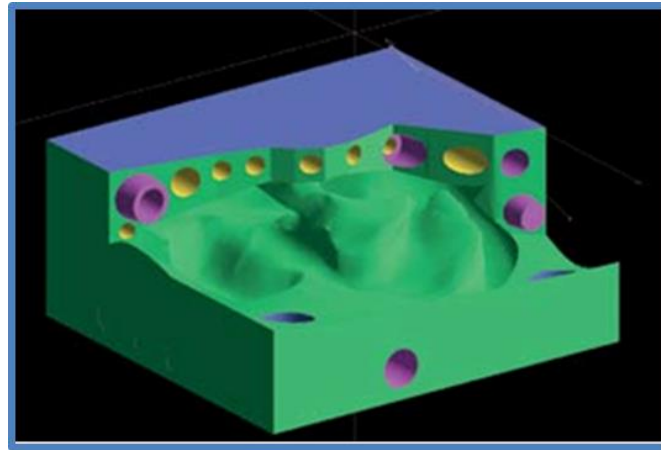


Fig.60 Molde virtual CAD.

Anteriormente, era necesario para hacer un molde de la deformidad el uso de técnicas de impresión establecidos, como esculpir un modelo de cera o de yeso que reflejaran un molde del oído contralateral, y luego se colocaba directamente en el paciente para determinar su posición y orientación deseadas (fig.61)²⁵.

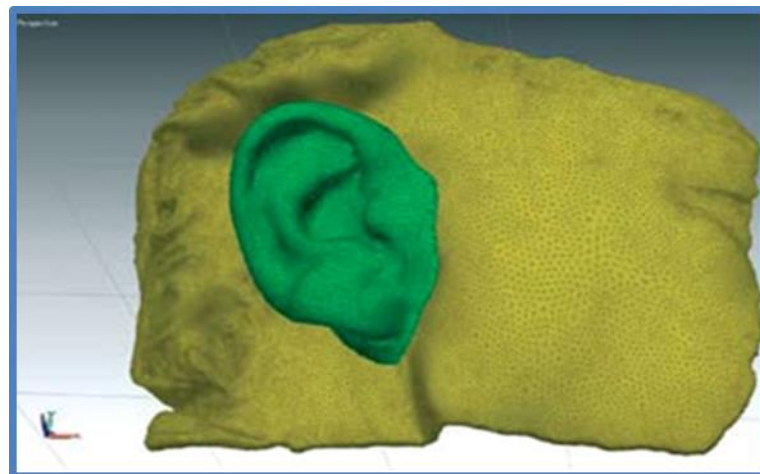


Fig.61 Integración del oído al lado afectado.

En la configuración de la prótesis, es generalmente aconsejable colocar la oreja que falta basado en la simetría con el oído sin defectos, contralateral²⁵.Fig.62¹³.



Fig.62 Representación de un oído en espejo al lado del defecto.

La geometría y la posición de una plantilla quirúrgica puede ahora ser visto y localizado por su orientación en el cráneo así como por marcas cefalométricas. Anteriormente, la orientación de la guía quirúrgica se basaba en la topografía del tejido blando. Digitalmente viendo el cráneo en planos 3-D y diversas imágenes en cortes, así como puntos cefalométricos se pueden utilizar para realizar la prótesis final.

Las líneas cefalométricos se pueden ver en relación con el oído externo. Algunos programas de software incluyen cefalométrica en su programación. En el oído izquierdo se realiza un posicionamiento de espejo para obtener la posición del oído contrario.

La imagen se manipula digitalmente para que se refleje el oído sano para conseguir una orientación simétrica, también se analiza en el tejido blando para la comparación. Una vez que la orientación digital fue finalizado, se selecciona los lugares en los que se llevaran a cabo los implantes si el caso a si lo requiere.

Con el oído posicionado se selecciona y analiza angulación de los implantes craneofaciales diseñados digitalmente con el programa de software (fig.63)²⁶.

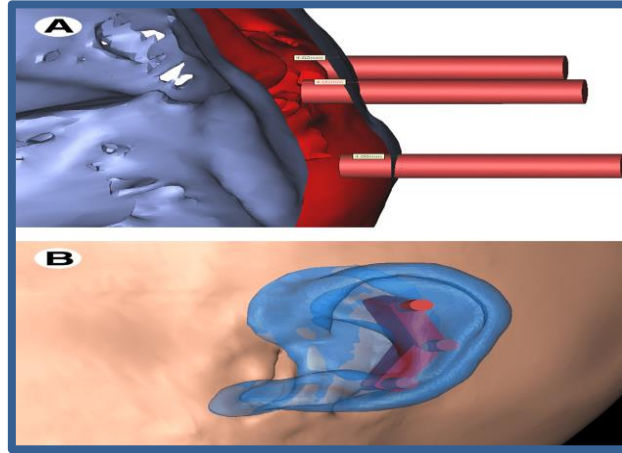


Fig.63 (A) Angulación virtual de implantes. (B) Diseño virtual auricular.

Con la cámara digital de haz cónico (TAC) se obtiene con una exploración de secciones de 1 mm. Las imágenes se obtienen en forma digital estos datos se cargan en el software y se obtiene un modelo de imagen 3-D. Con el uso de software adicional se produce una imagen especulativa de la oreja izquierda intacta y se coloca en el lado afectado. La alineación preliminar y en el tejido blando se aproxima en armonía con el oído contralateral (fig.64)²⁷.

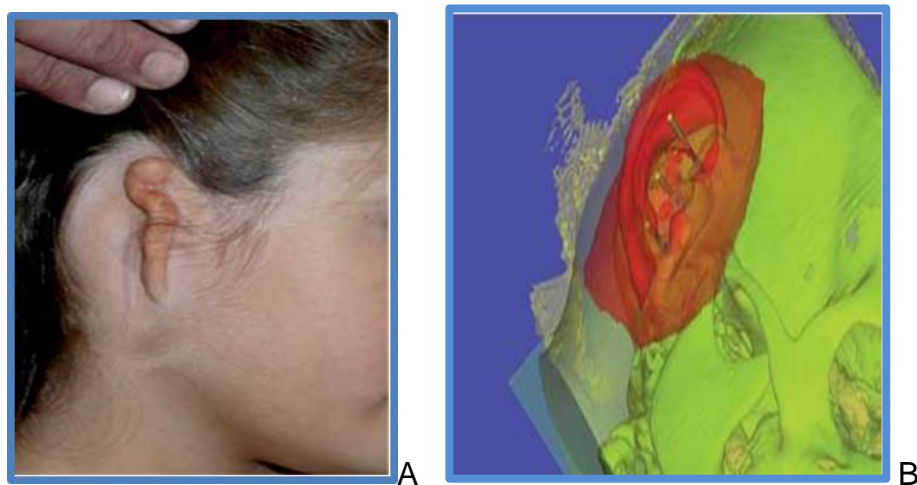


Fig.64 (A) Paciente con microtia del oído derecho con tejido remanente visible. (B) Ubicación con respecto al oído sano en forma de espejo en la zona del defecto.

Para el diseño virtual del oído por CAD se puede utilizar un análisis cefalométrico con imágenes en 3D buscando precisión en la simetría hacia la colocación de la rehabilitación (fig.65)²⁷

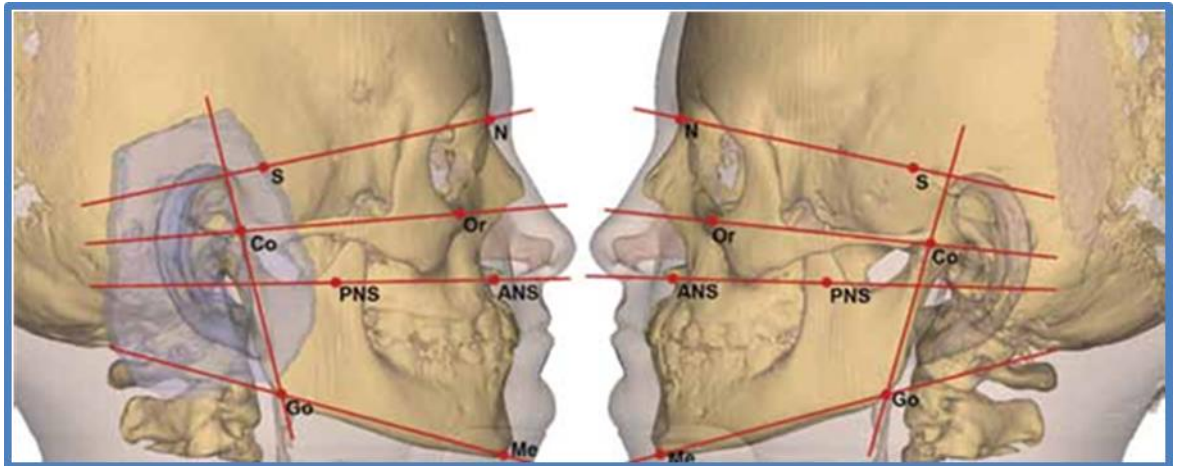


Fig.65 Imagen digital de oído izquierdo en espejo colocado para obtener la posición cefalométrica idéntica.

Se realiza un modelo de prototipo rápido de la oreja ausente fabricado con epoxi (Material polimérico rígido) (fig.66)²⁵.



Fig. 66 Modelo digital generado por (PR) de oído que falta en epoxi fabricado con la tecnología CAD/CAM.

Se realiza un patrón a base de cera rosa por un molde de silicona, se le hacen los ajustes requeridos, y se evalúa en el lado defectuoso del paciente para confirmación definitiva de su forma, apariencia y colocación adecuada (fig.67)²⁷.



Fig.67 Prótesis de cera antes de procesar en silicona.

La rehabilitación final se realiza con silicona y se le adicionan colorantes para generar el tono de piel del paciente (fig.68).

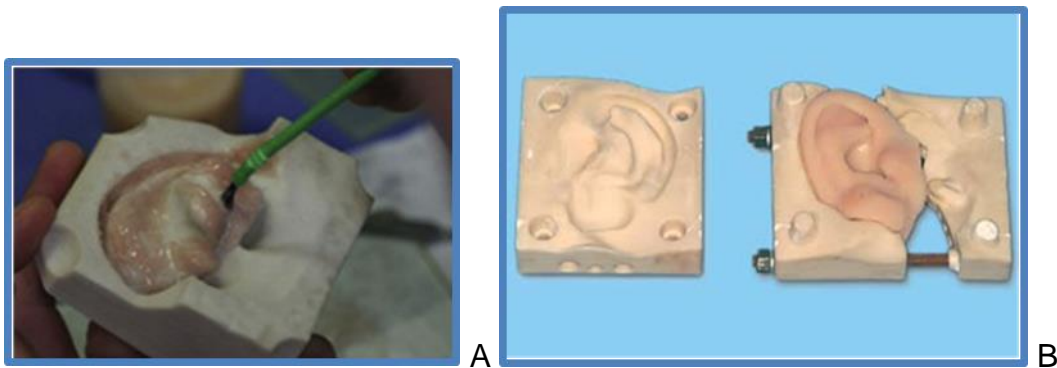


Fig. 68 (A) Aplicación de silicona a un molde de oído. (B) Procesado con silicona.

Posteriormente al procesamiento se lleva a cabo la colocación ya sea por medios adhesivos, imanes o implantes (fig.69)²⁸.



Fig.69 Prótesis Finalizadas y colocadas.

Otro modo de realizar una oreja artificial por medio de CAD/CAM es escanear un modelo de yeso de la oreja existente. Un escáner láser 3D desarrolla un sistema integrado de imagen digital en 3D del oído afectado (figs.70, 71)²⁹.

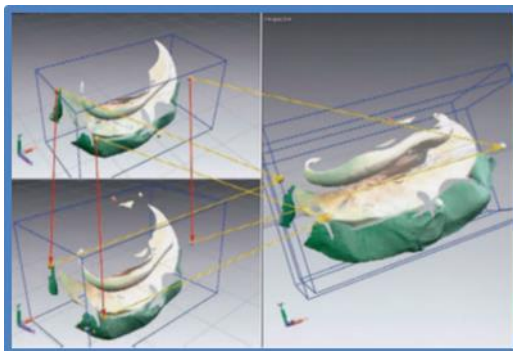


Fig.70 Análisis CAD del modelo de yeso.

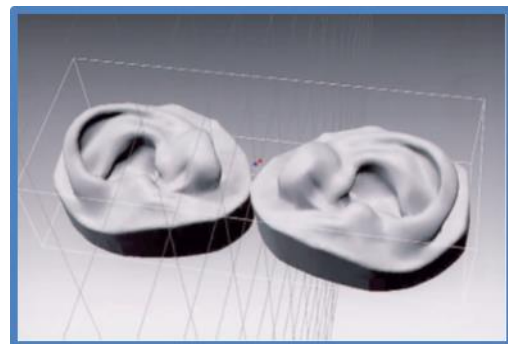


Fig.71 Reproducción del modelo virtual.

Se recopilan los datos del oído sano, con una máquina de creación rápida de prototipos recopila los datos necesarios para la fabricación de la oreja definitiva (fig.72)²⁹.

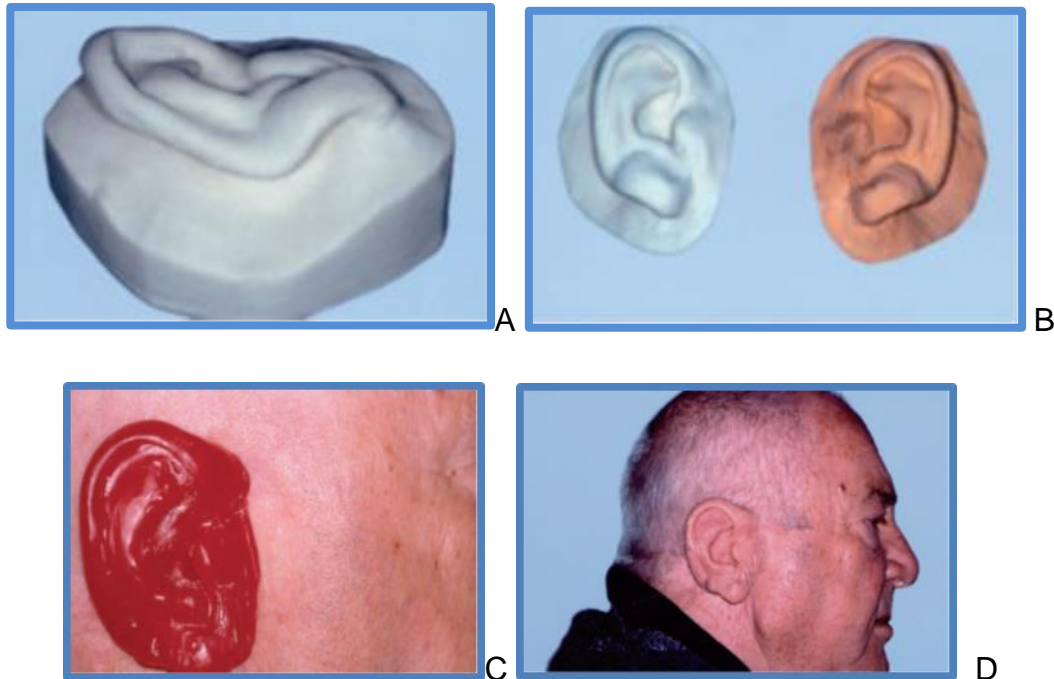


Fig.72 (a) Prototipo rápido. (b) Vista frontal del resultado final de acrílico (a la izquierda).
(c) Oreja en cera obtenida a través de la duplicación de silicona en el paciente.
(d) Resultado definitivo.

4.6 Defectos craneofaciales

En la cirugía craneomaxilofacial y prótesis restauradora, ha encontrado uso en traumatismos orbitarios y la reconstrucción facial por la extirpación de algún tumor.

La reconstrucción de los huesos craneofaciales es un procedimiento complejo y representa un reto para el grupo médico tratante; generalmente se realiza en pacientes con algún traumatismo o patología en donde es necesaria la resección ósea. También puede realizarse por algún proceso infeccioso crónico no controlados o por osteorradionecrosis después de eliminar una patología, lo que implica mayor posibilidad de fracaso o rechazo de los materiales utilizados para la reparación del defecto.

La selección del material para sustituir la bóveda craneana es difícil debido a la diversidad de productos existentes; el material debe ser inerte, ligero, fácil de colocar y adaptable al defecto, con lo cual se ofrece mejores resultados estéticos y funcionales.

Con el diseño por computadora del implante es posible ofrecer un implante individual y específico para cada defecto y paciente (fig.73)³⁰.



Fig.73 Aspecto clínico preoperatorio: depresión por ausencia del hueso frontal.

Para reconstruir los huesos craneofaciales no basta con tejidos blandos, se requiere material aloplástico que ofrezca protección rígida al sistema nervioso central.

Elegir el mejor material depende de diversos factores, los más importantes son estado general del paciente, pronóstico oncológico, estado de los tejidos blandos subyacentes y los costos.

Históricamente, la reconstrucción del cráneo ha tenido limitantes como el material utilizado para el implante, los pobres resultados estéticos, el rechazo al material de reconstrucción, el tiempo prolongado de cirugía y la necesidad de múltiples reintervenciones. El diseño del implante por computadora ha mejorado recientemente los resultados y ha revolucionado el concepto de reconstrucción ósea en pacientes que por algún motivo sufren de la pérdida de un hueso o parte de la cara. Permite crear modelos precisos para cada defecto, los resultados son predecibles

y el tiempo de colocación y por lo tanto de la cirugía es menor. Con las imágenes obtenidas por tomografía computarizada con cortes axiales y coronales del cráneo se realiza un modelo tridimensional del defecto que permite confeccionar el implante (fig.74)³⁰.

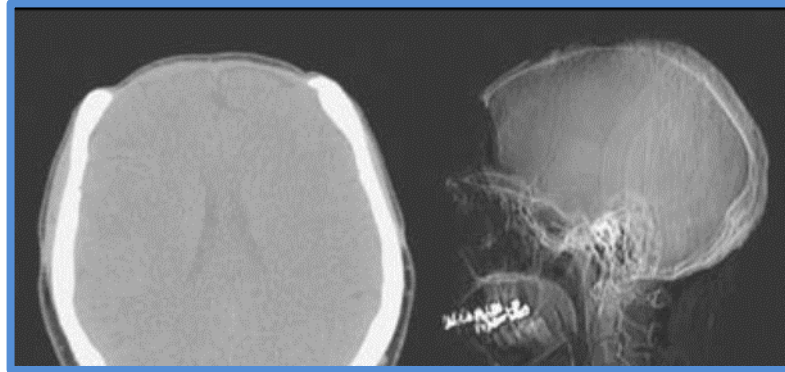


Fig.74 Tomografía computarizada que muestra defecto óseo frontal.

En el proceso de diseño, se utiliza el efecto de imágenes en espejo para dar la vuelta al cráneo afectado; el hueso afectado es delimitado y esculpido digitalmente para producir un implante que se adapta perfectamente a los contornos de la deficiencia³⁰. Fig.75¹³

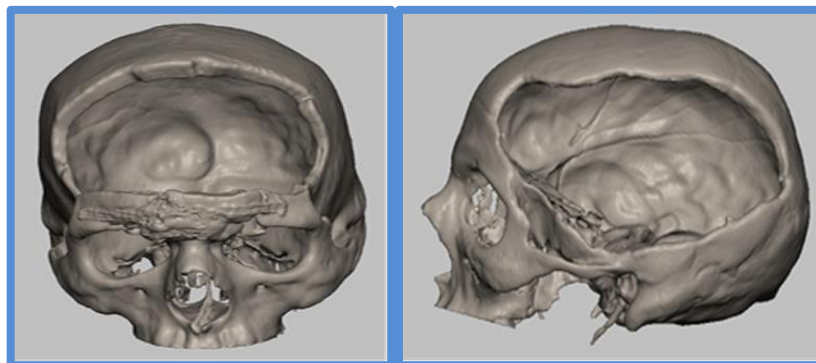


Fig.75 Obtención del defecto en 3D.

Pequeñas placas de fijación se modelan y se incorporan al implante para la fijación del mismo³⁰. Fig.76¹³.

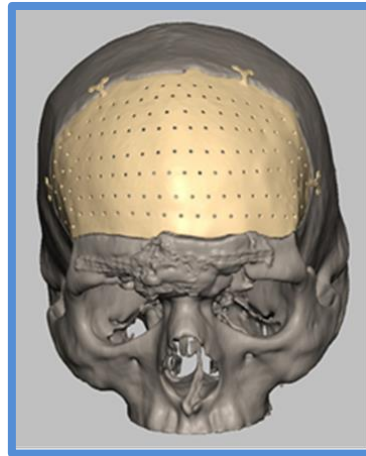


Fig.76 Diseño del implante con placas de fijación.

Se realiza la cirugía con el implante previamente esterilizado para prevenir cualquier tipo de infección (figs.77, 78)³⁰.

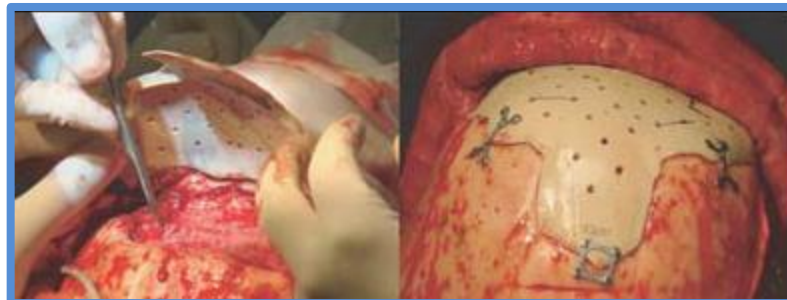


Fig.77 Colocación del implante.



Fig.78 Posoperatorio con el implante integrado.



El diseño del modelo mediante computadora con base en el defecto individual del paciente ofrece la ventaja de adaptabilidad exacta al área por reconstruir, haciendo el proceso mucho más fácil.

La reconstrucción craneofacial depende del sitio y magnitud del defecto, de las causas que lo originaron y del propio entorno del paciente; no existe una rutina que defina el método ideal o estándar, éste se debe adaptar a cada caso en particular; es un proceso multidisciplinario que debe incluir expertos en imágenes y en materiales de reconstrucción.



CONCLUSIONES

Para el uso Prótesis maxilofacial existen tres sistemas principales de imagenología como lo son la TC convencional, el escáner óptico y el haz cónico de tomografía computarizada estos permiten obtener los datos del paciente, que posteriormente son transformados en archivos digitales (DICOM) para poder llevar a cabo el diseño o planeación de una cirugía, diseño de implantes para sustituir alguna pérdida ósea o deformación de tejido blando.

En la actualidad los avances tecnológicos en sistemas de imágenes y software permiten observar las dimensiones de las patologías existentes y de la destrucción que estas generan en el paciente, así como también las características en forma y tamaño de los tejidos adyacentes en forma digital. El uso de técnicas de fabricación por prototipos rápidos en impresoras 3D, proporcionan las ventajas de evaluación de los tejidos duros y blandos físicamente para generar un mejor diagnóstico.

El sistema CAD/CAM en su aplicación en prótesis maxilofacial busca la disminución del tiempo quirúrgico, pérdida sanguínea, complicaciones en quirófano y evitar la reintervención quirúrgica debido a una mala planeación o diseño de la prótesis. También busca un procedimiento mínimamente invasivo ya que los sistemas de obtención de datos generan cada vez menos radiación al paciente, esto es una ventaja principalmente en pacientes con neoplasias, que por su tratamiento han requerido de radioterapias, con lo cual se ve afectada la retención protésica por el deterioro de los tejidos adyacentes al defecto provocado por este tipo de tratamientos. Algo importante dentro de las ventajas es que puede disminuir el tiempo en la hospitalización y el tiempo de recuperación, lo que reduce la morbilidad y los costos indirectos de la atención.



A pesar de que los costos de diseño y producción han disminuido, el uso de estas técnicas tiene un costo alto, pero el valor de esta inversión ha sido reconocido desde hace varias décadas como fundamental para lograr consistentes resultados de alta calidad. En la actualidad hospitales privados y algunas instituciones de atención pública han adquirido este tipo de tecnología. Debido a que estos métodos son nuevos y no están estandarizados, poco esfuerzo se ha dirigido a la evaluación de los beneficios en costo y tiempo de tratamiento.

El interés en este campo es amplio. Además de Prótesis maxilofacial, esta tecnología se ha incorporado a la ortodoncia, la radiación de oncología, neurocirugía, cirugía de senos, la cirugía de reemplazo de articulaciones, cirugía de la columna, la cirugía maxilofacial e implantología dental.

Sin duda los beneficios que se obtienen al utilizar el CAD/CAM son de gran utilidad para lograr el objetivo que busca esta rama de la odontología, como lo es el sustituir una parte o zona de la cara regresando la forma y función perdida, así como devolver la estética e integrar al paciente de nuevo a la sociedad, mejorando con esto su calidad de vida.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Jankielewicz I., Prótesis-buco-Maxilo-Facial, Ed. Quintessence Barcelona 2003, Pp.13-45.
- 2 Echevarría E., Priego R., Diferentes aplicaciones de los implantes aloplásticos elaborados en metilmetacrilato y silicón, Cirugía plástica, Vol. 19, Núm. 1-3, Enero-Diciembre 2009, pp 51 – 56.
- 3 Garduño A., Jiménez R., González V., Benavides A., Alternativas en la fijación, retención y estabilidad de las prótesis bucales y craneofaciales., Revista Odontológica Mexicana, Vol. 13, Núm. 1 Marzo 2009,pp 24-30.
- 4 Trigo J, Trigo G. Prótesis restauratriz maxilofacial. Ed. Mundi SAICF 1987: pp. 147-155.
- 5 Russo C., Nueva Especialidad Odontológica H.C.FF.AA., Salud Militar, Vol.24, Núm. 1 Septiembre 2002, pp. 11-13.
- 6 <http://prevenirlaceguera.blogspot.mx/p/pagina-12.html>.
- 7 Eufinger H., Computer-assisted Prefabrication of Individual Craniofacial Implants, AORN Journal, Volumen 74(5), November 2001, pp 648-654.
- 8 Miranda E. ,Rivera T., Reconstrucción mandibular con prótesis hemimandibular de titanio y HTR con reemplazo total de ATM de polietileno de diseño individualizado por secuelas de resección tumoral, Asociación Mexicana de cirugía bucal-Colegio mexicano de Cirugía bucal y maxilofacial, Volumen 6, Núm. 3 ,Septiembre-Diciembre 2010, pp. 100-105.
- 9 http://www.castor.es/historia_CAD_CAM.html.
- 10http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/TEORIA/INTRODUCCION%20AL%20CADCAM/01%20Introduccion%20CAD%20CAM.pdf.



¹¹<http://www.cienciared.com.ar/ra/revista.php?wid=21&articulo=280&tipo=A&eid=1&sid=Informaciones&NombreSeccion=Articulos&Accion=Completo>.

¹²<http://estelamonserratmarycruz.blogspot.mx/modelado-geometrico>.

¹³ Gerald T., Maxillofacial Imaging in the Trauma Patient, Atlas Oral Maxillofacial Surg Clin, volumen 21, marzo 2013, pp. 25-36.

¹⁴ Sean P., Computer-Assisted Craniomaxillofacial Surgery, Oral Maxillofacial Surgery Clinics, volumen 22, abril 2010 pp. 117–134.

¹⁵ <http://www.sedentexct.eu/content/technical-description-cbct>.

¹⁶ Naudi R., Virtual human face: Superimposing the simultaneously captured 3D photorealistic skin surface of the face on the untextured skin image of the CBCT scan, International Journal Oral Maxillofacial Surgery, volumen 42, septiembre 2013. pp. 393–400.

¹⁷ Martin J., Computer-Aided Frontal Sinus Surgery, Otolaryngologic Clinics of North America, Volumen 34, Num. 1 FEBRUARY 2001.

¹⁸ Reitemeier B., Optical modeling of extraoral defects, THE JOURNAL OF PROSTHETIC DENTISTRY, Volumen 91, Num. 1, 2004 .

¹⁹ Knott D., Computer Aided Surgery: Concepts and Applications in Rhinology, Otolaryngology Clinics North America. Volumen 39, 2006, pp. 503–522.

²⁰ Leonardo Ciocca, CAD-CAM generated ear cast by means of a laser scanner and rapid prototyping machine, The Journal of Prosthetic Dentistry, volumen 92, Diciembre 2004 pp.591-595.

²¹ Hierl T., CAD-CAM–Assisted Esthetic Facial Surgery, Journal Oral Maxillofacial Surgery, Volumen 71, pp.15-23, 2013.

²² Sultan B., Custom-Made, 3D, Intraoperative Surgical Guides for Nasal Reconstruction, Facial Plast Surgery clinics, Volumen 19 , 2011, pp. 647–653.

²³ L. Kovacs, A. Zimmerman, Computer aided surgical reconstruction after complex facial burn injuries – opportunities and limitations. Burns, Volumen 31, 2005 pp.85–91.



-
- ²⁴ Rachmiel A., Three-Dimensional Reconstruction of Large Secondary Alveolar Cleft by Two-Stage Distraction, *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, Volumen 50(3) pp. 11–89 Month 2012.
- ²⁵ Ciocca L., Mingucci R, CAD/CAM ear model and virtual construction of the mold, *Journal Prosthetic Dentist*, volumen 98, pp.339-343, 2007.
- ²⁶ Shizhu B., Yunpeng B., Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Implant Guide Used in Flapless Surgery for Auricular Prosthesis, *Journal Oral Maxillofacial Surgery*, Volumen 70, pp.1338-1341, 2012.
- ²⁷ Kolodney H., Swedenburg G., The use of cephalometric landmarks with 3-dimensional volumetric computer modeling to position an auricular implant surgical template: a clinical report, *Journal Prosthetic Dentist*, volumen 106, pp.284-289, 2011.
- ²⁸ Ciocca L., CAD–CAM construction of an auricular template for craniofacial implant positioning: A novel approach to diagnosis, *European Journal of Radiology*, Volumen 71, pp. 253–256, 2009.
- ²⁹ Ciocca L., CAD-CAM generated ear cast by means of a laser scanner and rapid prototyping machine, *The journal of prosthetic Dentistry*, Volumen 92 pp.591-595, 2004.
- ³⁰ Chacón E., Gallegos J, Reconstrucción de la bóveda craneana con implante de poli-éter-éter-cetona diseñado por computadora. Informe de un caso, *Cirugía y Cirujanos*, Volumen 77, Núm. 6, Noviembre-Diciembre pp.469-472 2009.