
Reconstrucción de cuerpo de rama mandibular a través de modelado tridimensional

Reconstruction of the mandibular branch body through three-dimensional modeling

Pablo Moreno Garibaldi ^a, Juan Alfonso Beltrán Fernández ^a, Francisco López Saucedo ^b,
Luis Héctor Hernández Gómez ^a, Noemí Corro Valdez ^a

^aSEPI-ESIME- Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.

^bDepartamento de Cirugía Maxilofacial, Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional la Raza, México D.F., México.

Recibido: 2/4/2014; revisado: 1/6/2014; aceptado: 13/6/2014

Moreno Garibaldi Pablo et. al.: Reconstrucción de cuerpo de rama mandibular a través de modelado tridimensional. *Jou.Cie.Ing.* 6 (1): 40-46, 2014. ISSN 2145-2628.

Resumen

Un gran número de personas alrededor del mundo se encuentran afectadas por la alteración en el desarrollo de órganos o tejidos, impidiendo que estos alcancen su completa formación o simplemente ocasionando anomalías en su funcionamiento, a este problema se le conoce como Hipoplasia; si esta condición afecta al maxilar inferior, puede causar problemas estéticos y en casos más serios, puede afectar el correcto funcionamiento de esta importante parte del cuerpo, por ejemplo, la correcta habilidad de apertura de la boca. Con el fin de proponer una solución a este problema, se describe una metodología que parte de archivos digitales de Tomografía (DICOM), que dan paso a la obtención de un archivo de estereolitografía (.stl), el cual sirve como punto de partida para el modelado de superficies en el programa CATIA, todo esto, con el fin de crear un modelo digital tridimensional, capaz de reconstruir estéticamente y estructuralmente la región afectada. Dicho resultado puede ser usado para crear un modelo impreso 3D, que sirva como soporte para la interpretación de un cirujano maxilofacial, quien será capaz de determinar si el modelo puede ser usado como prótesis mandibular.

Palabras Clave: Reconstrucción, mandíbula, maxilofacial, modelado, prótesis, superficie.

Abstract

A lot of people around the world are affected by the alteration in the development of organs or tissues, preventing them from reaching their full formation or simply causing abnormalities in their operation, this problem is known as Hypoplasia; if this condition affects the lower jaw, it could cause aesthetic problems and in serious cases can affect the correct function of this important part of the body, for example, the ability to open the mouth correctly. In order to propose a solution to this problem, a methodology based on Tomography digital files (DICOM), that lead to obtain a stereolithography file (.stl), which serves as a starting point for the surface modeling in CATIA software, all this, in order to create a three-dimensional digital model, able to reconstruct the affected region aesthetically and structurally. This result can be used to create a 3D print model, that can serve as support for interpretation by the maxillofacial surgeon, who can therefore determine if the model can be used as a mandibular prosthesis.

Keywords: reconstruction, mandible, maxillofacial, prosthesis, modelling, surface.

1. Introducción

Los defectos maxilofaciales son desfiguraciones faciales, como resultado de deformaciones congénitas, de resecciones quirúrgicas de tumores, traumas, o alguna combinación de estas [1, 2].

Las consecuencias directas de este tipo de afectación radican en un inapropiado funcionamiento en la masticación, al hablar o al comer. Tales defectos son generalmente reconstruidos usando injertos de hueso [3–5] o materiales artificiales [6], en donde, el Peroné y la cresta iliaca son los mas usados para este tipo de reconstrucción, sin embargo estos procedimientos requieren expertos quirúrgicos especializados, infraestructura en los hospitales y un sitio donante significativo [7], además, debido a que la morfología mandibular es muy compleja, sobre todo en algunas curvas específicas, no es fácil manejar trasplantes de hueso recto en esta región [8].

Sin embargo, las prótesis maxilofaciales son construidas, como un tratamiento alternativo, cuando los defectos maxilofaciales no pueden ser reparados quirúrgicamente [9]. Hoy en día, las técnicas existentes permiten la producción de implantes personalizados que se adaptan a las necesidades del paciente y su anatomía. Una de las técnicas más notables involucran el uso de modelado 3D y de prototipos rápidos tridimensionales. Aun así, los intentos de la investigación están enfocados en disminuir los periodos de tiempo de la manufactura al mismo tiempo que se obtienen implantes de alta calidad [10].

2. Teoría

El proceso parte de un modelo digital en formato “stl” creado previamente tomando como base archivos de tomografía del tipo DICOM. Todo esto se logra tomando en consideración algunos reportes medicos y procedimientos de regeneración que comparten algunos puntos de dicha metodología [11–20].

Un archivo de extensión (.stl) es básicamente una nube de puntos, la cual no permite modificación alguna en su geometría, por tal motivo, la manipulación de este tipo de elementos resulta muy complicada. Por tal razón, es importante ofrecer una alternativa en la generación de superficies a partir de dichos archivos. Este método trata de igualar el modelo base en su superficie, hasta el punto que mas convenga, después de esto, se modifica la superficie según lo crea más oportuno el diseñador, pero siempre tomando en consideración la asesoría de un medico cirujano especialista, de tal forma que se respeten tanto la morfología del paciente, como

las capacidades mecánicas que requiera dicha región.

A continuación se describen los pasos para el modelado de superficies partiendo de la importación de un archivo con extensión .stl.

Una vez en el ambiente de CATIA se comienza con la importación del archivo STL, para lo cual, es necesario ingresar al modulo “Digitized Shape Editor” dando clic sobre los siguientes iconos de la barra de herramientas de forma consecutiva:

- Start
- Shape
- Digitized Shape Editor

Ya en el módulo, se da clic sobre el comando “Import”, el cual, desplegará una ventana igual a la que se muestra en la figura 1. Esta herramienta tiene la capacidad de llamar o seleccionar el archivo STL a importar, además, en ella también se puede modificar la escala y las unidades del archivo si se requiere.

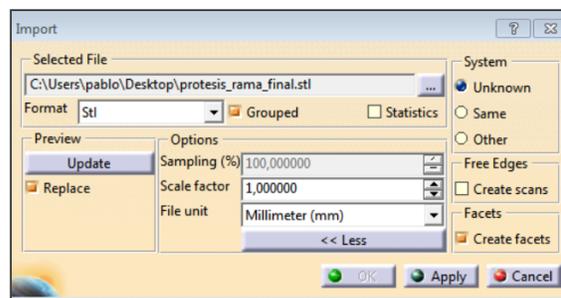


Fig. 1. Ventana para importar un archivo STL al ambiente de Catia.

Como resultado se tiene el archivo importado, en este caso un maxilar inferior, el cual, presenta ciertas características que lo hacen un modelo complicado de manipular, debido a su inconsistencia en la geometría ya que esta es muy irregular por donde quiera que se observe, también presenta asimetría en las ramas y por último y no menos importante, parte de la rama izquierda se encuentra inexistente, (figura 2).

El modelado de las superficies comienza al crear planos ubicados perpendicularmente a lo largo de la mandíbula, como se muestra en las figuras 3, 8 y 9, donde, la distancia entre los planos creados determinara la semejanza o fidelidad entre la superficie creada y el modelo STL, es decir, entre mas cercanos se encuentren los planos unos de otros, las superficies creadas serán un modelo más fiel al original (STL de la mandíbula).

Para crear un plano, es necesario salir del modulo “Digitized Shape Editor”, e ingresar al modulo “Generative Shape Design”, pulsando sobre los comandos:

- Start

- Shape
- Generative Shape Design

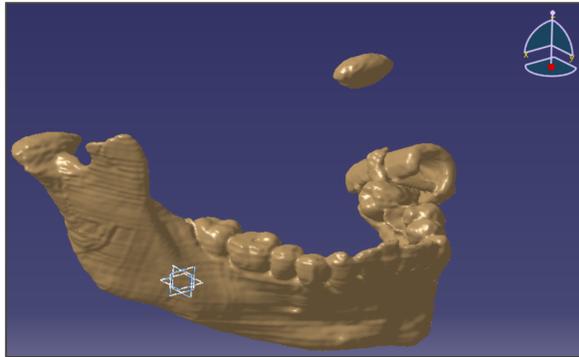


Fig. 2. Modelo STL importado a Catia.

Ya en el módulo, se busca en la barra de herramientas el icono “plane”, el cual, despliega una ventana como se observa en la imagen 3, en la cual se seleccionara la opción “Offset from plane”, después, se toma como referencia cualquier plano, para este caso en específico se toma como referencia el plano yz, seleccionándolo directamente de los planos de referencia mostrados en la pantalla, y se introduce la distancia entre el plano de referencia y el plano creado, esto en la opción “offset”.

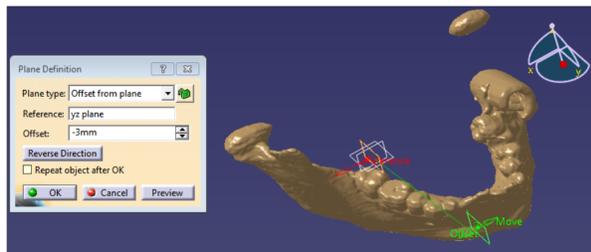


Fig. 3. Creación de plano a partir de los planos de referencia.

Con el plano ya creado, es necesario regresar al modulo “Digitized Shape Editor” y dar clic sobre el icono “Planar Sections”, este desplegara una ventana como la que se muestra en la figura 4, en donde, se selecciona como elemento al modelo STL de la mandíbula y de referencia el plano creado anteriormente, tal como lo muestran las figuras 4 y 5.

Contando ya con la sección “Planar Section”, se requiere volver al modulo “Digitized Shape Editor” para crear un esbozo sobre el plano anteriormente realizado y tomando como referencia a igualar la “Planar Section” creada, para esto, se necesita seleccionar el plano y des-

pués dar clic sobre el icono “Sketch”, se reorientara la visualización a una vista en dos dimensiones. Posteriormente se selecciona la herramienta “Spline” y tomando como referencia la “Planar Section”, se trata de adaptar el “Spline” a la sección planar lo más fiel posible hasta donde se considere necesario, como se muestra en la Figura 6.

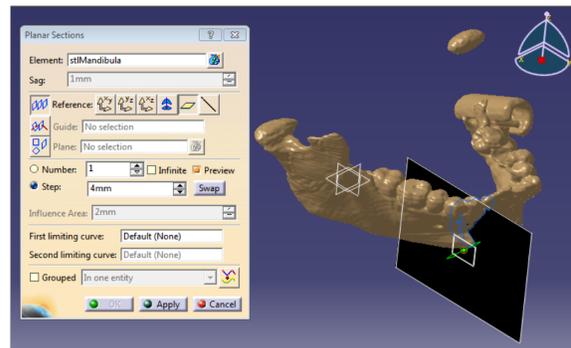


Fig. 4. Ventana para la creación de sección planar.

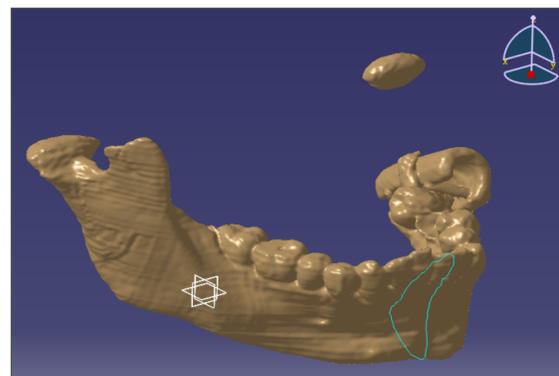


Fig. 5. Sección planar creada mostrada en color verde.

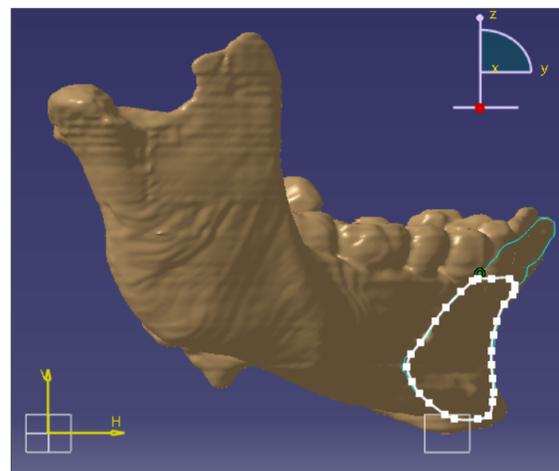


Fig. 6. Creación de un Spline adaptándolo a la sección planar.

Al terminar esta operación, salir del modo Sketch, dando clic sobre el icono Exit workbench, el resultado a esta operación, es justamente lo observado en la figura 7.

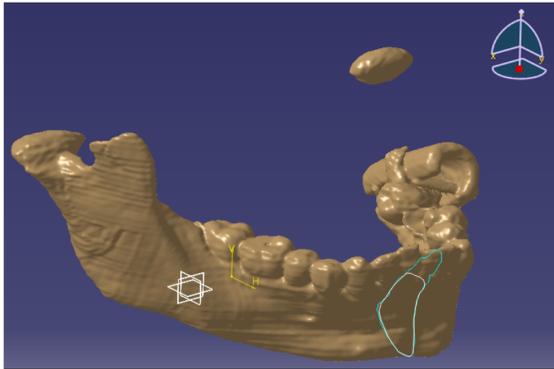


Fig. 7. Esbozo creado, tomando como guía la sección planar.

Tomando en consideración las operaciones realizadas hasta ahora se deben crear tantos planos como sea posible. Las imágenes 8 y 9 muestran la forma en la que se crean los planos. Una vez teniendo todos, se procede a realizar la sección planar y el esbozo correspondiente para cada uno. El objetivo es obtener una superficie a partir de todos los esbozos creados, donde es necesario hacer notar que todos tienen una geometría variable, es decir, todos son diferentes por lo que cada uno de los planos debe estar alineado con la sección planar a partir de la cual se genere el esbozo. Esto se explica mejor a continuación.

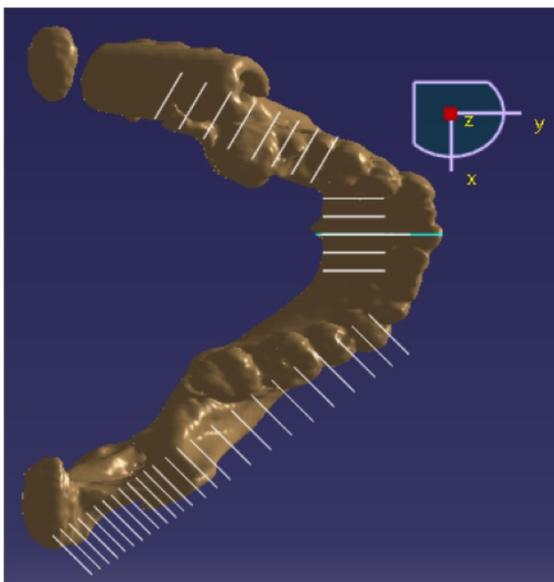


Fig. 8. Creación de planos perpendiculares al maxilar inferior.

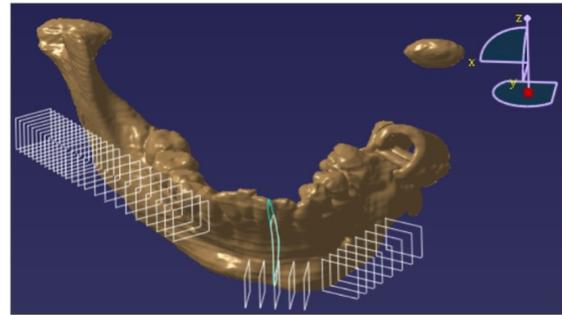


Fig. 9. Apreciación de planos creados.

Sobre todos los planos creados se generan esbozos, y estos a su vez se crean tomando como molde las secciones planares. Con la finalidad de poder observar de una manera mas clara el siguiente proceso, se ocultaron todos los planos y todas las secciones planares creadas, es decir, solo se muestran la mitad de los esbozos generados, correspondientes a medio cuerpo del maxilar, como se muestra en la figura 10.

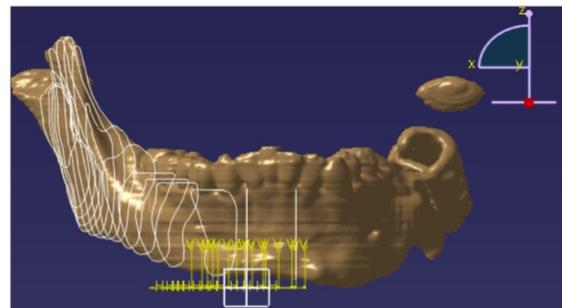


Fig. 10. Esbozos creados a partir de secciones planares

Como es mostrado en la figura anterior, se esta omitiendo la zona de la dentadura, ya que en primer lugar, no es relevante para este caso en específico y en segundo lugar no es el alcance de este trabajo, por lo cual, la superficie que se obtiene no involucrara esta zona.

Se abre la ventana "Multi-Sections Surface", que se obtiene al dar clic sobre el icono con este mismo nombre en la barra de herramientas; lo siguiente será seleccionar cada uno de los esbozos, comenzando por cualquiera de los extremos hasta seleccionar todos de manera consecutiva, esto es un punto muy importante ya que es necesario llevar un orden al seleccionar los esbozos, de lo contrario, ocasionara algún conflicto en el programa y no será posible la creación de la superficie.

Es primordial hacer notar que el modelo STL importado (figura 2) presenta cierta irregularidad en su superficie, esto es debido al proceso de modelado del progra-

ma Scan IP, ya que este es muy irregular y no es totalmente preciso, pero, en el caso de la superficie creada en programa Catia esto se ve mejorado en gran cantidad, debido a que se distingue una superficie sin irregularidades y mas precisa, como lo muestra la figura 11.

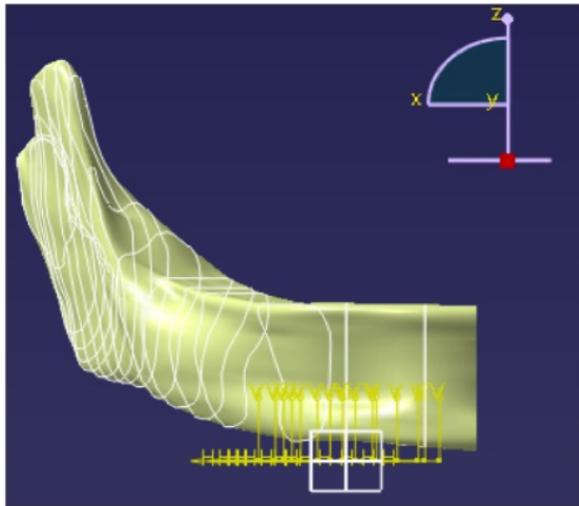


Fig. 11. Esbozos creados a partir de secciones planares.

3. Regeneración de la zona deformada

Con base en lo mostrado anteriormente, se puede proponer una geometría que sea capaz de regenerar la rama faltante y que además cumpla con los requerimientos funcionales desde el punto de vista médico, estético y estructural.

Para realizar tal propósito se crean planos en la zona deseada, específicamente en la zona incompleta, lo que permitirá crear esbozos que darán paso a las superficies que regeneraran la rama, comenzando desde el cuerpo sano de la mandíbula hasta llegar a la región en donde debería existir el cóndilo, como se muestra en la figura 12, en donde como se ve, ya se generaron todas las superficies correspondientes desde el cóndilo derecho hasta donde se podía considerar una zona útil de la mandíbula.

Una vez propuestos los esbozos destinados para la reconstrucción de la rama (Figura 13), se aplica el comando ya conocido "Multi-Sections Surface" con el fin de obtener la geometría objetivo como se muestra en la figura 14. El comando para la creación de la superficie puede modificarse después de haber sido ejecutado, dando la oportunidad de quitar, agregar o simplemente modificar alguna región por medio de los esbozos, lo cual es conocido como parametrización del modelo.

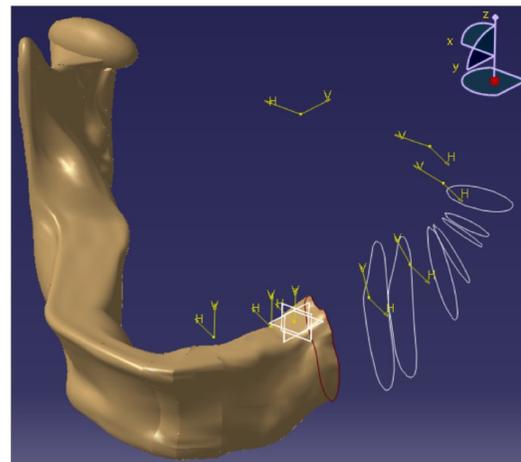


Fig. 12. Creación de esbozos para regenerar la rama faltante.

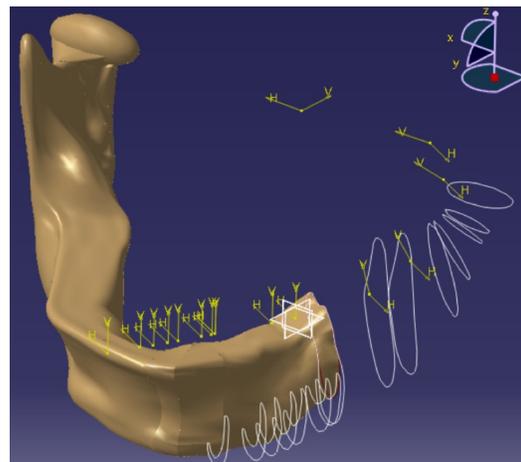


Fig. 13. Esbozos que conforman la prótesis de la rama.

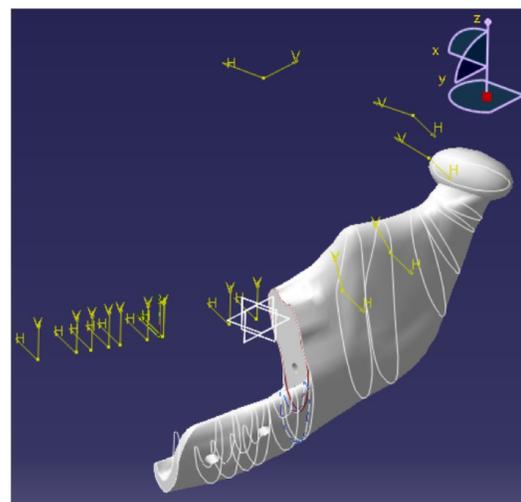


Fig. 14. Esbozos que conforman la prótesis de la rama.

Para finalizar se ejecutan los parámetros requeridos de diseño, tomando en consideración las necesidades del médico cirujano, esto es todo un proceso que conlleva un gran número de iteraciones hasta llegar al modelo ideal.

4. Resultados

Como resultado final de la reconstrucción de la rama, se obtuvo el modelo ilustrado por la figura 15. Dicho modelo soluciona el problema de la malformación e inexistencia de una porción de la rama izquierda, además, se adapta geométricamente al cuerpo del maxilar inferior en donde será ensamblado, todo siguiendo los requerimientos de diseño planteados desde el comienzo y dicho acierto es mostrado por la figura 16 [21–23].

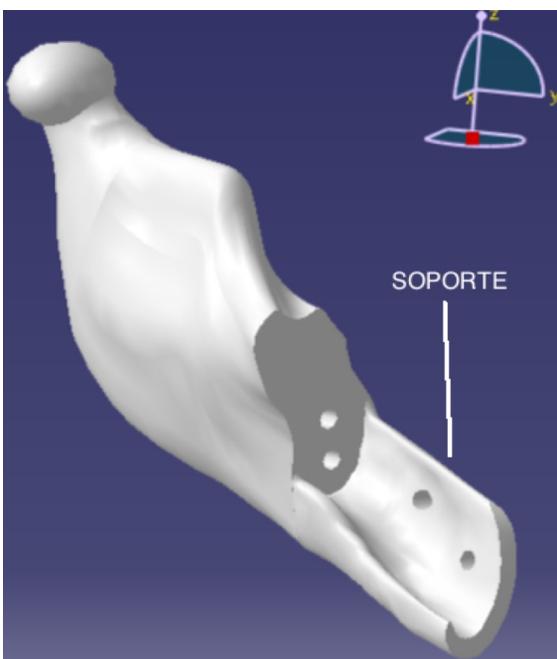


Fig. 15. Elemento de reconstrucción de la rama.

En el diseño mostrado en las figuras 15 y 16 se indica un elemento con el nombre de soporte, el cual tiene un espesor promedio de 3 mm y cumple con las siguientes funciones:

1. Proporciona apoyo estructural extra a la prótesis de la rama modelada.
2. Brinda mayor estabilidad una vez montada al cuerpo de la mandíbula, ya que se amolda completamente a mandíbula abrazándola.

3. Contiene orificios para tornillos para una mejor fijación.

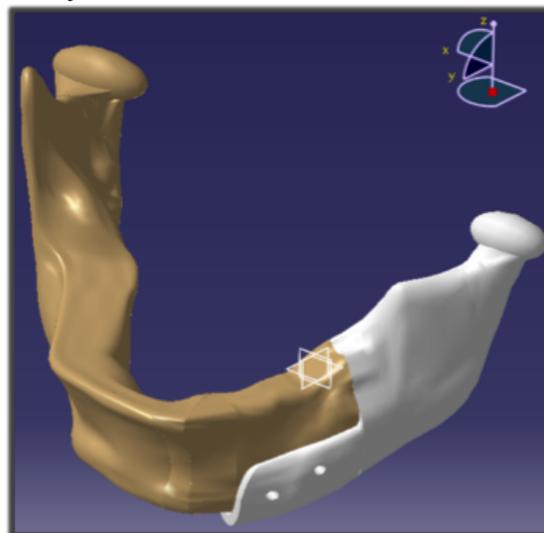


Fig. 16. Isométrico de total adaptación de prótesis con la mandíbula.

5. Conclusiones

El presente trabajo es una buena alternativa cuando se trata de modelar superficies en donde solo se tienen algunas referencias en geometrías "stl", y aunque los resultados pueden ser similares si se realizan por medio de otros programas y otros procedimientos [24, 25], la diferencia de este método radica en la creación de superficies aun cuando no exista continuidad en el modelo de estereolitografía, pudiendo así manipular la región afectada como se considere necesario para cumplir con los requerimientos estéticos y estructurales que el paciente reclame. Por ejemplo, el elemento llamado "soporte" que se incluyó en el diseño de la prótesis, el cual, da estabilidad y soporte al modelo ya que se adapta al cuerpo mandibular abrazándolo y sirve como un punto más de fijación para evitar que se mueva.

Por otra parte, los resultados obtenidos por el presente trabajo, cumplen con los requerimientos que el Cirujano Maxilofacial demanda, como resultado de la flexibilidad de trabajar con superficies pudiéndose así modificar y manipular hasta llegar al resultado deseado.

Referencias

- [1] Heidi Huber and Stephan P Studer. Materials and techniques in maxillofacial prosthodontic rehabilitation. *Oral and*

- maxillofacial surgery clinics of North America, 14(1):73–93, 2002.
- [2] James C Lemon, Sudarat Kiat-amnuay, Lawrence Gettleman, Jack W Martin, and Mark S Chambers. Facial prosthetic rehabilitation: preprosthetic surgical techniques and biomaterials. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 13(4):255–262, 2005.
- [3] Fu-Chan Wei, Chee-Seng Seah, Yuh-Chyung Tsai, Shyh-Jann Liu, and Min-Shiu Tsai. Fibula osteoseptocutaneous flap for reconstruction of composite mandibular defects. *Plastic and reconstructive surgery*, 93(2):294–304, 1994.
- [4] Mark L Urken, Andrew G Bridger, Karen B Zur, and Eric M Genden. The scapular osteofasciocutaneous flap: a 12-year experience. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 127(7):862–869, 2001.
- [5] David D Jewer, J Brian Boyd, Ralph T Manktelow, Ronald M Zuker, Irving B Rosen, PJ Gullane, Lome E Rotstein, and Jeremy E Freeman. Orofacial and mandibular reconstruction with the iliac crest free flap: a review of 60 cases and a new method of classification. *Plastic and reconstructive surgery*, 84(3):391–403, 1989.
- [6] Harald Schöning and Rüdiger Emshoff. Primary temporary ao plate reconstruction of the mandible. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 86(6):667–672, 1998.
- [7] K Yagihara, S Okabe, J Ishii, T Amagasa, M Yamashiro, S Yamaguchi, S Yokoya, T Yamazaki, and Y Kinoshita. Mandibular reconstruction using a poly (l-lactide) mesh combined with autogenous particulate cancellous bone and marrow: a prospective clinical study. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 42(8):962–969, 2013.
- [8] JH Lee, MJ Kim, WS Choi, PY Yoon, KM Ahn, H Myung, SJ Hwang, BM Seo, JY Choi, PH Choung, et al. Concomitant reconstruction of mandibular basal and alveolar bone with a free fibular flap. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 33(2):150–156, 2004.
- [9] M.M. Hatamleh, C. Haylock, J Watson, and D.C. Watts. Maxillofacial prosthetic rehabilitation in the uk: a survey of maxillofacial prosthodontists’ and technologists’ attitudes and opinions. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 39(12):1186–1192, 2010.
- [10] N. Camacho-Tapia, J. A. Beltrán-Fernández, M. Gonzalez-Rebattú, L. H. Hernández-Gómez, P. Moreno-Garibaldi, and et.al. Numerical study in biomodels of maxillofacial prosthesis (cancer and osteonecrosis cases). In *Design and Computation of Modern Engineering Materials*, pages 59–72. Springer, 2014.
- [11] Mathew Reynolds, Michael Reynolds, Samer Adeeb, and Tarek El-Bialy. 3-d volumetric evaluation of human mandibular growth. *The open biomedical engineering journal*, 5:83, 2011.
- [12] Jorge Tedaldi, Roselyn Calderón, Lesbia Mayora, O Quirós, M Farias, S Rondón, and H Lerner. Tratamiento de maloclusiones según el estadio de maduración carpal. revisión bibliográfica. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría [en línea]*, 2007.
- [13] Erin M Wilson and Jordan R Green. The development of jaw motion for mastication. *Early human development*, 85(5):303–311, 2009.
- [14] Larry M Wolford and Pushkar Mehra. Custom-made total joint prostheses for temporomandibular joint reconstruction. *Proceedings (Baylor University. Medical Center)*, 13(2):135, 2000.
- [15] World record academy, 2012.
- [16] Eduardo Romo-Escalante. Diseño y manufactura de prótesis parcial de maxilar inferior para paciente con anquilosis temporomaxilar y malformaciones de rama. Technical report, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Ciudad de México. Reporte de Proyecto Integrador., 2012.
- [17] JA Beltrán-Fernández, LH Hernández-Gómez, Edgarlc Ruiz-Muñoz, A González-Rebattú, RG Rodríguez-Cañizo, G Urriolagoitia-Calderón, G Urriolagoitia-Sosa, and H Hernández-Moreno. Biomechanical evaluation of a corporectomy in porcine lumbar specimens using flexible polymer belts. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 181, page 012015. IOP Publishing, 2009.
- [18] J Beltrán et al. Assessment of the structural integrity of c3–c5 cervical porcine vertebrae model based on 2-d classic cad, 3-d scanner and 3-d computed tomography. *Analysis and Design of Biological Materials and Structures*, 1, 2010.
- [19] Juan Alfonso Beltrán-Fernández, Mauricio González Rebattú y González, Luis Héctor Hernández-Gómez, Alejandro Gonzalez Rebatú y González, and Guillermo Urriolagoitia Calderón. Biomechanical prosthesis design of an orbicular cranial cavity. In *Advances in Bio-Mechanical Systems and Materials*, pages 87–94. Springer, 2013.
- [20] J. A. Beltrán-Fernández, E. Romo-Escalante, F. López-Saucedo, P. Moreno-Garibaldi, L. H. Hernández-Gómez, G. Urriolagoitia-Calderón, and N. Camacho-Tapia. Biomechanical assembled prosthesis of a temporo mandibular joint disorder using biocompatible materials. In *Design and Computation of Modern Engineering Materials*, pages 135–146. Springer, 2014.
- [21] P Moreno. Diseño y manufactura de una prótesis de maxilar inferior para pacientes con anquilosis temporomandibular lateral. Master’s thesis, Instituto Politécnico Nacional, 2014.
- [22] Cis. (n.d.). superficies y alambres.
- [23] Juan Alfonso Beltrán. *Análisis Numérico de las Cervicales C3-C7 Asociado al Problema del Latigazo Cervical*. PhD thesis, Instituto Politécnico Nacional, 2007.
- [24] Y Espinal. Evaluación biomecánica de la integridad estructural en dientes molares. Master’s thesis, Instituto Politécnico Nacional, 2011.
- [25] L. M Valverde. Diseño y optimización de un espaciador interespinoso para el tratamiento de artrosis facetaria. Master’s thesis, Instituto Politécnico Nacional, 2013.