

Elaboración de un nuevo tipo de guías quirúrgicas para implantes dentales mediante impresión 3D

Elaboration of a new type of surgical guidelines for dental implants through 3D printing

Jefferson Henao¹
Jhoan Sebastián Ramos²
Carlos H. Valencia^{3*}
Ivonne Adams⁴
Carlos Alberto Rico⁵
Juan Manuel Escandón⁶
Daniela Echeverri-Cárdenas⁷

¹Colombiano. Tecnólogo en Mecánica Dental. Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia. E-mail: jeffersonhenao0411@gmail.com

²Colombiano. Tecnólogo en Mecánica Dental. Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia. E-mail: sebas.ramos_14@hotmail.com

³Colombiano. PhD. en Ciencias Biomédicas. Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia, Grupo de Investigación BEO. Autor de correspondencia: carlos.valencia12@usc.edu.co

⁴Colombiana. MsC. en Derecho Médico. Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia. E-mail: ivoneadams@usc.edu.co

⁵Colombiano. Licenciado en Educación, Especialista en Educación Ambiental. Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia. E-mail: carlosalbertoricoc@yahoo.com

⁶Colombiano. MsC. en Ciencia y Tecnología de Polímeros. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Cali Colombia. E-mail: jmescondon@misena.edu.co

⁷Colombiana. Ingeniera de Diseño de Producto. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Cali Colombia. E-mail: danaeca@gmail.com

Recibido: 25- 09 - 2017 Aceptado: 10-05-2018

Resumen

Las guías quirúrgicas son dispositivos biomédicos indispensables para la inserción adecuada de los implantes dentales; actualmente se dispone de 2 tipos de guías: las “restrictivas” y las “no restrictivas”, siendo las primeras las que brindan un mayor grado de estabilidad y exactitud, pero a un costo muy elevado. En este trabajo se propone la elaboración de un nuevo tipo de guía que combina una determinación protésica y la incorporación de información tomográfica con técnicas de impresión 3D para obtener un dispositivo con buen ajuste y adecuada exactitud, pero a un menor precio. El producto obtenido fue elaborado en ácido poliláctico y mostró unas buenas propiedades de adaptación, rigidez y estabilidad lo que puede garantizar un buen desempeño clínico. Si bien las guías convencionales son muy económicas presentan problemas de estabilidad que comprometen la seguridad del procedimiento quirúrgico y por lo tanto la salud del paciente; con la técnica propuesta se puede obtener una guía quirúrgica precisa, estable y a un precio razonable conservando los principios de la predeterminación protésica y asegurando que los procedimientos quirúrgicos sean adecuados y seguros. La elaboración del dispositivo mediante impresión 3D a partir de una predominación protésica es técnicamente viable, sin mayores complejidades técnicas y podría ser una alternativa real a las guías restrictivas las cuales aún son demasiado complejas y costosas.

Palabras clave: Prototipeado; ácido poliláctico; biodispositivo; odontología; implantología.

Cómo citar: Henao, J., Ramos, J. S., Valencia, C. H., Adams, I., Rico, C. A., Escandón, J. M., Echeverri-Cárdenas, D. (2018). Elaboración de un nuevo tipo de guías quirúrgicas para implantes dentales mediante impresión 3D. *Informador Técnico*, 82(1), 78-89. doi: <http://doi.org/10.23850/22565035.1005>

Abstract

Surgical guides are essential biomedical devices for the proper insertion of dental implants; there are two types of guides, a “restrictive” and “non-restrictive” these are currently available in the dental field, the first one provides a great degree of stability and accuracy, but at a very high cost. This paper proposes the development of a new type of guide that combines a prosthetic determination and the incorporation of tomographic information with 3D printing techniques to obtain a device with good fit and adequate accuracy but at a lower price. The product obtained was elaborated in polylactic acid and showed good adapting properties, rigidity and stability which would guarantee a good clinical performance. Even though conventional guides are very economical, they present a lot of stability problems that compromises the security of the surgical procedure and therefore patient’s health; with the proposed technique an accurate, stable and reasonably price surgical guide can be obtained keeping the principles of prosthetic predetermination and ensuring that surgical procedures are adequate and safe. The manufacturing of devices through 3D printing from a from predominance of the prosthesis is technically viable, without major technical complexities and could be a real alternative to restrictive guides which are still too complex and expensive.

Keywords: Prototipeado; polylactic acid; biodispositive; dentistry; implantology.

Introducción

La rehabilitación protésica dental implanto soportada es un procedimiento cada vez más solicitado por los pacientes debido a sus altas tasas de éxito (Gómez de la Mata Galiana, Lora-Vázquez, Gómez de la Mata Galiana y Gutiérrez-Pérez 2006), se calcula que solo en los Estados Unidos de América se colocan alrededor de 5 millones de implantes al año (Boyce y Klemmons, 2015).

Una guía diagnóstica y/o quirúrgica es un dispositivo biomédico que permite la preparación de los alveolos quirúrgicos y la inserción controlada de los implantes dentales respetando las estructuras anatómicas y garantizando que la futura rehabilitación sea adecuada.

El éxito de la inserción y de la posterior rehabilitación de los implantes depende principalmente de una correcta planificación, la cual se realiza a partir de una predeterminación (Argüello, 2013); en pacientes parcialmente edéntulos, la predeterminación se basa en un encerado diagnóstico y en pacientes totalmente edéntulos en un enfilado o una réplica de la prótesis que está usando, si esta cumple con criterios funcionales y estéticos adecuados (Oh y Saglik, 2008).

Una vez elaborada la predeterminación, en el caso del enfilado se realizan algunas pruebas clínicas para evaluar la línea de sonrisa, el soporte labial, la expresión facial y la altura intermaxilar; si se determina clínicamente que la predeterminación cumple con las expectativas se procede a elaborar la guía de diagnóstico cuyo fin será determinar la relación entre la base ósea y los perfiles de tejido blando y duro en relación con implantes, posteriormente se adaptará para servir como guía quirúrgica en la orientación y posicionamiento de los implantes dentales (Biotti y García, 2014).

La guía es esencial para contrastar la información obtenida mediante un estudio tomográfico con una predeterminación protésica elaborada con base en unos hallazgos clínicos y a la proyección de los parámetros de la rehabilitación, permitiendo tanto la planificación quirúrgica como la protésica (Matta, Bergauer, Adler, Wichmann, y Nickenig, 2017), en lo quirúrgico la principal función de la guía es permitir el correcto posicionamiento tridimensional del implante en la estructura ósea (Volpato, Vasconcellos, Garbelotto, Manfro, y Özcan, 2013).

En general, las guías de diagnóstico y quirúrgico deben poseer unas propiedades de rigidez, estabilidad y precisión para garantizar la exactitud y seguridad durante los procedimientos de inserción de los implantes (De Kok, Thalji, Bryington, y Cooper, 2014); idealmente les corresponde tener incorporados marcadores radiopacos, ser retentivas y estables intraoralmente, confortables, esterilizables y compatibles con la técnica tomográfica (De Kok, *et al.*, 2014).

La estabilidad de la guía en pacientes parcialmente edéntulos se consigue incorporando los dientes remanentes vecinos, por ejemplo Shotwell, Billy, Wang, y Oh (2005), proponen una guía sencilla elaborada con resina foto polimerizable que utiliza como soporte los dientes vecinos a la zona edéntula; pero en pacientes totalmente edéntulos la estabilidad se torna crítica por problemas de movilidad, para garantizar el correcto posicionamiento y estabilidad durante los procedimientos quirúrgicos es posible utilizar como soportes implantes dentales que hayan sido colocados previamente (Zandinejad, Abdel-Azim, Lin, y Morton, 2013) o minitornillos quirúrgicos o de osteosíntesis para fijar lateralmente el dispositivo (Cassetta, Mambro, Giansanti, Stefanelli, y How, 2014).

Tipos de guía

Las guías quirúrgicas pueden clasificarse de acuerdo con la limitación o restricción que ofrezcan durante el momento de la preparación quirúrgica o de acuerdo con la técnica de fabricación.

De acuerdo con la restricción pueden ser no restrictivas, semirrestrictiva o restrictivas. La no restrictiva le indica al cirujano la posición de los implantes en relación con la prótesis, impide mayor control sobre dirección o profundidad de fresado lo que puede ocasionar errores de angulación, falta de paralelismo o compromiso de estructuras anatómicas. El tipo semirrestrictiva incorpora un tubo guía que corresponde a la fresa inicial de la preparación pero el cirujano deberá continuar a mano alzada con el protocolo quirúrgico lo que también puede ocasionar complicaciones, mientras que la restrictiva limita las posiciones vestibular o lingual y posee topes de profundidad lo que lleva a que las preparaciones serán exactas y de acuerdo con la planificación (Stumpel, 2008).

Las guías restrictivas y semirrestrictivas pueden obtenerse a partir del duplicado de encerados o enfilados diagnósticos, pero también es posible utilizar prótesis preexistentes, si presentan similitud con la proyección protésica propuesta, en cualquier caso se les debe incorporar marcadores radiopacos (De Kok *et al.*, 2014).

Dependiendo de la técnica de fabricación la guía podrá ser de dos tipos: Guía clásica o de laboratorio y guía diseñada por computador o CAD-CAM.

Guía clásica o de laboratorio

Este es el tipo de guía más común, originalmente se diseñó para permitir establecer la relación entre la predeterminación y el reborde óseo sin ser muy precisa, pero ha sufrido múltiples modificaciones como la incorporación de tubos guías en los sitios de las perforaciones en un diámetro que corresponda a la primera fresa, siendo considerada como una guía semirrestrictiva o semiestricta (Melej, Ibañez, y Ilic, 2011).

En las guías se pueden realizar algunas modificaciones como la eliminación de la porción vestibular o lingual / palatino de la zona de la preparación (guías de rielera) para mejorar la visibilidad, garantizar el paralelismo y disminuir la temperatura intraósea durante la preparación al disminuir la fricción y mejorar la irrigación (Akça, Iplikçioğlu, y Çehreli, 2002); o la incorporación de pines de paralelismo para orientar el posicionamiento de la fresa durante el procedimiento quirúrgico (Patras, Martin, y Sykaras, 2012).

Estos dispositivos normalmente se elaboran a partir de una lámina de acetato termoplástico aplicada al vacío sobre un duplicado en yeso de la predeterminación protésica y reforzada con polimetil metacrilato (PMMA) transparente, pero existen materiales alternativos como la resina fotopolimerizable tipo Triad®, (Shotwell *et al.*, 2005).

Para visualizar radiográficamente la proyección de los dientes en relación con el reborde óseo, a la guía, se le incorporan unos marcadores radiopacos en los sitios donde irían los implantes; los más frecuentemente utilizados son balines y tubos metálicos, gutapercha y sulfato de bario (Scherer y Roh, 2015); adicionalmente Zahran y Fenton (2010) propusieron utilizar como marcador una silicona radiopaca (Vinil polixilosano) con el fin de identificar los contornos de la rehabilitación y su relación con el reborde óseo.

De los materiales radiopacos utilizados, los balines metálicos son los menos recomendados ya que solo actúan como un marcador de posición dificultando determinar la trayectoria del futuro implante, mientras que los tubos y la gutapercha cumplen con su función de servir de guía y permitir determinar trayectorias (Almog, Torrado, Moss, Meitner, y LaMar, 2002).

Las principales ventajas de este tipo de guía son su bajo costo y facilidad de elaboración pero presenta como desventaja la incapacidad para garantizar una buena estabilidad y precisión (Madriz y Martín, 2009) además, la relación entre las estructuras anatómicas y la misma guía no es muy exacta (Orentlicher, Goldsmith, y Abboud, 2012).

Guía diseñada por computador (CAD-CAM)

El desarrollo de programas para manejar la información tomográfica permitió el surgimiento del concepto “Cirugía implantológica guiada por computador”, lo cual consiste en la realización precisa de un plan de tratamiento a partir de una tomografía axial computarizada y una predeterminación protésica, puesto que proporciona un conocimiento exacto de la anatomía de la zona y la posibilidad de diseñar la posición de los implantes, además mediante la fabricación de dispositivos de guía personalizados, la transferencia de esta información al paciente permite protocolos mínimamente invasivos y rehabilitaciones precisas (Carlevaris y Armijo, 2013).

Al igual que en los otros tipos de guías se parte de una predeterminación protésica que es escaneada y complementada con la información tomográfica para elaborar un dispositivo que es anclado al hueso maxilar para permitir la inserción de los implantes y la instalación de la rehabilitación, el cual es elaborado mediante técnicas de prototipeado rápido (Marchack, Charles, y Petterson, 2011).

Mediante la utilización de un software la información capturada por el escáner se procesa para determinar las posiciones y dimensiones del implante en relación con los niveles óseos de anchura y altura, esto va a permitir elaborar una guía que va a transferir al paciente en forma muy precisa la posición de los implantes (Turbush y Turkyilmaz, 2012) y proyectar en el mismo momento la rehabilitación protésica planeada, de esta forma la técnica concede una visualización de las tres estructuras que son relevantes en la planeación (el hueso con los detalles anatómicos, los implantes proyectados y la prótesis propuesta), (Sanna, Molly, y van Steenberghe, 2007).

La combinación de las imágenes volumétricas del hueso con la información obtenida mediante el escaneo de la predeterminación protésica, permite realizar guías quirúrgicas prototipeadas mediante mecanizado CNC o impresión 3D que incorporan imágenes de implantes posicionados virtualmente en forma muy realista (Ganz, 2015), con las formas y dimensiones de numerosas marcas comerciales lo que lleva a procedimientos quirúrgicos y rehabilitadores muy seguros, debido a que se da una verdadera integración entre la información tomográfica, el plan quirúrgico y el plan protésico (Greenberg, 2015).

A pesar de su alto costo y de requerir un proceso de planificación detallado y preciso, las guías CAD- CAM son consideradas el Gold estándar debido a que son restrictivas, es decir, solo permiten el paso de fresas con un diámetro y longitud exactos, lo cual garantiza la seguridad del procedimiento, igualmente facilitan los procedimientos quirúrgicos, disminuyen el tiempo intraquirúrgico, son estables y permiten procedimientos menos invasivos (Molina *et al.*, 2013; Narayanan, Vernekar, Kuyinu, y Laurencin, 2016).

Técnicas de prototipeado rápido en biomédica

Las técnicas de prototipeado rápido (PR) fueron un aporte de las Ingenierías a las ciencias de la salud, el prototipeado biomédico surgió a fines de la década de 1980, inicialmente con fines didácticos (Nogueira, Alencar, Roque-Torres, y Groppo, 2015) pero pronto fue utilizado en la planificación y realización de procedimientos quirúrgicos.

El prototipeado rápido incluye diferentes técnicas como la litografía estereoscópica (SLA), la sinterización selectiva por láser (SLS), el modelado por deposición fundida (FDM), fabricación de objetos laminados (LOM) y los sistemas basados en

inyección de tinta e impresión tridimensional (3DP), entre otros, que se pueden clasificar como técnicas aditivas, sustractivas y aditivas / sustractivas (Banoriya, Purohit, y Dwivedi, 2015).

La impresión 3D es una técnica aditiva, fue desarrollada por Hideo Kodama del Nagoya Municipal Industrial Research Institute en 1981, presenta la ventaja de permitir construir formas complejas, incluyendo estructuras huecas y actualmente permite el empleo de diversos materiales metálicos o poliméricos (Kaye, Goldstein, Zeltsman, Grande, y Smith, 2016).

La técnica de impresión se basa en la obtención de un modelo virtual mediante el escaneo de un objeto o por modelado 3D, para posteriormente materializar el objeto mediante la adición de un material capa a capa; en el área biomédica se utilizan principalmente 3 sistemas de sinterización selectiva por láser (SLS), el modelado de deposición por fusión y la impresión por chorro de tinta (Martelli *et al.*, 2016).

El SLS utiliza un láser para fusionar selectivamente las partículas de material durante la construcción del objeto; el modelado de deposición fundida, se basa en el mismo principio que la impresión bidimensional clásica y construye el objeto depositando capas de pequeñas perlas de material; mientras que la impresión por inyección de tinta utiliza un cabezal de impresión que deposita tinta térmica u otro material para formar el objeto (Martelli *et al.*, 2016).

Los principales materiales utilizados actualmente para la impresión 3D son polímeros termoplásticos como el acrilonitrilo buta - dieno estireno (ABS), el ácido poliláctico (PLA), la poliamida (PA), el policarbonato (PC), así como materiales poliméricos termoendurecibles como las resinas epoxicas (Wang, Jiang, Zhou, Gou, y Hui, 2017).

Técnica propuesta

En este artículo se presenta un nuevo método para elaborar guías quirúrgicas de bajo costo incorporando una predeterminación protésica y tecnología 3D para convertir la guía de diagnóstico en una guía quirúrgica rígida y precisa, utilizando como material termoplástico ácido poliláctico (PLA).

Este trabajo se realizó en dos fases: la de diseño y la de prototipeado.

Descripción clínica del paciente

Se trata de un paciente totalmente edéntulo portador de una prótesis total, al cual se le realizó la evaluación preprotésica:

- Evaluación de los principios de soporte labial
- Análisis de la línea de sonrisa
- Medición de dimensión vertical
- Estudio de los perfiles faciales y estética

Una vez realizado el examen se determinó que era viable utilizar la prótesis como predeterminación protésica, lo cual es un procedimiento usual (De Kok *et al.*, 2014).

Elaboración de la guía de diagnóstico

Se duplicó la predeterminación protésica (encerado o enfilado), en este caso a la prótesis del paciente se le tomó una impresión en alginato y se procedió a elaborar un duplicado mediante el vaciado en polimetilmetacrilato (PMMA) de auto curado, para obtener un modelo acrílico (Figura 1).

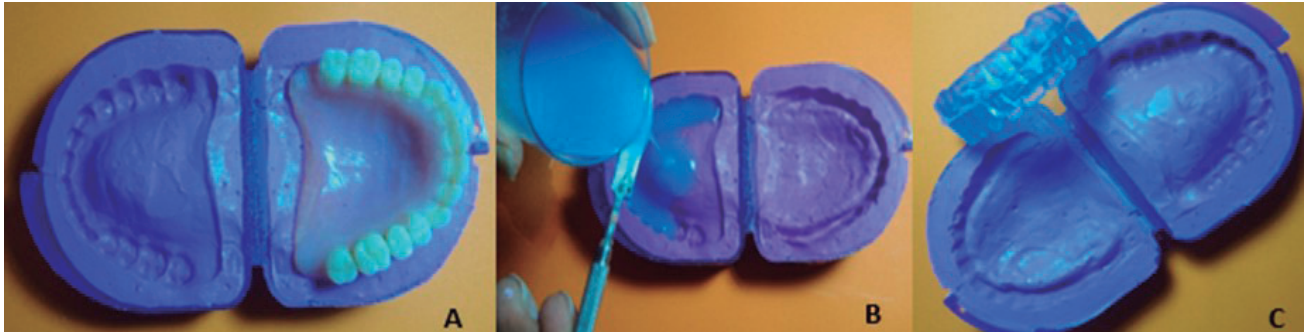


Figura 1. Proceso de duplicado de la prótesis. A: Duplicado; B: Vaciado con polimetilmetacrilato (PMMA); C: Obtención del duplicado de la prótesis.

Fuente: Los autores

Se realizaron perforaciones en el modelo acrílico, en las zonas correspondientes a los dientes donde se propuso colocar los implantes; en este punto hay que tener en cuenta que normalmente el número de implantes dependerá del tipo de rehabilitación planeada, para una rehabilitación fija se recomiendan de 6 a 8 y para una removible (sobre dentadura) 3 o 4 implantes, preferiblemente ferulizados, en este caso se seleccionaron varios sitios (Figura 2).



Figura 2. Guía diagnóstica en PMMA con los marcadores radiopacos en las zonas propuestas para colocar los implantes.

Fuente: Los autores

Verificación clínica de la guía y solicitud de examen tomográfico

Se verificó en el paciente la estabilidad relativa del dispositivo; no fue necesario pero sí es relevante se puede realizar una readaptación *in situ* con PMMA o con una silicona para rebases, y se solicita la realización del examen tomográfico con la guía en posición, (Figura 3).



Figura 3. Examen tomográfico. A: Guía en PMMA colocada en el paciente.

Fuente: Los autores

Revisión de la información tomográfica y reposicionamiento de la posición de los implantes

Si la evidencia tomográfica indica el reposicionamiento de las zonas donde van a estar los implantes se determinan las nuevas posiciones en la tomografía y se trasladan a la guía realizando nuevas perforaciones.

Elaboración de la guía quirúrgica 3D

Una vez determinadas las posiciones definitivas de los implantes se procede a escanear la guía en PMMA para obtener un duplicado en ácido poliláctico (PLA) mediante impresión 3D.

La guía se cubrió con una pintura blanca radiopaca, ya que genera mayor contraste con la base y resalta detalles de la pieza, logrando que el escáner 3D capturara con mayor precisión las formas y texturas del producto. Posteriormente se ubicó sobre una base negra con puntos reflectivos que funcionan como targets de posición para el escaneo, los cuales al mismo tiempo se ubicaron en la guía en puntos estratégicos (Figura 4).

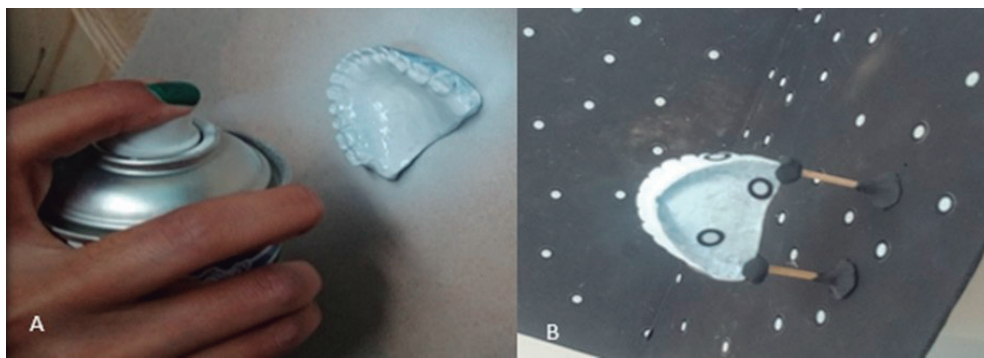


Figura 4. Determinación de los targets de posición.
Fuente: Los autores

Se procedió a escanear el dispositivo utilizando un Handy Scan 3D para obtener la representación digital de la guía a la resolución más alta (0,2 mm) (Figura 5).

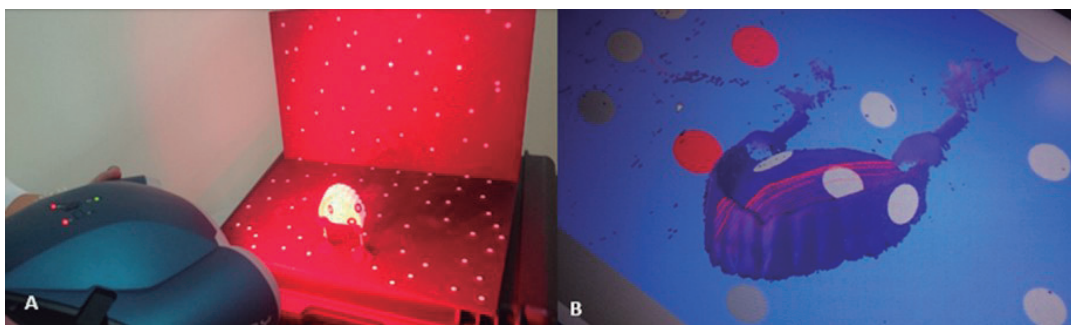


Figura 5. Proceso de escaneo de la guía de diagnóstico.
Fuente: Los autores

Una vez obtenida la representación digital en forma de malla poligonal se procedió a realizar un refinamiento de malla utilizando el software Rapidform XOR3 llegando a una generación de la superficie preliminar, la cual posteriormente se pulió en el software SolidWorks 2013, donde se obtuvo el sólido definitivo de la guía.

Para finalizar el proceso de prototipeado se exportaron el modelo 3D de la guía y por último se generó el código G para imprimirla en PLA con la impresora 3D Prusa Tairona a una resolución de 0,1mm, (Figura 6).

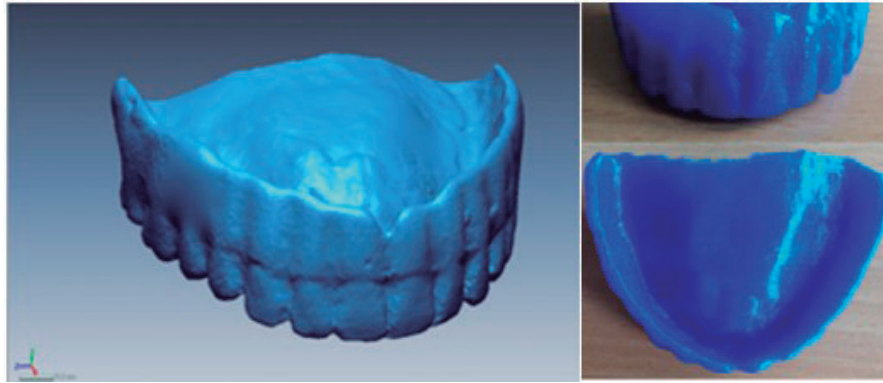


Figura 6. Refinamiento de superficies y obtención de la impresión tridimensional.
Fuente: Los autores

Finalmente, al producto terminado se le realizaron las perforaciones en las zonas donde irían los implantes, se le adaptaron tubos guías en acero grado médico para convertirla en semirrestrictiva y se adaptaron las guías laterales para garantizar la estabilidad durante los procedimientos quirúrgicos, (Figura 7).

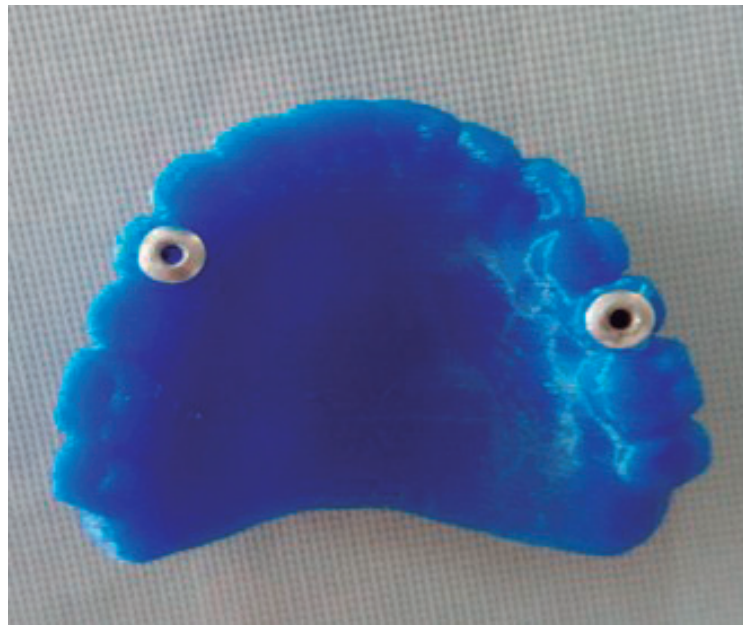


Figura 7. Guía impresa con 2 tubos guía en posición y 2 marcadores laterales para tornillos de osteosíntesis.
Fuente: Los autores

Discusión

La guía para implantes tipo férula termoplástica es de las más utilizada debido a su bajo costo y facilidad de fabricación, sin embargo presenta problemas como falta de rigidez lo que influye en la adaptación y dependiendo del medio de contraste utilizado puede ser difícil establecer una buena relación entre la predeterminación protésica y el reborde óseo, algunos autores como Zahran y Fenton (2010) han propuesto cambiar el medio de contraste por una silicona radiopaca, sin embargo en este trabajo la utilización de gutapercha en barras con una buena condensación permitió tener una buena visión del eje de inserción de los futuros implantes como se puede apreciar en la figura 3 B.

En una revisión realizada por Boyce y Klemons (2015), entre las principales complicaciones relacionadas con guías quirúrgicas están: fractura de la guía, falta de estabilidad, aumento de la temperatura durante la preparación intraósea y disminución de la visibilidad.

Misir, Sumer, Yenisey y Ergioglu (2009) compararon la generación de calor durante las preparaciones quirúrgicas con y sin guía quirúrgica encontrando diferencias significativas, sin embargo es aceptado que el uso de una guía disminuirá los riesgos inherentes al procedimiento (Aljadi, Thompson, Izumi, y Ziebert, 2011) proponen un diseño de guía semirrestrictiva que combina el de rielera con la incorporación de tubos guías, lo que permitiría la preparación inicial en forma precisa (usando los tubos) y la disminución del calor por fricción en la etapa final de la preparación al utilizar una rielera lingual.

La falta de la estabilidad de la guía es considerado uno de los factores de riesgo más importantes influyendo directamente en la concordancia o no entre la posición de los implantes y la rehabilitación, en un intento por controlar este factor se ha llegado a proponer el uso de minimplantes para soportar la guía en rebordes mucosos o poco estables (Simon, 2002), o de topes oclusales para verificar la posición correcta de la guía durante las preparaciones (Briccoli, Barone, y Clauser, 2012).

Si se logra garantizar la estabilidad de la guía convencional, el procedimiento puede ser tan seguro como un sistema guiado por computador (Barnea, Alt, Kolerman, y Nissan, 2010), pero aun estas deberán ser fijadas al reborde óseo mediante tornillos de osteosíntesis para garantizar su exactitud (Verhamme, Meijer, Bergé, y Maal, 2015).

En un estudio realizado por Matta *et al.* (2017) encuentran que tanto la guía termoplástica (clásica) como la CAD-CAM son aptas para trasladar la información de la planeación al medio clínico, sin embargo, hay que tener en cuenta que este estudio fue realizado en pacientes parcialmente edéntulos y por lo tanto las guías fueron dentosoportadas; como ya se mencionó en pacientes sin dientes los tejidos blandos intraorales, de naturaleza móvil, no son garantía de la estabilidad de la prótesis y esta debe ser reforzada con algunos de los métodos ya mencionados

En el tipo de dispositivo propuesto en este trabajo se logró garantizar la exactitud de la guía a partir de una predeterminación que fue primero adaptada clínicamente y posteriormente duplicada en un material estable y resistente, por otra parte se incorporaron tubos guías para mejorar la precisión y se incluyeron anclajes intraóseos laterales con tornillos de osteosíntesis para garantizar un ajuste perfecto entre la guía y el reborde óseo.

Conclusión

Si bien las guías convencionales son muy económicas presentan problemas de estabilidad que comprometen la seguridad del procedimiento quirúrgico y por lo tanto la salud del paciente; con la técnica propuesta se puede obtener una guía quirúrgica precisa, estable y a un precio razonable conservando los principios de la predeterminación protésica y asegurando que los procedimientos quirúrgicos sean adecuados y seguros.

La elaboración del dispositivo mediante impresión 3D a partir de una predominación protésica es técnicamente viable, sin mayores complejidades técnicas y podría ser una alternativa real a las guías restrictivas las cuales aun son demasiado complejas y costosas.

Referencias

- Akça, K., Iplikcioğlu, H., y Çehreli, M. C. (2002). A surgical guide for accurate mesiodistal paralleling of implants in the posterior edentulous mandible. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(2), 233–235. doi: <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.120900>
- Aljadi, M., Thompson, G. A., Izumi, M., y Ziebert, G. J. (2011). A technique for fabricating a 2-part surgical template. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 106(1), 57–60. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)60094-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(11)60094-2)

- Almog, D. M., Torrado, E., Moss, M. E., Meitner, S. W., y LaMar, F. (2002). Use of imaging guides in preimplant tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 93(4), 483–487. doi: <https://doi.org/10.1067/moe.2002.121389>
- Argüello González, J. E. (2013). Cirugía guiada protésico-quirúrgica: Aplicación de una nueva técnica. *Tecnica Dental*, 80(80), 28–32.
- Banoriya, D., Purohit, R., y Dwivedi, R. K. (2015). Modern trends in rapid prototyping for biomedical applications. *Materials Today: Proceedings*, 2(4–5), 3409–3418. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.316>
- Barnea, E., Alt, I., Kolerman, R., y Nissan, J. (2010). Accuracy of a laboratory-based computer implant guiding system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 109(5), e6–e10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.01.001>
- Biotti Picand, J., y García Nieto, J. (2014). Técnica simplificada en la rehabilitación del desdentado. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología Y Rehabilitación Oral*, 7(1), 17–20. doi: <https://doi.org/10.4067/S0719-01072014000100004>
- Boyce, R. A., y Klemons, G. (2015). Treatment planning for restorative implantology. *Dental Clinics of North America*, 59(2), 291–304. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.10.009>
- Briccoli, L., Barone, R., y Clauser, C. (2012). A technique for fabricating a definitive immediate implant-supported prosthesis for the edentulous mandible. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 108(3), 196–199. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60148-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60148-6)
- Carlevaris, B., y Armijo, A. (2013). Precisión en cirugía guiada por ordenador. *Dental Tribune Hispanic & Latin America*, 21, 20–23.
- Cassetta, M., Mambro, A. Di., Giansanti, M., Stefanelli, L. V, y How, E. B. (2014). How does an error in positioning the template affect the accuracy of implants inserted using a single fixed mucosa-supported stereolithographic surgical guide ? *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 43(1), 85–92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2013.06.012>
- De Kok, I. J., Thalji, G., Bryington, M., y Cooper, L. F. (2014). Radiographic stents: Integrating treatment planning and implant placement. *Dental Clinics of North America*, 58(1), 181–192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2013.09.008>
- Ganz, S. D. (2015). Three-Dimensional Imaging and Guided Surgery for Dental Implants. *Dental Clinics of North America*, 59(2), 265–290. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.11.001>
- Gómez de la Mata Galiana, J., Lora-Vázquez, M., Gómez de la Mata Galiana, G., y Gutiérrez-Pérez, J. L. (2006). Planificación y rehabilitación inmediata en la cirugía mínimamente invasiva. *Rcoe*, 11(2), 221–227. doi: <https://doi.org/10.4321/S1138-123X2006000200006>
- Greenberg, A. M. (2015). Digital Technologies for Dental implant treatment planning and guided surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 27(2), 319–340. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coms.2015.01.010>
- Kaye, R., Goldstein, T., Zeltsman, D., Grande, D. A., y Smith, L. P. (2016). Three dimensional printing: A review on the utility within medicine and otolaryngology. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 89, 145–148. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.08.007>
- Madriz, G., y Martín, A. (2009). Férulas quirúrgicas en Implantología. *Cient. Dent*, 6, 165–175.

- Marchack, C. B., Charles, A., y Pettersson, A. (2011). A single appointment protocol to create a partially edentulous CAD/CAM guided surgical template: A clinical report. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 106(6), 346–349. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)00158-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(11)00158-2)
- Martelli, N., Serrano, C., Van Den Brink, H., Pineau, J., Prognon, P., Borget, I., y El Batti, S. (2016). Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: A systematic review. *Surgery (United States)*, 159(6), 1485–1500. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.12.017>
- Matta, R. E., Bergauer, B., Adler, W., Wichmann, M., y Nickenig, H. J. (2017). The impact of the fabrication method on the three-dimensional accuracy of an implant surgery template. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 45(6), 804–808. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2017.02.015>
- Melej, C., Ibañez, C., y Ilic, D. (2011). Planificación quirúrgica digital guía quirúrgica semi estricta e implantes alternativos al sistema original ABSTRACT. *Fundación Juan José Carraro*, 34, 1–13.
- Misir, A. F., Sumer, M., Yenisey, M., y Ergioglu, E. (2009). Effect of surgical drill guide on heat generated from implant drilling. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(12), 2663–2668. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.07.056>
- Molina, I. C., Molina, G. C., Bez, L., Magini, R. D. S., Ángela, C., y Volpato, M. (2013). Guided surgery in implantology practice. *Revista Odo*, 17(2), 117–122.
- Narayanan, G., Vernekar, V. N., Kuyinu, E. L., y Laurencin, C. T. (2016). Poly (lactic acid)-based biomaterials for orthopaedic regenerative engineering. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 107, 247–276. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2016.04.015>
- Nogueira, P., Alencar, B., Roque-torres, G. D., y Groppo, F. C. (2015). Utilización del prototipado rápido en la odontología. *Rev Estomatol Herediana*, 25(2), 167–174. doi: <https://doi.org/10.20453/reh.v25i2.2463>
- Oh, W. suk, y Saglik, B. (2008). A simple method to duplicate a denture for an implant surgical guide. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 99(4), 326–327. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60072-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60072-4)
- Orentlicher, G., Goldsmith, D., y Abboud, M. (2012). Computer-guided planning and placement of dental implants. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 20(1), 53–79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cxom.2011.12.004>
- Patras, M., Martin, W., y Sykaras, N. (2012). A novel surgical template design in staged dental implant rehabilitations. *J Oral Maxillofac Res*, 3(2), e5–e5. doi: <https://doi.org/10.5037/jomr.2012.3205>
- Sanna, A. M., Molly, L., y van Steenberghe, D. (2007). Immediately loaded CAD-CAM manufactured fixed complete dentures using flapless implant placement procedures: A cohort study of consecutive patients. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 97(6), 331–339. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60021-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60021-3)
- Scherer, M. D., y Roh, H. K. (2015). Radiopaque dental impression method for radiographic interpretation , digital alignment , and surgical guide fabrication for dental implant placement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(4), 343–346. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.02.022>
- Shotwell, J. L., Billy, E. J., Wang, H. L., y Oh, T. J. (2005). Implant surgical guide fabrication for partially edentulous patients. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(3), 294–297. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.12.013>
- Simon, H. (2002). Enhancing the accuracy of implant placement. *Thre Journal of Prosthetic Dentistry*, 17(2), 229–232. doi: <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.121824>

- Stumpel, L. J. (2008). Cast-based guided implant placement: A novel technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(1), 61–69. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60140-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60140-7)
- Turbush, S. K., y Turkyilmaz, I. (2012). Accuracy of three different types of stereolithographic surgical guide in implant placement: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 108(3), 181–188. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(12\)60145-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60145-0)
- Verhamme, L. M., Meijer, G. J., Bergé, S. J., y Maal, T. J. J. (2015). The use of first stage bone augmentation screws to stabilize the surgical template in the second stage. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 44(6), 781–784. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.01.010>
- Volpato, C. A. M., Vasconcellos, D. K., Garbelotto, L. G. D., Manfro, R., y Özcan, M. (2013). A modified surgical template with dual function. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(3), 232–233. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60364-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60364-9)
- Wang, X., Jiang, M., Zhou, Z., Gou, J., y Hui, D. (2017). 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. *Composites Part B: Engineering*, 110, 442–458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>
- Zahran, M. H., y Fenton, A. (2010). A radiopaque implant template for partially edentulous patients. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 103(6), 390–392. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(10\)60085-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(10)60085-6)
- Zandinejad, A., Abdel-Azim, T., Lin, W. S., y Morton, D. (2013). Fabrication of a fixed multipurpose template retained by existing dental implants. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(2), 144–146. doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60356-X](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60356-X)