

USO DE GUÍA QUIRÚRGICA ESTÁTICA DE CAMPO ABIERTO DISEÑADA DIGITALMENTE PARA LA COLOCACIÓN COMPLETAMENTE GUIADA DE IMPLANTES DENTALES. REPORTE DE CASO

Use of digitally designed open-field static surgical guide for fully guided placement of dental implants. A case report

Vernon Gabriel Narváez Mairena¹

drvernon.narvaez@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-6130-6535>

Carlos Roberto Alemán Acevedo²

craa78@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-0596-47842>

DOI: <https://doi.org/10.62407/ros.v1i1.87>

Cómo citar este artículo:

Narváez Mairena, V., G. & Alemán Acevedo, C., R. (2024). Uso de guía quirúrgica estática de campo abierto diseñada digitalmente para la colocación completamente guiada de implantes dentales. Reporte de caso. *Revista Odontológica Stomarium*, 1(1) 2024, pp. 63-74 <https://doi.org/10.62407/ros.v1i1.87>

¹ Cirujano Dentista, Universidad Americana. MCenter Prodenicsa, Clínica Dental Risorii.

² Especialista Rehabilitación Oral, Universidad Autónoma de Guadalajara. MCenter Prodenicsa, Centro de Diseño Dental.



USO DE GUÍA QUIRÚRGICA ESTÁTICA DE CAMPO ABIERTO DISEÑADA DIGITALMENTE PARA LA COLOCACIÓN COMPLETAMENTE GUIADA DE IMPLANTES DENTALES. REPORTE DE CASO

USE OF DIGITALLY DESIGNED OPEN-FIELD STATIC SURGICAL GUIDE FOR FULLY GUIDED PLACEMENT OF DENTAL IMPLANTS.
A CASE REPORT

Vernon Gabriel Narváez Mairena¹

drvernon.narvaez@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-6130-6535>



Carlos Roberto Alemán Acevedo²

craa78@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-0596-4784>



Recepción: 19 de septiembre de 2023

Aceptación: 24 de octubre de 2023

RESUMEN

La correcta posición y angulación de los implantes dentales es una de las clave del éxito para el tratamiento. En este reporte se muestra el uso de un sistema de guías quirúrgicas de campo abierto, diseñado digitalmente y fabricado de forma aditiva con impresora 3D. De las principales ventajas se permite planificar previo a la cirugía la posición del implante en sus tres dimensiones dentro del hueso alveolar, orientados protésicamente usando de referencia un encerado diagnóstico de la futura prótesis. Se facilita la colocación de provisionales inmediatos y menos ajustes en la prótesis final. Por otro lado, permite alejarse de estructuras anatómicas adyacentes que debemos evitar; como nervios, vasos sanguíneos, senos paranasales, raíces de dientes vecinos, entre otros.

Metodología: Se describe el proceso de planificación de los implantes protésicamente guiados, así como el diseño de la guía quirúrgica, para evaluar el asentamiento en boca después de su fabricación, el tiempo de la cirugía y el confort del paciente. **Resultados:** La guía quirúrgica fue impresa de forma exitosa con un asentamiento en boca adecuado. La cirugía fue mínimamente invasiva, sin colgajo. Todo el proceso se realizó en un tiempo no mayor a 35 minutos. El confort del paciente fue alto transquirúrgico y postquirúrgico. La posición final de los implantes coincide con la posición planificada digitalmente. **Conclusiones:** Se destaca que el sistema de guías quirúrgicas de campo abierto puede ser utilizado como una herramienta exitosa para la colocación adecuada de los implantes dentales; respetando los parámetros apropiados desde la planificación de los implantes (Se recomienda respetar la zona de seguridad) hasta el diseño e impresión de la guía.

PALABRAS CLAVE

Odontología digital, guías quirúrgicas, implantes dentales, diseño virtual, impresión 3D, precisión quirúrgica, mínimamente invasivo.

¹Cirujano Dentista, Universidad Americana. MCenter Prodenicsa, Clínica Dental Risorii.

² Especialista Rehabilitación Oral, Universidad Autónoma de Guadalajara. MCenter Prodenicsa, Centro de Diseño Dental.

ABSTRACT

Purpose: Correct positioning and angulation of dental implants is one of the keys to successful treatment. In this report we will show the use of an open-field surgical guide system, digitally designed and additively manufactured with a 3D printer. Among its main advantages is that it allows us to plan prior to surgery the position of the implant in its three dimensions within the alveolar bone, oriented prosthetically using a diagnostic wax-up of the future prosthesis as a reference. This facilitates the placement of immediate provisionals and fewer adjustments in the final prosthesis. On the other hand, it allows us to move away from adjacent anatomical structures that we must avoid, such as nerves, blood vessels, paranasal sinuses, roots of neighboring teeth, among others.

Methodology: We will describe the planning process of prosthetic guided implants, as well as the design of the surgical guide. We will evaluate the seating in the mouth after fabrication, surgery time and patient comfort.

Results: The surgical guide was successfully impressed with adequate seating in the mouth. The surgery was minimally invasive, with no flap. It was also of short duration, the whole process was performed in no more than 35 minutes. Patient comfort was high transoperative and postoperatively. The final position of the implants coincided with the digitally planned position.

Conclusions: We can conclude that the open-field surgical guide system can be used as a successful tool for the adequate placement of dental implants; respecting the appropriate parameters from implant planning (It is recommended to respect the safety zone) to the design and impression of the guide.

KEYWORDS

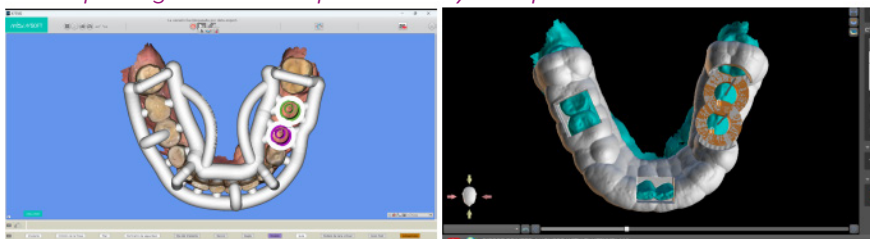
Digital dentistry, surgical guides, dental implants, virtual design, 3D printing, surgical precision, minimally invasive.

INTRODUCCIÓN

Con el gran desarrollo de la tecnología a nivel global, la era digital obtiene cada vez más protagonismo dentro de la odontología. Una de las áreas en las que hemos visto grandes avances es la implantología, con la incorporación de guías quirúrgicas estáticas diseñadas digitalmente para la correcta colocación de implantes dentales. Es importante destacar que existen dos tipos de guías estáticas; de campo abierto y campo cerrado. La diferencia entre estas la podemos apreciar en la Figura 1.

FIGURA 1.

Guías quirúrgicas de campo abierto y campo cerrado.



Nota. En la primera imagen podemos ver una guía quirúrgica de campo abierto elaborado en el software MSoft (MIS Implants & Swiss Media) y una de campo cerrado diseñada en el software BlueSky Plan 4 (BlueSky Bio Implants).

En Nicaragua la mayoría de opciones de guías quirúrgicas son de campo cerrado, diseñadas en software independientes a marcas de implantes como Exocad. Otras guías son diseñadas con el software de la marca de implantes BlueSky Bio pero se adaptan a otras marcas de implantes. En nuestro reporte utilizaremos las guías quirúrgicas MGuide, diseñadas en el software MSoft de la marca de implantes MIS. Siendo esta, la única marca a nivel nacional que cuenta con un sistema completo de planificación y colocación de implantes dentales guiados, el cual nos permite evaluar su precisión.

Actualmente, a pesar de los grandes avances tecnológicos; todavía se discute si el método tradicional de colocación a mano alzada tiene los mismos resultados. Revisiones sistemáticas recientes demuestran que no hay una diferencia estadística significativa cuando comparamos la pérdida ósea marginal, tasa de supervivencia, complicaciones biológicas y mecánicas (Yogui et al., 2021). Otros afirman que con la técnica guiada obtenemos menor estabilidad primaria (Smitkarn et al., 2019). No obstante, lo que sí podemos afirmar es que con guías quirúrgicas diseñadas digitalmente obtenemos una mejor colocación y angulación tridimensional de nuestro implante (Yogui et al., 2021; Smitkarn et al., 2019; Greenberg, 2015), aún más con los grandes avances en la tecnología que tenemos actualmente; que disminuyen el margen de error (D'haese et al., 2017). (D'haese et al., 2017). Adicionalmente Romandini et al., (2023), menciona que el tiempo de colocación de implantes disminuye significativamente.

Las guías quirúrgicas diseñadas digitalmente pueden tener dos tipos de manejo: dinámico y estático. El manejo dinámico consiste en tecnología que monitorea el movimiento. Funciona colocando marcadores en la boca del paciente y en la pieza de baja velocidad, se instalan distintas cámaras que puedan percibir estos marcadores y rastrearlos en tiempo real (Taheri et al., 2023). Después de calibrar los equipos e integrar la información obtenida de los archivos DICOM (The Data Imaging and Communications in Medicine) de la CBCT (Cone Beam Computed Tomography), el clínico puede colocar su implante viendo las 3 dimensiones del hueso haciendo correcciones si es necesario en tiempo real. Es un sistema preciso pero tiene algunas desventajas como el costo de implementación y una curva de aprendizaje considerable (Taheri et al., 2023; Panchal et al., 2019).

Por otra parte, el manejo estático en las guías quirúrgicas requiere de los archivos DICOM y modelos del paciente en formato STL (Standard Tessellation Language), que pueden ser obtenidos de forma directa con escáner intraorales o de forma indirecta utilizando escáneres de mesa y modelos de yeso (Zarone et al., 2020). Existen una gran variedad de softwares, que una vez importan los datos necesarios con la información del paciente se procede a planificar la colocación del implante tridimensionalmente usando además encerados diagnósticos de referencia, para una una ubicación guiada protésicamente (Kernen et al., 2020; Kim et al., 2022).

Según un reciente meta-análisis, una de las grandes ventajas que tenemos con estas guías estáticas CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), además de la precisión como mencionamos anteriormente, es la posibilidad de hacer tratamientos mínimamente invasivos donde colocamos implantes sin necesidad de realizar colgajos; esto resulta en un menor tiempo quirúrgico, una menor morbilidad intraoperatoria y postoperatoria (Romandini et al., 2023). Una vez planificado los implantes y diseñada la guía quirúrgica se procede a su manufactura, que puede ser aditiva con impresoras 3D o sustractiva con fresadoras (Abduo y Lau, 2020).

Los estudios demuestran que con ambos métodos obtenemos alta precisión con desviaciones clínicamente aceptables. Sin embargo, recomiendan prestar atención durante el asentamiento (Abduo y Lau, 2020; Henprasert et al., 2020; Deeb et al., 2017).

DESCRIPCIÓN DEL CASO

Paciente femenino de 58 años acude al consultorio dental debido a un fuerte dolor en una de sus piezas dentales. Se procede a realizar una historia clínica completa; durante el examen intraoral se observó la presencia de un absceso gingival en el cuadrante inferior izquierdo que fue manejado quirúrgicamente. Posteriormente se indicó una CBCT para una correcta evaluación de la lesión, durante el análisis se encontró pérdida ósea de la tabla vestibular y lesiones cariosas. Se optó por realizar exodoncia y regeneración ósea guiada como podemos observar en la Figura 1, para una futura colocación de implantes dentales.

FIGURA 2 .

Imagen obtenida de tomografía computarizada de haz de cono (CBCT)

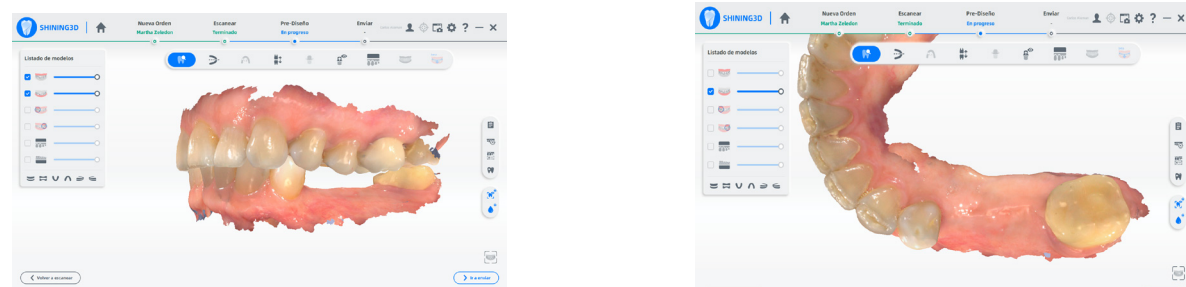


Nota. En la imagen de la izquierda podemos observar la pérdida ósea y lesiones cariosas de la pieza dental 35. Del lado derecho podemos ver el injerto óseo a 4 meses de su colocación.

Una vez transcurrido el tiempo adecuado para la integración del injerto, se empezó con la planificación de los implantes dentales. El primer paso fue realizar un escaneo intraoral; utilizamos el escáner Aoralscan 3 de Shining 3D como podemos apreciar en la figura 2. Para asegurar la mayor precisión posible se utilizó el módulo de alta definición del escáner y el protocolo descrito por Oh Kyung et al. (2020).

FIGURA 3.

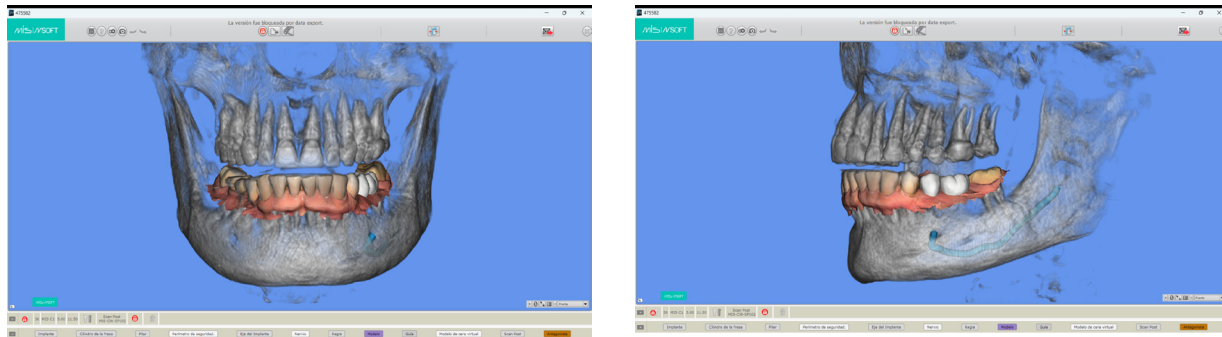
Modelos digitales utilizando el Aoralscan 3 de Shining 3D.



Nota. Se realiza un escaneo intraoral con registro de mordida bilateral para asegurar una buena relación interoclusal.

Utilizando el software de diseño de implantes dentales MIS, MSoft (Swiss Media) se entrelaza la información obtenida de los archivos DICOM del CBCT (Sistema Axios, Dentsply Sirona) y el archivo PLY de nuestro escáner intraoral (Aoralscan 3, Shining 3D Dental). Esto puede ser apreciado en la Figura 4.

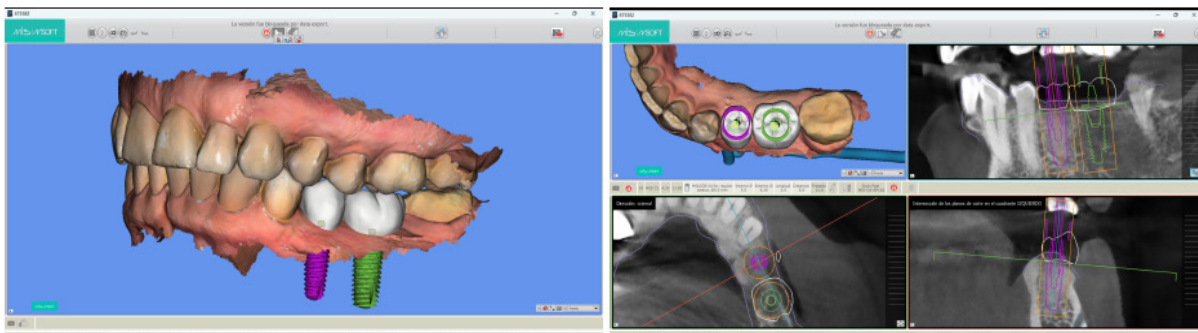
FIGURA 4.
Sistema MSoft de Swiss Media



Nota. En la imagen puede visualizarse la correcta relación entre la anatomía captada por el escáner intraoral y las proyecciones tomográficas del paciente, consiguiendo un entrelazado exacto.

Para la planificación se siguieron los parámetros ideales para una apropiada colocación tridimensional de nuestros implantes establecidos por Tarnow et al. (2003). Para este caso clínico se utilizaron implantes de conexión cónica (Sistema C1, MIS Implants) y sus kits MGuide (MIS Implants) correspondientes para una colocación completamente guiada. Se realizó un encerado diagnóstico con la finalidad de realizar una planificación de implantes guiados protésicamente, ver Figura 5.

FIGURA 5
Planificación de implantes MIS en sistema MSoft.



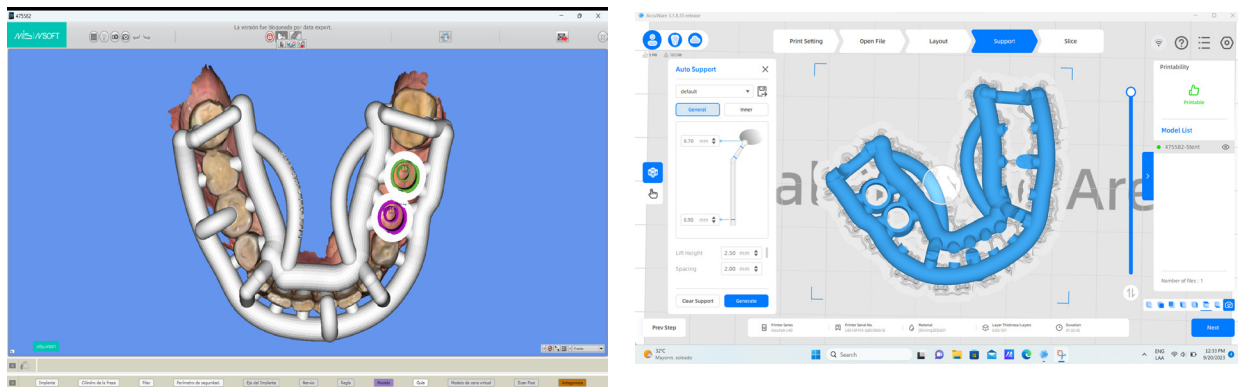
Nota. Se planifican implantes en posición 35 MIS C1 Ø: 4.20 L: 11.50 y MIS C1 Ø: 5 L: 11.50 en posición 36.

Posteriormente, se diseñó la guía quirúrgica con el MSoft (Swiss Media). Una ventaja del caso es que se logró utilizar solo soportes dentales, este escenario ideal del paciente nos permite asegurar la mayor precisión posible según Raico et al. (2017). Luego se exportó el archivo STL y fue enviado al software Accuware (Shining 3D Dental) para orientar el archivo de forma apropiada. Es importante que el intaglio de la guía esté en sentido opuesto a la plataforma y que se le coloque soportes suficientes. Con esta orientación los soportes no podrán interferir durante el asentamiento de la guía quirúrgica; además se mantuvo una orientación horizontal para asegurar la mayor precisión posible como nos relatan Tahir y Abduo (2022).

Se imprimió el archivo utilizando la impresora Accu-Fab L4D (Shining 3D Dental). Esto lo podemos apreciar en la Figura 6.

FIGURA 6.

Diseño de la guía quirúrgica dentosoportada

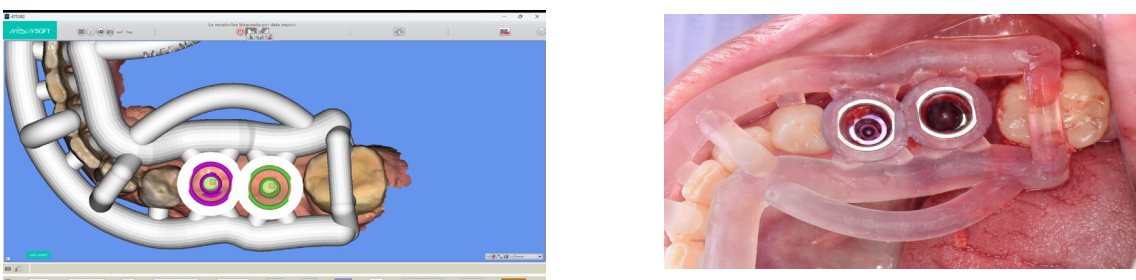


Nota. Podemos ver como la guía quirúrgica que diseñamos en MSoft puede ser exportada en formato STL y enviada al software Accuware para su orientación, creación de soportes e impresión.

Posteriormente, se realiza la cirugía. El asentamiento de la guía fue exacto, tuvo buena estabilidad y no hubo palanca durante el procedimiento de fresado. Se siguió el protocolo de fresado recomendado por la marca de implantes en el sector del 36, para el 35 se hizo un fresado biológico debido a que teníamos presencia de injerto óseo. Ver Figura 7.

FIGURA 7.

Asentamiento de la guía quirúrgica en la paciente

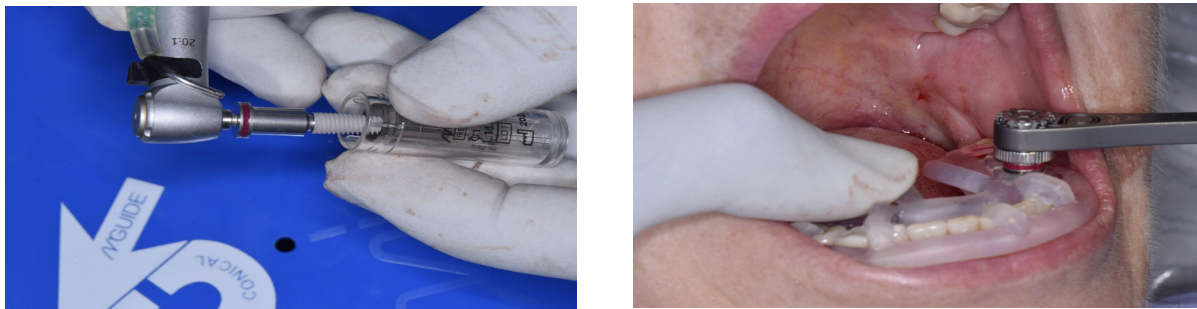


Nota. Podemos observar como el ajuste que tiene nuestro diseño digital se replica en nuestra guía ya impresa y colocada en la boca del paciente, con un asentamiento pasivo.

Una de las características más importantes del sistema MGuide de cirugía guiada de implantes MIS es que permite una secuencia completamente guiada, es decir, que desde el fresado hasta la colocación del implante utilizamos la misma guía quirúrgica. Cada fresa tiene un tope que coincide con los anillos metálicos de nuestra guía llevándonos a la inclinación y profundidad previamente planificados. De igual forma la inserción del implante, ya sea con motor, manual o con ratchet; todas las herramientas tienen un tope de control. Este tope lo podemos apreciar en la figura 8.

El implante en la posición del segundo premolar inferior izquierdo alcanzó 35 N/cm² y el implante en la posición del primer molar inferior izquierdo alcanzó 30 N/cm².

FIGURA 8.
Sistema MGuide de implantes MIS.



Nota. Se puede observar como los topes de las herramientas del kit coinciden con los anillos metálicos de la guía quirúrgica controlando profundidad y angulación.

Una vez que se terminó el procedimiento quirúrgico se colocaron pilares de cicatrización de plataforma estándar para la posición 35 y plataforma ancha para la posición 36, ver Figura 9.

La duración total de la cirugía desde la anestesia hasta su culminación no superó los 35 minutos y fue mínimamente invasiva, no fue necesario hacer colgajo. Romandini et al. (2023) menciona los grandes beneficios de este tipo de procedimientos ya que reduce el tiempo quirúrgico, mantiene la integridad de los tejidos y mejora en gran manera la experiencia de nuestro paciente durante la cirugía y en la recuperación post operatoria.

FIGURA 9
Implantes MIS C1 colocados con guía quirúrgica estática de campo abierto



Nota. Se colocaron pilares de cicatrización para crear perfiles de emergencia óptimos.

Se puede apreciar en el control radiográfico inmediato que la posición final de nuestros implantes coincide completamente con la posición y angulación planificada, como podemos observar en la Figura 10. Los implantes quedan a espera de conseguir su oseointegración para su futura rehabilitación protésica con pilares rectos Ti-Base (CS-TB001, MIS Implants) para el 35 y (MIS CW-TB001, MIS Implants) para el 36.

FIGURA 10.

Comparación de radiografía periapical y planificación en MSoft.

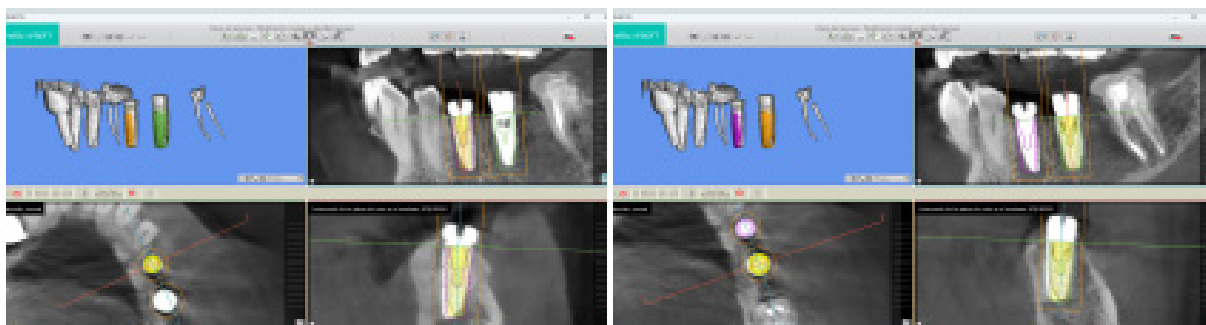


Nota. Se aprecia la similitud en posición y angulación de lo que se planificó digitalmente comparado al resultado final quirúrgico en la paciente.

Después del procedimiento quirúrgico, en citas de control se indicó un nuevo estudio tomográfico CBCT (Sistema Axios, Dentsply Sirona) ya con los implantes en proceso de oseointegración para poder evaluar realmente los resultados entre lo que se planificó digitalmente y la posición quirúrgica final.

FIGURA 11

Evaluación postquirúrgica



Nota. Utilizamos el mismo programa MSoft que nos permite conservar las coordenadas de los implantes planificados para poder evaluar con la CBCT postquirúrgica.

Podemos observar resultados excelentes, clínicamente aceptables y deseables. Las diferencias no superan los 0.6 mm, respaldando los resultados de los estudios analizados.

DISCUSIÓN

En este reporte mostramos el uso de un sistema de guías quirúrgicas de campo abierto, diseñado digitalmente y fabricado de forma aditiva con impresora 3D. Ya que nuestro objetivo era evaluar el asentamiento en boca después de su fabricación, el tiempo de la cirugía y el confort del paciente, tomamos en cuenta una variedad de factores para que la guía quirúrgica fuera fabricada de manera exitosa. Para garantizar la mayor precisión de nuestra cirugía hay algunos factores importantes que debemos considerar. Uno de los factores importantes que actúan sobre la precisión de las guías quirúrgicas es el estado de nuestro paciente, debido a que si está dentado, parcialmente edéntulo o completamente edéntulo los soportes de nuestra guía quirúrgica cambian. Se ha demostrado que las guías dentosoportadas son más precisas si las comparamos con las mucosoportadas y óseo-soportadas (Raico et al., 2017).

Por otro lado, se evaluó a pacientes parcialmente edéntulos dividiéndolos en dos categorías, el primer grupo corresponde a pacientes con dientes adyacentes al espacio edéntulo y el segundo a los que tiene brechas edéntulas con extensión distal, obteniendo mayor precisión las guías diseñadas para el primer grupo (Putra et al., 2022). Para contrarrestar estas desviaciones, otros autores demostraron que para las brechas edéntulas con extensión distal; el uso de pines de fijación intraóseos mejora la estabilidad de la guía quirúrgica trayendo como consecuencia una mayor precisión en la colocación del implante (Pessoa et al., 2022).

Otro factor a considerar, es el sistema de implantes que utilizamos para el diseño de nuestras guías impresas. Hay sistemas completamente guiados que obtienen mejores resultados que los parcialmente guiados (Yeung et al., 2020). También tenemos que tener en cuenta el tipo de impresora, principalmente la tecnología de impresión pues las tecnologías SLA (Stereolithography), DLP (Digital Light Processing) y MJ (Material Jetting) han demostrado mejores resultados, con alta precisión y colocaciones clínicamente aceptables (Abduo y Lau, 2020; Chen et al., 2019; Wegmüller et al., 2021; Rouzé et al., 2022). Por último, seguiremos los parámetros en la fabricación que demuestran mejorar la precisión. Estudios demuestran que las guías impresas tienen que ser utilizadas a la brevedad posible, pues al mes de ser fabricadas empiezan a distorsionarse (Chen et al., 2019).

De igual forma, se recomienda al momento de diseñar necesitamos guías con menor extensión, pues si nos extendemos más de lo necesario aumentamos el riesgo de distorsión del material, consecuentemente tendremos problemas de asentamiento (Rouzé et al., 2022). Es importante, tener en cuenta el grosor de capa pues afecta directamente el detalle y el tiempo de impresión; para guías quirúrgicas se recomienda un grosor de 50 μm para obtener mejores resultados (Keßler et al., 2022). Respecto al uso de anillos metálicos, podemos dispensar de ellos, pero se recomienda seguir las indicaciones del sistema de implantes. (Adams et al., 2023) Un detalle que muchas veces pasa desapercibido es que al momento de imprimir cada una de las guías se debe mantener una orientación horizontal pues aumenta su precisión (Tahir y Abduo, 2022). Se tiende a inclinar las guías dentro del slicer de impresión para que ocupen menos espacio en la plataforma, de esta forma pueden imprimir mayores cantidades. Mantuvimos una inclinación horizontal paralela a la plataforma con el intaglio en sentido opuesto para obtener mejor precisión. De esta forma garantizamos los escenarios ideales para que nuestra guía quirúrgica estática de campo abierto tuviera la mejor precisión posible.

Una vez colocados los implantes se realizó un análisis comparativo entre lo que se planeó digitalmente y los resultados finales quirúrgicos. Las diferencias que obtuvimos oscilan entre 0.4 mm y 0.6 mm en

desviaciones, si lo comparamos con el estudio realizado Smitkarn et al., (2019), muestran resultados similares donde sus desviaciones con guías quirúrgicas tenían un rango de 0.8 mm y 0.9 mm. Siendo superiores en precisión respecto a la técnica de mano alzada con desviaciones promedio de 1.3 mm y 2.2 mm.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que el sistema de guías quirúrgicas de campo abierto puede ser utilizado como una herramienta exitosa para la colocación adecuada de los implantes dentales; respetando los parámetros apropiados desde la planificación de los implantes (Se recomienda respetar la zona de seguridad) hasta el diseño e impresión de la guía. Siguiendo los parámetros de evaluación planteados en nuestro objetivo y metodología obtuvimos los siguientes resultados:

La guía quirúrgica impresa de forma exitosa con un asentamiento adecuado en boca, adaptándose correctamente a la anatomía de nuestro paciente de forma pasiva. Asimismo, se logró realizar una cirugía mínimamente invasiva, sin colgajo. Cabe destacar que la cirugía fue de poca duración, todo el proceso se realizó en un tiempo no mayor a 35 minutos. Además, la posición final de los implantes coincide con la posición planificada digitalmente.

LISTA DE REFERENCIAS

- Abduo, J., & Lau, D. (2020). Effect of Manufacturing Technique on the Accuracy of Surgical Guides for Static Computer-Aided Implant Surgery. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, (5), 931–938. <https://doi.org/10.11607/jomi.8186>
- Adams, C. R., Ammoun, R., Deeb, G. R., & Bencharit, S. (2023). Influence of Metal Guide Sleeves on the Accuracy and Precision of Dental Implant Placement Using Guided Implant Surgery: An In Vitro Study. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 32(1), 62–70. <https://doi.org/10.1111/jopr.13503>
- Chen, L., Lin, W. S., Polido, W. D., Eckert, G. J., & Morton, D. (2019). Accuracy, reproducibility, and dimensional stability of additively manufactured surgical templates. *The Journal of prosthetic dentistry*, 122(3), 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.02.007>
- D'haese, J., Ackhurst, J., Wismeijer, D., De Bruyn, H., & Tahmaseb, A. (2017). Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology 2000*, 73(1), 121–133. <https://doi.org/10.1111/prd.12175>
- Deeb, G. R., Allen, R. K., Hall, V. P., Whitley, D., 3rd, Laskin, D. M., & Bencharit, S. (2017). How Accurate Are Implant Surgical Guides Produced with Desktop Stereolithographic 3-Dimensional Printers? *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 75(12), 2559.e1–2559.e8. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.08.001>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2015.01.010>
- Henprasert, P., Dawson, D. V., El-Kerdani, T., Song, X., Couso-Queiruga, E., & Holloway, J. A. (2020). Comparison of the Accuracy of Implant Position Using Surgical Guides Fabricated by Additive and Subtractive Techniques. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College*

- of Prosthodontists*, 29(6), 534–541. <https://doi.org/10.1111/jopr.13161>
- Kernen, F., Kramer, J., Wanner, L., Wismeijer, D., Nelson, K., & Flügge, T. (2020). A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral health*, 20(1), 251. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01208-1>
- Keßler, A., Dosch, M., Reymus, M., & Folwaczny, M. (2022). Influence of 3D-printing method, resin material, and sterilization on the accuracy of virtually designed surgical implant guides. *The Journal of prosthetic dentistry*, 128(2), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.08.038>
- Kim, M. J., Jeong, J. Y., Ryu, J., Jung, S., Park, H. J., Oh, H. K., & Kook, M. S. (2022). Accuracy of digital surgical guides for dental implants. *Maxillofacial plastic and reconstructive surgery*, 44(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40902-022-00364-4>
- Oh, K. C., Park, J. M., & Moon, H. S. (2020). Effects of Scanning Strategy and Scanner Type on the Accuracy of Intraoral Scans: A New Approach for Assessing the Accuracy of Scanned Data. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 29(6), 518–523. <https://doi.org/10.1111/jopr.13158>
- Panchal, N., Mahmood, L., Retana, A., & Emery, R., 3rd (2019). Dynamic Navigation for Dental Implant Surgery. *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America*, 31(4), 539–547. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.08.001>
- Pessoa, R., Siqueira, R., Li, J., Saleh, I., Meneghetti, P., Bezerra, F., Wang, H. L., & Mendonça, G. (2022). The Impact of Surgical Guide Fixation and Implant Location on Accuracy of Static Computer-Assisted Implant Surgery. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 31(2), 155–164. <https://doi.org/10.1111/jopr.13371>
- Putra, R. H., Yoda, N., Astuti, E. R., & Sasaki, K. (2022). The accuracy of implant placement with computer-guided surgery in partially edentulous patients and possible influencing factors: A systematic review and meta-analysis. *Journal of prosthodontic research*, 66(1), 29–39. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_20_00184
- Raico Gallardo, Y. N., da Silva-Olivio, I. R. T., Mukai, E., Morimoto, S., Sesma, N., & Cordaro, L. (2017). Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clinical oral implants research*, 28(5), 602–612. <https://doi.org/10.1111/clr.12841>
- Romandini, M., Ruales-Carrera, E., Sadilina, S., Hämmerle, C. H. F., & Sanz, M. (2023). Minimal invasiveness at dental implant placement: A systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. *Periodontology 2000*, 91(1), 89–112. <https://doi.org/10.1111/prd.12440>
- Rouzé l'Alzit, F., Cade, R., Naveau, A., Babilotte, J., Meglioli, M., & Catros, S. (2022). Accuracy of commercial 3D printers for the fabrication of surgical guides in dental implantology. *Journal of dentistry*, 117, 103909. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103909>
- Smitkarn, P., Subbalekha, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2019). The accuracy of single-tooth implants placed using fully digital-guided surgery and freehand implant surgery. *Journal of clinical periodontology*, 46(9), 949–957. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13160>
- Taheri Otaghsara, S. S., Joda, T., & Thieringer, F. M. (2023). Accuracy of dental implant placement using static versus dynamic computer-assisted implant surgery: An in vitro study. *Journal of dentistry*, 132, 104487. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104487>

- Tahir, N., & Abduo, J. (2022). An In Vitro Evaluation of the Effect of 3D Printing Orientation on the Accuracy of Implant Surgical Templates Fabricated by Desktop Printer. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 31(9), 791–798. <https://doi.org/10.1111/jopr.13485>
- Tarnow, D., Elian, N., Fletcher, P., Froum, S., Magner, A., Cho, S. C., Salama, M., Salama, H., & Garber, D. A. (2003). Vertical distance from the crest of bone to the height of the interproximal papilla between adjacent implants. *Journal of periodontology*, 74(12), 1785–1788. <https://doi.org/10.1902/jop.2003.74.12.1785>
- Wegmüller, L., Halbeisen, F., Sharma, N., Kühl, S., & Thieringer, F. M. (2021). Consumer vs. High-End 3D Printers for Guided Implant Surgery-An In Vitro Accuracy Assessment Study of Different 3D Printing Technologies. *Journal of clinical medicine*, 10(21), 4894. <https://doi.org/10.3390/jcm10214894>
- Yeung, M., Abdulmajeed, A., Carrico, C. K., Deeb, G. R., & Bencharit, S. (2020). Accuracy and precision of 3D-printed implant surgical guides with different implant systems: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 123(6), 821–828. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.05.027>
- Yogui, F. C., Verri, F. R., de Luna Gomes, J. M., Lemos, C. A. A., Cruz, R. S., & Pellizzer, E. P. (2021). Comparison between computer-guided and freehand dental implant placement surgery: A systematic review and meta-analysis. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 50(2), 242–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2020.08.004>
- Zarone, F., Ruggiero, G., Ferrari, M., Mangano, F., Joda, T., & Sorrentino, R. (2020). Accuracy of a chairside intraoral scanner compared with a laboratory scanner for the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*, 124(6), 761.e1–761.e7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.018>