



REVISIÓN

Impact of 3D Printing Technologies in Digital Dentistry

Impacto de las Tecnologías de Impresión 3D en la Odontología Digital

Sofia Kiefer¹

¹Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología. Buenos Aires, Argentina.

Citar como: Kiefer S. Impact of 3D Printing Technologies in Digital Dentistry. Health Leadership and Quality of Life. 2023; 2:290. <https://doi.org/10.56294/hl2023290>

Enviado: 12-05-2023

Revisado: 27-07-2023

Aceptado: 17-10-2023

Publicado: 18-10-2023

Editor: PhD. Prof. Neela Satheesh 

ABSTRACT

Introduction: the advent of digital scanners and 3D printing technologies transformed the dental field by facilitating more accurate and complete impressions of the patient's mouth. These tools made it possible to replace conventional impressions, reducing working times, improving patient comfort and optimizing archiving. In addition, the combination of digital scans and 3D printing opened up new possibilities for the customized production of dental models and devices.

Development: the CAD-CAM system was central to this evolution, enabling the creation of digital three-dimensional models that materialized into physical objects through additive methods such as 3D printing. This process involved precision at every stage, from the quality of the scanning to the technology used for printing. Among the available methods, stereolithography (SLA, DLP, LCD) stood out for its ability to reproduce complex details by photopolymerizing liquid resins with ultraviolet light. Each technology presented particular advantages, such as speed and surface quality, being evaluated according to factors such as cost, biocompatibility and clinical specifications.

Conclusion: the implementation of 3D printing technologies in dentistry provided an efficient and accurate solution for fabricating customized dental models. This advance significantly improved clinical planning and the quality of dental treatment. Comparing the accuracy of various technologies allowed the identification of optimal tools according to specific needs, ensuring better patient outcomes.

Keywords: Digital Dentistry; 3D Printing; Stereolithography; Dental Models; CAD-CAM.

RESUMEN

Introducción: la aparición de los escáneres digitales y las tecnologías de impresión 3D transformó el campo odontológico al facilitar la obtención de impresiones más precisas y completas de la boca del paciente. Estas herramientas permitieron reemplazar las impresiones convencionales, reduciendo tiempos de trabajo, mejorando la comodidad del paciente y optimizando el archivado. Además, la combinación de escaneos digitales e impresión 3D abrió nuevas posibilidades para la producción personalizada de modelos y dispositivos dentales.

Desarrollo: el sistema CAD-CAM fue central en esta evolución, permitiendo la creación de modelos tridimensionales digitales que se materializaban en objetos físicos a través de métodos de adición como la impresión 3D. Este proceso implicó la precisión en cada etapa, desde la calidad del escaneo hasta la tecnología utilizada para la impresión. Entre los métodos disponibles, la estereolitografía (SLA, DLP, LCD) destacó por su capacidad de reproducir detalles complejos mediante la fotopolimerización de resinas líquidas con luz ultravioleta. Cada tecnología presentó ventajas particulares, como la velocidad y la calidad superficial, siendo evaluada según factores como costos, biocompatibilidad y especificaciones clínicas.

Conclusión: la implementación de tecnologías de impresión 3D en odontología proporcionó una solución eficiente y precisa para fabricar modelos dentales personalizados. Este avance mejoró significativamente la planificación clínica y la calidad del tratamiento odontológico. Comparar la precisión de diversas tecnologías

permitió identificar herramientas óptimas según las necesidades específicas, garantizando mejores resultados para el paciente.

Palabras clave: Odontología Digital; Impresión 3D; Estereolitografía; Modelos Dentales; CAD-CAM.

INTRODUCCIÓN

Surgieron también para la misma época, los escáneres digitales, que daban lugar a las impresiones digitales de la boca del paciente, y que hoy en día han llegado a no solo reproducir con exactitud forma y tamaño, sino que también texturas, color y demás características de la arcada dentaria. Por tal motivo se convirtió en una gran alternativa a las impresiones convencionales, reduciendo pasos, velocidad de trabajo, comodidad del paciente y archivado.^(1,2,3)

En conjunto, los escaneos digitales (extra o intrabucal) y las impresiones 3D, han abierto la gran posibilidad de generar la fabricación precisa, personalizada y en poco tiempo de diferentes elementos, modelos y dispositivos de uso común en la planificación y práctica diaria del odontólogo, como lo son la producción de modelos de arcadas tanto para ortodoncia, prótesis y cirugía, férulas, coronas provisionales, guías quirúrgicas de implantes y cirugía bucomaxilofacial, entre otros.^(4,5)

Tomando como base el sistema CAD-CAM que requiere de los escaneos (ya sean a partir de modelos de yeso o directos de la boca del paciente), digitalización, diseño y procesamiento mediante Softwares específicos (programas de computo especializados) y creación de archivos digitales que tienen como base estructural un modelo tridimensional virtual viable, se da lugar a la materialización de estos diseños digitales en objetos tangibles a través de métodos de adición.^(6,7,8)

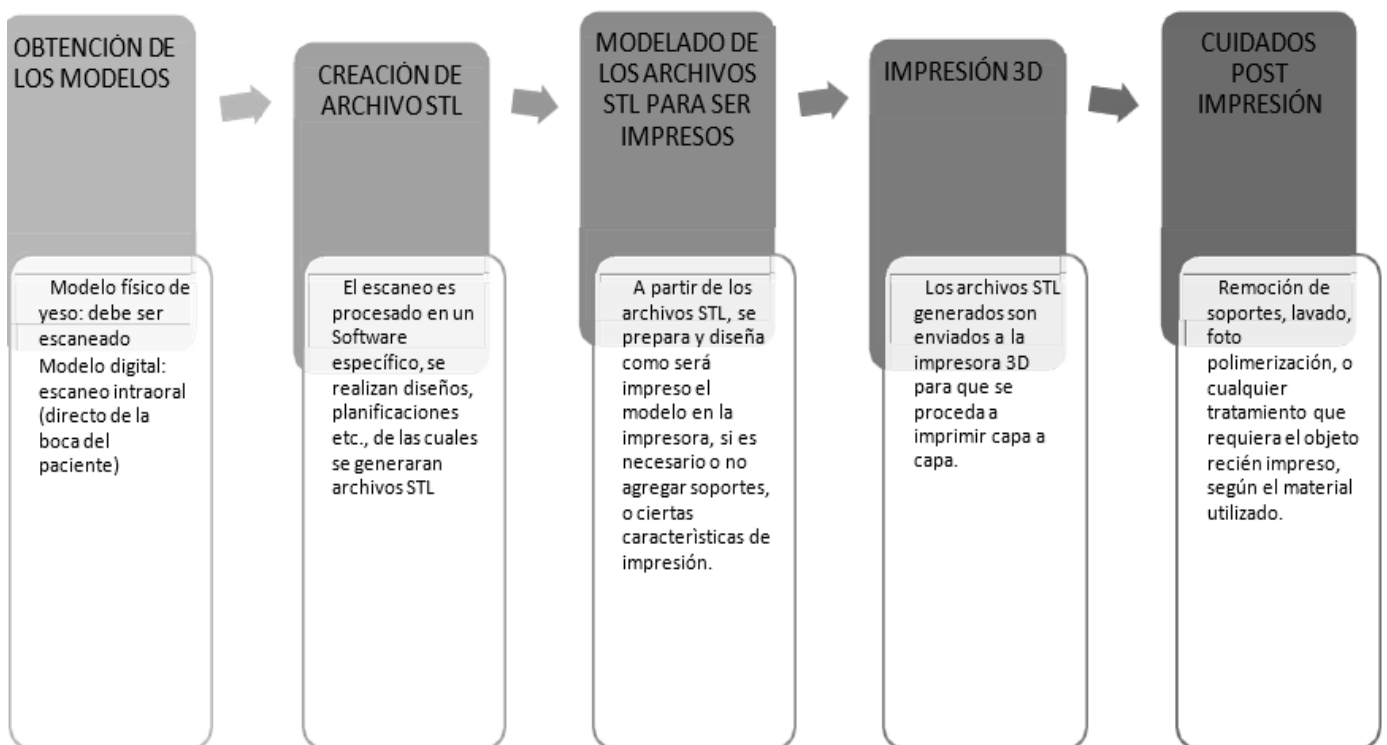


Figura 1. Flujograma para realizar impresiones en 3D

Teniendo en cuenta el flujograma para obtener los modelos finales (figura 1), estos mismos pueden verse afectados por diferentes factores como la calidad del escaneo utilizado para crear el modelo digital, el diseño realizado, los archivos, la tecnología de impresión utilizada, la fidelidad con la que la impresora 3D reproduce los archivos digitales, la calidad de materiales que se utilizan, tratamiento posterior o mismo las acciones del operador.

DESARROLLO

Para lograr obtener un objeto 3D, podemos recurrir a métodos sustractivos o de adición. En el primer caso se emplean diferentes herramientas para ir eliminando material no deseado y darle forma.^(9,10,11,12) En el caso

de los métodos de adición, se ira agregando material progresivamente capa por capa. Nosotros haremos foco en este último.^(13,14,15)

El mecanismo por adición se logra a través de impresoras 3D y consiste básicamente en fabricar un objeto sólido a partir de un modelo digital.^(16,17,18) Por lo cual, es fundamental conocer una de sus principales características, como es la veracidad de cada una de las impresoras, es decir la precisión y exactitud que logran reproducir detalles en los modelos que se obtienen de las mismas, ya que garantizan la calidad del trabajo final.⁽¹⁹⁾

En la actualidad, se pueden encontrar diversas tecnologías de impresión 3D aditivas. Estas tecnologías varían en la manera en que se depositan las capas para construir las piezas y en los materiales que pueden ser utilizados en el proceso.⁽²⁰⁾

Hoy en día, las tecnologías de impresión 3D más utilizadas en odontología (Figura 3), por su mecanismo y precisión, son el método por Fusión y Extrusión de Material Plástico (FMD) o la Estereolitografía (SLA, LCD, DLP). Aunque también se pueden encontrar en el mercado tecnologías por Inyección de Material (Material Jetting) o Fusión por Lecho de Polvo (Powder Bed Fusion).⁽²¹⁾

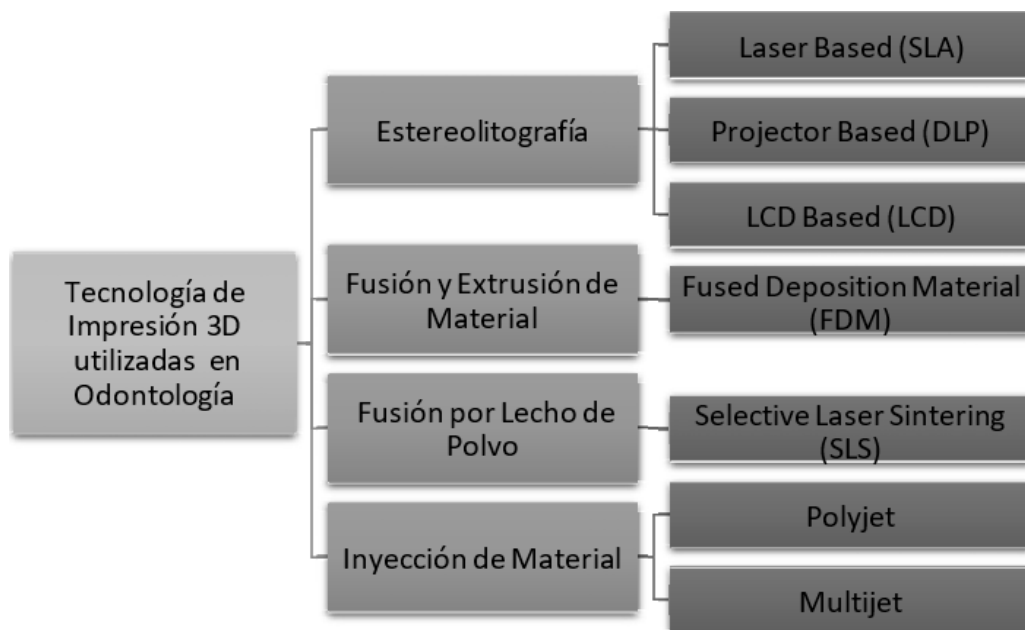


Figura 1. Tecnologías de impresión utilizadas en odontología

Al seleccionar una de estas impresoras, se suelen tener en cuenta varios factores importantes. Estos incluyen la velocidad de impresión, el precio tanto de la impresora 3D en sí, como del prototipo que se va a imprimir, la disponibilidad y los costos asociados con los materiales utilizados, así como la capacidad de la máquina para trabajar con una variedad de colores, la biocompatibilidad del modelo resultante y la aplicación que se le va a dar.⁽²²⁾

Este trabajo busca analizar la tecnología de adición, específicamente la estereolitografía, en la cual, a través de una impresora 3D, se logran los modelos físicos de lo diseñado previamente de manera digital. Esto se lleva a cabo por medio del depósito capa a capa de material resinoso líquido que se va endureciendo por fotopolimerización mediante una fuente de luz ultravioleta.⁽²³⁾

Según la fuente de luz para lograr la polimerización, la estereolitografía, se puede clasificar en los siguientes sistemas:

SLA, o Laser Based, tecnología de impresión precursora y más conocida es la conocida por sus siglas en inglés. La misma se basa en el principio de usar una fuente láser de luz ultravioleta para fotopolimerizar la resina líquida capa a capa y transformarla en plástico endurecido siguiendo un patrón particular dado por el diseño CAD. En el proceso de construcción, la plataforma de construcción se sumerge en una batea con resina líquida y esta se polimeriza mediante un láser UV, luego la plataforma se mueve una distancia equivalente al espesor de una capa, y la resina sin curar cubre la capa anterior. La plataforma puede moverse de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba.⁽²⁴⁾

El Mecanismo de Procesamiento de Luz Digital o DLP tiene el mismo mecanismo de funcionamiento que la impresora SLA, pero este utiliza una pantalla de proyección digital para emitir rápidamente patrones de luz sobre una serie de espejos que reflejaran sobre la resina fotosensible líquida, haciendo que esta solidifique capa a capa hasta completar el objeto previamente diseñado. A diferencia del SLA, este mecanismo de impresión es

más veloz.⁽²⁵⁾

LCD Screen Based o LCD, es la técnica más nueva dentro de las impresiones 3D estereolitográficas. Es una técnica que se asemeja mucho a la DLP, pero que utiliza una pantalla LED como fuente para solidificar la resina fotosensible y crear los objetos de forma mucho más rápida.^(4,8,10,26)

La veracidad del modelo final implica que la impresión obtenida sea fiel y precisa en relación con el diseño original, siendo el reflejo en exactitud de las dimensiones, resolución (espesor y precisión de las capas), exactitud geométrica, acabado superficial y reproducción de detalles⁽¹¹⁾ y características esperadas con alta consistencia y reproducibilidad de detalles.^(4,6)

El objetivo de este estudio es comparar la precisión de cada una de las 3 impresoras 3D a partir de modelos de arcadas obtenidos de las mismas, basadas en un mismo archivo STL inicial.

CONCLUSIONES

La evolución de las tecnologías de escaneo digital y la impresión 3D ha transformado significativamente la práctica odontológica, ofreciendo soluciones más precisas, rápidas y personalizadas en comparación con los métodos tradicionales. Desde su inicio, los escáneres digitales han avanzado no solo en la reproducción exacta de la forma y tamaño de las estructuras dentales, sino también en la captura de texturas y colores, lo que ha mejorado la comodidad del paciente y simplificados procesos como el archivado y la planificación clínica. Estos avances han permitido una integración eficiente en diversas áreas de la odontología, como ortodoncia, prótesis, cirugía bucomaxilofacial y diseño de guías quirúrgicas, entre otros.

El uso del sistema CAD-CAM, que combina escaneos digitales con herramientas de diseño y procesamiento, ha sido crucial en esta transición. Este sistema permite la creación de modelos tridimensionales virtuales que luego se materializan mediante métodos de adición, como la impresión 3D. En este contexto, la precisión de cada etapa del proceso, desde el escaneo hasta la impresión, resulta fundamental para garantizar la fidelidad y calidad del modelo final. Factores como la calidad del escaneo, el diseño digital, la tecnología de impresión utilizada y la habilidad del operador desempeñan un papel crítico en el éxito del resultado.

Entre las tecnologías de impresión 3D, destacan los métodos de estereolitografía (SLA, LCD, DLP) por su capacidad de reproducir modelos detallados con alta precisión y consistencia. Estas técnicas se basan en el principio de fotopolimerización, donde capas de resina líquida se endurecen mediante una fuente de luz ultravioleta, ya sea láser (SLA), proyección digital (DLP) o pantallas LCD. Cada una de estas tecnologías presenta ventajas específicas, como la velocidad y la resolución, lo que las hace idóneas para diferentes aplicaciones odontológicas.

El enfoque en la estereolitografía ha permitido alcanzar niveles excepcionales de precisión en la reproducción de detalles geométricos y superficiales, esenciales en la práctica odontológica. Además, factores como la biocompatibilidad de los materiales, la capacidad de trabajar con diferentes colores y texturas, y la reproducibilidad de los resultados destacan como ventajas clave. Sin embargo, la selección de la tecnología más adecuada depende de múltiples consideraciones, como el costo, la disponibilidad de materiales y los requisitos específicos del tratamiento.

En conclusión, la impresión 3D, combinada con tecnologías digitales avanzadas, ha revolucionado la odontología, permitiendo una fabricación más eficiente y personalizada de dispositivos y modelos dentales. Este estudio busca comparar la precisión de tres impresoras 3D basadas en un archivo STL común, enfatizando la importancia de elegir la tecnología adecuada para optimizar resultados clínicos y mejorar la experiencia del paciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rubio NA, Galante JM. CAM: Computer-Assisted Manufacturing. En: Galante JM, Rubio NA. Digital Dental Implantology: From Treatment Planning to Guided Surgery. 1 ed. Cham: Springer; 2021. p. 45-66.
2. Medina-Sotomayor P, Ordóñez P, Ortega G. Accuracy of intraoral digital impression systems in restorative dentistry: A review of the literature. *Odvotos - Int J Dent Sci*. 2020; 205:16.
3. César-Juárez AA, Olivos-Meza A, Landa-Solís C, Cárdenas-Soria VH, Silva-Bermúdez PS, Suárez Ahedo C, et al. Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Rev Fac Med Univ Nac Auton Mex*. 2018;61(6):43-51.
4. Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015;219(11):521-9.
5. Emir F, Ceylan G, Ayyildiz S. In vitro accuracies of 3D printed models manufactured by two different printing technologies. *Eur Oral Res*. 2021;55(2):80-5.

6. Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2019;9(3):179-85.
7. Kim S-Y, Shin Y-S, Jung H-D, Hwang C-J, Baik H-S, Cha J-Y. Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(1):144-53.
8. Tsolakis IA, Papaioannou W, Papadopoulou E, Dalampira M, Tsolakis AI. Comparison in terms of accuracy between DLP and LCD printing technology for dental model printing. *Dent J.* 2022;10(10):181.
9. Escalona-Contreras N, Merino-Kutscher P, Cartes-Velásquez R. Uso de técnicas de impresión 3D en la reconstrucción mandibular. Una revisión breve. *CES Odontol.* 2021;34(2):159-72.
10. Moon W, Kim S, Lim B-S, Park Y-S, Kim RJ-Y, Chung SH. Dimensional accuracy evaluation of temporary dental restorations with different 3D printing systems. *Materials (Basel).* 2021;14(6):1487.
11. Bohner LOL, De Luca Canto G, Marció BS, Laganá DC, Sesma N, Tortamano Neto P. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. *J Prosthet Dent [Internet].* 2017;118(5):617-23.
12. Whip mix VeriBUILD 3D printer [Internet]. Whip Mix. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.whipmix.com/products/whip-mix-veribuild-dental-3d-printer>
13. Phrozen Sonic Mini 4K resin 3D printer [Internet]. Phrozen Technology. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://phrozen3d.com/collections/resin-3d-printer-phrozen/products/sonic-mini-4k-resin-3d-printer-phrozen?variant=39635278692539>
14. 3D printers asiga [Internet]. Asiga.com. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.asiga.com/3d-printers/>
15. International Organization for Standardization. Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results Part 1: General Principles and Definitions (ISO 5725-1). Geneva: International Organization for Standardization; 1994 [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/11833.html>
16. Medina-Sotomayor P, Ordóñez P, Ortega G. Accuracy of intraoral digital impression systems in restorative dentistry: A review of the literature. *Odvotos - Int J Dent Sci [Internet].* 2020;205:16.
17. Loflin WA, English JD, Borders C, Harris LM, Moon A, Holland JN, et al. Effect of print layer height on the assessment of 3D-printed models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop [Internet].* 2019;156(2):283-9.
18. Zhang Z-C, Li P-L, Chu F-T, Shen G. Influence of the three-dimensional printing technique and printing layer thickness on model accuracy. *J Orofac Orthop [Internet].* 2019;80(4):194-204.
19. Etemad-Shahidi Y, Qallandar OB, Evenden J, Alifui-Segbaya F, Ahmed KE. Accuracy of 3-dimensionally printed full-arch dental models: A systematic review. *J Clin Med [Internet].* 2020;9(10):3357.
20. Jánosi KM, Cerghizan D, Mártha KI, Elekes É, Szakács B, Elekes Z, et al. Evaluation of intraoral full-arch scan versus conventional preliminary impression. *J Clin Med [Internet].* 2023;12(17):5508.
21. Marconi S, Pugliese L, Botti M, Peri A, Cavazzi E, Latteri S, et al. Value of 3D printing for the comprehension of surgical anatomy. *Surg Endosc [Internet].* 2017;31(10):4102-10.
22. Lo Giudice A, Ronsiville V, Rustico L, Aboulazm K, Isola G, Palazzo G. Evaluation of the accuracy of orthodontic models prototyped with entry-level LCD-based 3D printers: a study using surface-based superimposition and deviation analysis. *Clin Oral Investig [Internet].* 2022;26(1):303-12.
23. Jang Y, Sim J-Y, Park J-K, Kim W-C, Kim H-Y, Kim J-H. Accuracy of 3-unit fixed dental prostheses fabricated on 3D-printed casts. *J Prosthet Dent [Internet].* 2020;123(1):135-42.

24. Zhang H-R, Yin L-F, Liu Y-L, Yan L-Y, Wang N, Liu G, et al. Fabrication and accuracy research on 3D printing dental model based on cone beam computed tomography digital modeling. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* [Internet]. 2018;36(2):156-61.

25. Nestler N, Wesemann C, Spies BC, Beuer F, Bumann A. Dimensional accuracy of extrusion- and photopolymerization-based 3D printers: In vitro study comparing printed casts. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021;125(1):103-10.

26. Alharbi N, Osman R, Wismeijer D. Factors influencing the dimensional accuracy of 3D-printed full-coverage dental restorations using stereolithography technology. *Int J Prosthodont* [Internet]. 2016;29(5):503-10.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Sofia Kiefer.

Curación de datos: Sofia Kiefer.

Análisis formal: Sofia Kiefer.

Investigación: Sofia Kiefer.

Metodología: Sofia Kiefer.

Administración del proyecto: Sofia Kiefer.

Recursos: Sofia Kiefer.

Software: Sofia Kiefer.

Supervisión: Sofia Kiefer.

Validación: Sofia Kiefer.

Visualización: Sofia Kiefer.

Redacción - borrador original: Sofia Kiefer.

Redacción - revisión y edición: Sofia Kiefer.