



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3D printing in the medical field

La impresión 3D en el área de la medicina

Lázaro Ernesto Horta-Martínez¹  

¹Universidad de Ciencias Médicas de la Habana, Facultad de Ciencias Médicas Julio Trigo López. La Habana, Cuba.

Citar como: Horta-Martínez LE. 3D printing in the medical field. *Seminars in Medical Writing and Education* 2022;1:8. <https://doi.org/10.56294/mw20228>.

Enviado: 18-04-2022

Revisado: 25-06-2022

Aceptado: 30-08-2022

Publicado: 31-08-2022

Editor: Dr. José Alejandro Rodríguez-Pérez 

ABSTRACT

Introduction: 3D printing has represented a technological advance in the field of health sciences. This additive manufacturing allows the creation of grafts, autotransplants and tissue regeneration.

Objective: describe the contribution of 3D printing to the field of medicine.

Methods: a review of the literature was carried out in the month of November 2023 through access to the databases Scopus, PubMed, Dialnet, Scielo, and the search engine Google Scholar version 2022, with the strategies: ((print 3D) AND (medicine)), ((medicine) AND (technological advances)) and ((3D printing) AND (surgical sciences) AND (prosthetics) AND (orthoses) AND (surgical procedures)) and their translations into the English language, limited the search to the last 5 years -from 2019 to 2023-, in Spanish, English or Portuguese languages.

Development: in a general sense, 3D printing refers to the sequential accumulation of materials on a platform through different production methods, including: polarization, injection injection, binder injection, material extrusion, powder bed, lamination metal and metal tank. This creation process that consists of printing 3D objects by superimposed layers in ascending order.

Conclusions: 3D printing has allowed us to reduce the costs and manufacturing time of the structures used in medicine -implants, prostheses, grafts and surgical material- as well as a great advance in medical education from the creation of three-dimensional pieces that allow better preparation and maintenance of surgical skills.

Keywords: Surgery; 3d print; Medicine; Prosthesis.

RESUMEN

Introducción: la impresión 3D ha supuesto un avance tecnológico en la esfera de las ciencias salubristas. Esta manufactura aditiva permite la creación de injertos, autotransplantes y regeneración de tejidos.

Objetivo: describir el aporte de la impresión en 3D al campo de la medicina.

Métodos: se realizó una revisión de la bibliografía en el mes de noviembre de 2023 a través del acceso a las bases de datos *Scopus*, *PubMed*, *Dialnet*, *Scielo*, y el gestor de búsquedas Google Scholar versión 2022, con las estrategias: ((impresión 3D) AND (medicina)), ((medicina) AND (avances tecnológicos)) e ((impresión 3D) AND (ciencias quirúrgicas) AND (prótesis) AND (órtesis) AND (procedimientos quirúrgicos)) y sus traducciones a la lengua inglesa, limitada la búsqueda a los últimos 5 años -desde 2019 hasta 2023-, en idiomas español, inglés o portugués.

Desarrollo: en sentido general la impresión 3D se refiere al cúmulo secuencial de materiales en una plataforma a través de distintos métodos de producción entre los que se encuentran: polarización, inyección de aporte, inyección de aglutinante, extrusión de material, cama de polvo, laminación de metal y depósito metálico. Este proceso de creación que consiste en la impresión de objetos 3D por capas superpuestas en orden ascendente.

Conclusiones: la impresión 3D ha permitido reducir los costos y el tiempo de fabricación de las estructuras

utilizadas en la medicina -implantes, prótesis, injertos y material quirúrgico- así como un magno avance en la educación médica desde la creación de piezas tridimensionadas que permitan una mejor preparación y conservación de habilidades quirúrgicas.

Palabras Clave: Cirugía; Impresión 3D; Medicina; Prótesis.

INTRODUCCIÓN

Las máquinas de impresión en 3D son equipos electrónicos que poseen la capacidad de creación de objetos tridimensionales a partir de modelos bosquejados en ordenadores a través de los programas *Computer Aided Desing* -CAD por sus siglas en inglés-. Su historia se remonta al año 1984 donde se le concede la patente con denominación “*Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*” a Charles Hull, investigador que fundó la empresa 3D Systems con desarrollo de base en la impresión por inyección de tinta que fue desarrollada en 1976;⁽¹⁾ lo cual devino en un hito para la ciencia y la tecnología del actual siglo.

En la esfera de la salud, las tecnologías cobran un papel trascendental si se ostenta por un sistema de correcto funcionamiento. En particular, los aditamentos médicos se consideran imprescindibles para un eficaz diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como su prevención y futura rehabilitación ya una vez resuelto el problema. La demanda global de estos dispositivos ha experimentado un considerable y mantenido acrecentamiento en el último período estimulado por el envejecimiento poblacional y los adelantos de la tecnología.⁽²⁾ Para las impresoras 3D ha sido significativo el resultado proveniente del desarrollo de las biotintas y la mejoría en la aplicación de las técnicas de su deposición.

Las biotintas son elaboradas con un número amplio de materiales provenientes de diferentes grupos; en el caso de los equipos o dispositivos que se desarrollan para el uso médico, existen dos grupos fundamentales de base para su confección: 1) módulo en el cual se encuentran los que necesitan de células para ser confeccionados -prótesis u órtesis fundamentalmente- y 2) el módulo de aquellos que no necesitan de las células para su confección. De manera general, el desarrollo de un aditamento o dispositivo médico requiere que las biotintas posean características que le permitan el procesamiento a temperatura ambiente, imprimir rebordes y controlar la microestructura de estas.^(2,3)

Trasplantar órganos o tejidos es una técnica que permite la solución y corrección de problemas que deben ser tratados con mera urgencia, sin embargo, a pesar del avance que se ha devenido con el paso del tiempo en estos procesos, aún existen dificultades inherentes a la experticia del médico -rechazo inmunológico y deficiencia en el número de donantes, por ejemplificar algunos-. La tecnología de órganos y tejidos artificiales ha permitido mejorar la calidad de vida de los pacientes, a pesar de necesitarse de una fabricación que desarrolle estructuras complejizadas, la 3D da una respuesta certera a estas limitaciones, ya que permite la incorporación de células para el desarrollo de un biomaterial que regenere estructuras biológicas, lo cual facilita la aceptación del sistema inmunológico del afectado y suple la carencia de donantes.⁽⁴⁾ El objetivo de esta investigación es describir el aporte de la impresión en 3D al campo de la medicina.

MÉTODOS

Se realizó una revisión de la bibliografía en el mes de noviembre de 2023 a través del acceso a las bases de datos *Scopus*, *PubMed*, *Dialnet*, *Scielo*, y el gestor de búsquedas *Google Scholar* versión 2022, con las estrategias: ((impresión 3D) AND (medicina)), ((medicina) AND (avances tecnológicos)) e ((impresión 3D) AND (ciencias quirúrgicas) AND (prótesis) AND (órtesis) AND (procedimientos quirúrgicos)) y sus traducciones a la lengua inglesa, limitada la búsqueda a los últimos 5 años -desde 2019 hasta 2023-, en idiomas español, inglés o portugués. Se utilizaron métodos del nivel teórico como el análisis-síntesis para la realización de la introducción y el desarrollo y el de deducción-inducción para la estructuración de las conclusiones. Fueron seleccionados aquellos artículos que permitiesen el acceso abierto, contasen con la extensión total del manuscrito y fuesen relevantes para la temática abordada a opinión de los autores, resultando así en 21 investigaciones, distribuidas en artículos originales, presentaciones de caso, revisiones de la bibliografía y tesis.

DESARROLLO

Tecnología 3D

En la actualidad la impresión por 3D se ha convertido en una de las tecnologías más revolucionarias del siglo XXI. Autores como Joiner, quién fuese citado por Hervás-Gómez et al.⁽⁵⁾ definen esta técnica de impresión como un estilo de manufactura de sustancias sólidas en tercera dimensión desde un archivo en formato digital, a lo cual le denomina proceso aditivo.

En sentido general la impresión 3D se refiere al cúmulo secuencial de materiales en una plataforma a través de distintos métodos de producción entre los que se encuentran: polarización, inyección de aporte, inyección

de aglutinante, extrusión de material, cama de polvo, laminación de metal y depósito metálico.⁽⁵⁾

Pese a ser una tecnología emergente que permita la creación de materiales mediante la transformación de otros menos complejos siguiendo un proceso de acumulación de capas; para los autores de la presente investigación la impresión 3D involucra una serie de eventos con desenlace en la creación del ente tridimensionado final, el cual tiene su origen en el software CAD. Con el avance tecnológico que ha supuesto el presente siglo para la humanidad, este conocimiento se está convirtiendo en una herramienta de bajo costo y accesibilidad, las aplicaciones CAD con códigos abiertos para el uso cotidiano de diferentes usuarios y los diferentes formatos de estos equipos de impresión, permiten su amplio alcance dentro de la sociedad.

Novak⁽⁶⁾ en su exposición del proceso de impresión 3D o manufactura aditiva, como agregado capa a capa de gran precisión, desde un modelo digital a través de la manipulación de materiales biodegradables o no, concluye en su definición que es un grupo de tecnologías de fabricación.

Este proceso de creación que consiste en la impresión de objetos 3D por capas superpuestas en orden ascendente sigue un número de pasos invariables para su correcto funcionamiento de los cuales hay 2 principales, sobre todo en la impresión por deposición fundida (figura 1):⁽⁶⁾

1. División del software en un gráfico 3D en capas tan exquisitas como el diámetro de la boquilla presente en la impresora (varían desde 0,10 hasta 1,10 mm, donde la medida 0,4 mm es la de mayor uso).
2. Luego la impresora se desplaza sobre el plano para de esta forma ir expulsando el material utilizado en la creación del artículo tridimensional con las coordenadas ingresadas en la aplicación CAD.

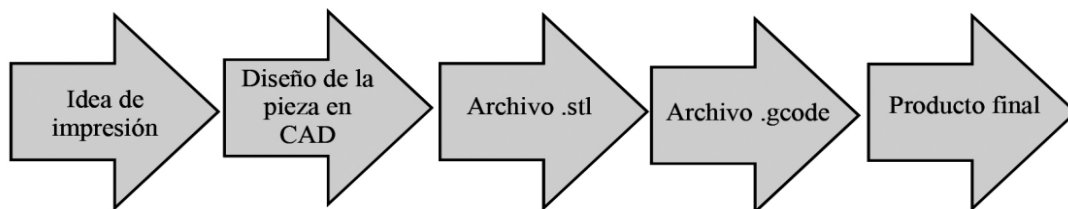


Figura 1. Esquema general de la manufactura 3D por deposición fundida (etapas principales)

Fuente: Cano Vicent et al.⁽⁶⁾

De esta manera y con el cumplimiento fundamental de estos pasos se obtiene el objeto en 3D, el cual poseerá condiciones estructurales que permitan su uso en determinados campos diana según el material utilizado. De manera básica esta herramienta -impresora- es una máquina de control numérico con tres ejes y un extrusor.

Historia de la tecnología 3D

Mencionado en la introducción de la presente investigación, el origen de esta tecnología se remonta a 1976 con la creación de la empresa *3D Systems*⁽¹⁾, en la invención de la impresora de inyección de tinta; su evolución ha sido diversa, desde el formato de la maquinaria hasta el mejoramiento, perfeccionamiento y funcionalidad de las técnicas, así como el paso de impresión por tinta a impresión con materiales; promovido este progreso por las necesidades de las diferentes industrias.^(5,6)

En 1984 comienzan una serie de eventos que desencadenan en el nacimiento de la impresión 3D como una industria; durante esta mitad de los años 80 se crean las primeras patentes y empresas. Las tecnologías 3D comienzan a adquirir poderío: la más antigua de estas es *Stereo Litography* (SLA), patrón de impresión que a través de la utilización de un láser convierte un foto-polímero de estado líquido a plástico sólido -proceso llamado estereolitografía-, dado que utiliza resinas sensibles a los rayos UV, la maquinaria necesita de ser protegida por láminas de coloración naranja, verde, roja o amarilla; otro patrón de impresión es *Selective Laser Sintering* (SLS), el cual sustituye la solidificación con láser por la sinterización con el uso del láser de polvo de plástico, nylon, poliamida o poliamida con carga de fibra de vidrio; la *Digital Light Processing* (DLP) son el tipo de impresora que con el uso de rayos UV en un proyector solidifican el material -SLA y DLP utilizan una resina que se endurece bajo la administración de rayos UV, lo cual los hace fotosensible-; y el tipo de impresión más extendido es *Fused Deposition Modelling* (FDM) que utiliza la vía de deposición de filamentos fundidos por capas en una plataforma que puede ser calefactora o no, este filamento es extruido por una boquilla.⁽⁵⁾

El primer kit de impresión que alcanzó el mercado permitía al usuario su montaje y calibración por si mismos a un precio barato, esto ocurrió en el 2009 y ya para el 2010 ocurre un hito en la historia de las impresoras, al llegar esta a los hogares y a partir de este momento no ha dejado de evolucionar y formar parte del actuar social diario.⁽⁵⁾

Aplicación de la Impresión 3D en la Biomedicina

El desarrollo de la impresión 3D ha captado un marcado interés por diversas áreas de la vida. Acorde al principio de constitución de los filamentos por polímeros que a menuda frecuencia poseen características que los hacen biocompatibles, el uso de la impresión 3D en la biomedicina tiene una enorme viabilidad, sumado a su carácter biocompatible, están su comportamiento mecánico y estructural.⁽⁷⁾

Las propiedades con las que cuentan los materiales que permiten el desarrollo de la impresión 3D permite que sea ideal la fabricación de *scaffolds* que en la ingeniería artificial de tejidos actúan como matriz extracelular.⁽⁸⁾

En el caso mencionado anteriormente, los biomateriales proveen un soporte celular que reconoce y guía la regeneración localizada de los tejidos tras la creación de ambientes micro controlables similares a los diseños *in vivo*. Los *scaffolds* n utilizados en el crecimiento de otras estructuras de la anatomía humana: tejido óseo, cartílago, ligamentos, piel, vasos sanguíneos, nervios y músculo. Dada la capacidad de biodegradación de los *scaffolds*, estos permiten que se desintegre el material, pero, a su vez se genera tejido nuevo, lo cual favorece la manufactura de órganos completos mediante bioingeniería.⁽⁹⁾

Las ciencias aplicadas tradicionales no cuentan con la experiencia de incorporación de arquitectura interna y control de los *scaffolds*. Sin embargo, con el uso de la FDM se hace posible el control de las dimensiones y la distribución de los poros.⁽⁸⁾

Para fabricar *scaffolds*, se hace necesario la mezcla de diferentes biomateriales con el fin de obtener lo mejor de cada uno de estos; por ejemplo, la creación de un *scaffold* por FDM de hidroxiapatita y pilocaprolactona, favorece la regeneración ósea.⁽⁹⁾

En dependencia de la aplicación del *scaffold*, el diseño podrá requerir de propiedades físico-químicas determinadas, como biodegradabilidad o propiedades mecánicas o morfológicas específicas como la topología de superficie, las dimensiones del poro, entre otras; para lograr la creación de un microambiente celular *in vivo* según el tejido concreto a regenerar.

La impresión 3D también ha supuesto un avance en la industria farmacológica, dado que el uso de biomateriales permite la liberación de biomoléculas como antimicrobianos, biometales o factores de crecimiento; lo cual se ha convertido en una ventaja debido a que la continua liberación de fármacos controlada es eficaz para su administración.^(9,10) El desarrollo de los dispositivos implantables que permiten la liberación dosificada de medicamentos, ha permitido crear incluso triple terapias -captopril, nifedipina glipizida-.⁽¹⁰⁾

La biopresión tridimensionada ha llegado a niveles tan complejos como la creación tejidos de neuronas, riñones, músculo esquelético y hepático. El enfoque futuro de este método de impresión reside en la viabilidad celular para componer hueso y tejidos blandos carentes.⁽¹¹⁾ Supone una meta la realización de estas técnicas de manufactura de manera más veloz y con mayor compatibilidad en cuanto a materias biológicas.

Aplicación de la Impresión 3D en la Medicina y Educación Médica

Desde los últimos 10 años se ha observado un aumento del interés en las áreas de entrenamiento quirúrgico, en especial aquellas tareas que van centradas a la repetición de labores y preexisten con objetivos de previa identificación en escenarios controlados. En este punto cobran utilidad las herramientas creadas con impresión 3D para la Educación Médica, dado que favorecen la enseñanza a residentes, la superación de especialistas e incluso el desarrollo biomédico de estudiantes con la creación de piezas que doten de experticia a los interesados, debido a que así tendrían retratos fieles que permitan la mejoría, mantenimiento o nacimiento de habilidades quirúrgicas.^(12,13)

En el desarrollo quirúrgico de la medicina, la impresión 3D ha permitido con el uso conjunto de equipos radiológicos, la manufactura de instrumentos que son personalizados para realizar intervenciones controladas simplificadas que permitan la reducción del costo hasta en 10 veces su precio en el mercado actual con la tecnología tradicional, lo cual logra que los países subdesarrollados, obtengan beneficios con esta industria.^(8,9,10)

En el campo de la Ortopedia y Traumatología, los modelos impresos han demostrado una notable superioridad en cuanto al uso de imágenes, aún con el formato tridimensionado, por lo que ha permitido planificar la resección de tumores o el tratamiento de afecciones del sistema osteomioarticular.⁽¹⁴⁾

El uso más reciente de esta tecnología lo ha supuesto el uso de la manufactura de implantes específicos del paciente; estos tienen el objetivo de la mejoría en el ajuste para la restauración anatómica, y que la relación-función sea equilibrada a través de una planificación previa basada en imágenes radiológicas de reconstrucción tridimensionada.⁽¹⁵⁾

En la creación de los implantes la impresión 3D ha permitido no solo el funcionamiento estructural de manera biológica de alguna estructura anatómica sino también que ha aportado al atractivo de estos -ejemplo son los implantes craneofaciales- dado que permiten la total personalización de estos según la demanda anatómica.^(16,17,18)

En cuanto a las prótesis se ha transformado la manera de creación convencional utilizando el principio de personalización y el bajo costo de producción sumado a la capacidad de rápida manufactura que otorga la impresión por modelado 3D; lo cual ha dado al traste con prótesis de miembros que tienen amplias capacidades

de adaptaciones anatómicas e incluso permiten la liberación de medicamentos. Los autores consideran que gracias a la impresión tridimensionada ha sido posible la creación de implantes tubulares *-stents-* de manera eficaz y con menor posibilidad de rechazo dado que su fabricación es a través de materiales biológicos.

La instauración de los sistemas de liberación de fármacos han tenido una aceptación favorable en el ámbito médico internacional, estos surgen de la unión de la impresión 3D y técnicas de recubrimiento, a través de ajustes en los tamaños de los poros, la matriz que posea el dispositivo y el espesor de la capa que lo cubre, se hace posible controlar el tiempo de liberación a una nano y microescala, esta tecnología permite que sean eliminados los efectos secundarios que en muchas ocasiones nacen del uso de quimioterapia o intervenciones quirúrgicas para la resección tumoral.⁽¹⁹⁾

En tiempos actuales, debido a la escasez de donantes de órganos y tejidos, la impresión 3D ha cobrado un auge en este campo, puesto que esta manufactura aditiva ha permitido que los investigadores desarrollen y personalicen tejidos y órganos, además de la colocación de células en los biomateriales de impresión que permiten la creación de una especie de autoinjerto que disminuye así casi a un 0 % la posibilidad de rechazo; con estas técnicas se han corregido defectos óseos, cartilagosos y diafragmáticos, se han desarrollado sustitutos de córnea y estructuras cerebrales quedando aún por vencer para la supervivencia de este desarrollo la incorporación de vasos sanguíneos. La bioimpresión en 3D con tejidos angiogénicos que sean similares a estructuras *in vivo* aprobará la circulación de sangre dentro de las construcciones de tejido, aunque se hace necesario que existan factores proangiogénicos.^(20,21)

CONCLUSIONES

La impresión 3D ha permitido reducir los costos y el tiempo de fabricación de las estructuras utilizadas en la medicina *-implantes, prótesis, injertos y material quirúrgico-* así como un magno avance en la educación médica desde la creación de piezas tridimensionadas que permitan una mejor preparación y conservación de habilidades quirúrgicas.

REFERENCIAS

1. Suardiá Muro J, Pérez Gomáriz M, Cabrera Lozoya A, Do Carmo Trolle RO. Combinando Impresión 3D y electrónica como estrategia para mejorar la experiencia de aprendizaje. RIED. 2021; 24(1): 115-128. DOI: 10.5944/ried.24.1.27596
2. Liu J, Sun L, Xu W, Wang Q, Yu S, Sun J. Current advances and future perspectives of 3D printing natural-derived biopolymers. Carbohydr Polym. 2019; 207: 297-316. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.11.077
3. Mikolajczyk T, Malinowski T, Moldovan L, Fuwen H, Paczkowski T, Ciobanu I. CAD CAM System for Manufacturing Innovative Hybrid Design Using 3D Printing. Procedia Manuf. 2019; 32:22-8. DOI: 10.1016/j.promfg.2019.02.178
4. Hervás-Gómez C, Román-Graván, P, Domínguez-González MA, Reina-Parrado M. Diseño e impresión en 3d de protectores de pantallas faciales por docentes universitarios para proteger al personal sanitario ante el Covid-19. IJERI. 2021; 15: 35-56. DOI: 10.46661/ijeri.4970
5. Novak JI, Loy J. A critical review of initial 3D printed products responding to COVID-19 health and supply chain challenges. Emerald Open Res. 2020; 2(24). DOI: 10.35241/emeraldopenres.13697.1
6. Cano Vicent A, Serrano Aroca A. Impresión 3D por modelado por deposición fundida: Manejo, funcionamiento y aplicaciones biomédicas. NEREIS. 202; 13: 227-238. DOI: 10.46583/nereis_2021.13.809
7. Ponnamma D, Yin Y, Salim N, Parameswaranpillai J, Thomas S, Hameed N. Recent progress and multifunctional applications of 3D printed graphene nanocomposites. Composites Part B: Engineering. 2021; 204: 108493. DOI: 10.1016/j.compositesb.2020.108493
8. Gioumouxouzis CI, Karavasili C, Fatouros DG. Recent advances in pharmaceutical dosage forms and devices using additive manufacturing technologies. Drug Discovery Today. 2019; 24: 636-643. DOI: 10.1016/j.drudis.2018.11.019
9. Ali M, PRAK, Yoo JJ, Zahran F, Atala A, Lee SJ. A Photo-Crosslinkable Kidney ECM-Derived Bioink Accelerates Renal Tissue Formation. Adv Healthc Mater. 2019; 8(7): 1800992. DOI: 10.1002/adhm.201800992
10. Moldovan F, Bataga T. Three-dimensional technologies used for patient specific applications in orthopedics.

Acta Marisiensis-Seria Medica. 2021; 67(2): 77-85. DOI: 10.2478/amma-2021-0020

11. Heinze A, Basulto-Martínez M, Suárez-Ibarrola R. Impresión 3D y sus beneficios en el campo de la educación médica, entrenamiento y asesoría del paciente. Rev Esp Edu Med 2020; 1: 1-8. DOI: 10.6018/edumed.421221

12. Aimar A, Palermo A, Innocenti B. The Role of 3D printing in medical applications: a state of the art. J Healthc Eng. 2019; 2019: 5340616. DOI: 10.1155/2019/5340616.

13. Encalada-Díaz MI. Impresión 3D y la Ortopedia de México. Acta Ortop Mex. 2022; 36(1): 1. DOI: 10.35366/106751

14. Maglara E, Angelis S, Solia E, Apostolopoulos AP, Tsakotos G, Vlasik K, Katsimantas A, Filippou DK. Three-dimensional (3D) printing in orthopedics education. J Long Term Eff Med Implants. 2020; 30(4): 255-8. DOI: 10.1615/jlongtermeffmedimplants.2020036911

15. Yang Y, Li H, Xu Y, Dong Y, Shan W, Shen J. Fabrication and evaluation of dental fillers using customized molds via 3D printing technology. Int J Pharm . 2019; 562: 66-75. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2019.03.024

16. González-Quintanilla D, Zamorano JP, Mella E, Pinto N, Brisso J, Rodríguez N, Casa HM. Autotrasplante dental utilizando simulación virtual y un prototipo de modelo de impresión 3D. Int J Odontostomat. 2021; 15(1):271-277. DOI: 10.4067/S0718-381X2021000100271

17. Rodríguez Wong RM, Rodríguez Barreto L. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de órtesis de tobillo con tecnología de impresión 3D. [Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial] Universidad de Lima, Lima, 2022. [Internet]. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/16425>

18. Miri AK, Khalilpour A, Cecen B, Maharjan S, Shin SR, Khademhosseini A. Multiscale bioprinting of vascularized models. Biomaterials. 2019; 198:204-16. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2018.08.006

19. Valenzuela-Villela KS, García-Casillas PE, Chapa-González C. Progreso de la Impresión 3D de Dispositivos Médicos. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. 2020; 41(1): 151-166. DOI: 10.17488/RMIB.41.1.12

20. Cano-Zárate R, Hernández-Barajas EK, Hernández-Barajas HH, Meave-González A, Espínola-Zavaleta N. Impact of 3D printing in surgical planning of congenital heart disease. Arch Cardiol Mex. 2021; 91(1): 1-6. DOI: 10.24875/ACM.20000395 Bekas DG, Hou Y, Liu Y, Panesar A. 3D printing to enable multifunctionality in polymer-based composites: A review. Composites Part B: Engineering. 2019; 179: 107540. DOI: 10.1016/j.compositesb.2019.107540

FINANCIACIÓN

Sin financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Lázaro Ernesto Horta-Martínez.

Investigación: Lázaro Ernesto Horta-Martínez.

Metodología: Lázaro Ernesto Horta-Martínez.

Redacción - borrador original: Lázaro Ernesto Horta-Martínez.

Redacción - revisión y edición: Lázaro Ernesto Horta-Martínez.