

RAGO, MARTÍN IGNACIO

IMPRESIÓN 3D Y KINESIOLOGÍA

Grado de información de los profesionales
y beneficios reconocidos.



**UNIVERSIDAD
FASTA**

TUTORA: LIC. TUR, GRACIELA - COTUTORA: LIC. GARCÍA, ROCÍO

ASESORAMIENTO METODOLÓGICO: DRA. MG. MINNAARD, VIVIAN

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA

FACULTAD DE CS. MÉDICAS

2022

“En cada acto médico debe estar presente el respeto por el paciente y los conceptos éticos y morales; entonces la ciencia y la conciencia estarán siempre del mismo lado, del lado de la humanidad”

Rene Favaloro

A mis padres, Rubén y Leticia

A mis padres, por acompañarme siempre con amor y sabiduría. Gracias por darme la posibilidad de estudiar y formarme profesionalmente.

A Yanina, mi compañera, por estar a mi lado y brindarme su apoyo incondicional para poder culminar esta etapa.

Al resto de mi familia y mis amigos, por confiar en mí y estar presente en cada momento.

A la Dra. Mg. Minnaard y a la Lic. García por su tiempo, dedicación y compromiso durante el asesoramiento metodológico de este trabajo. Además, a la Directora de la carrera, Lic. Tur por ser la tutora de la tesis.

A los profesionales que amablemente accedieron a participar de este trabajo de investigación.

Al Dr. Varela, Dra. Castro y al Lic. Nuñez de la Cátedra de Anatomía por compartir sus experiencias y brindarme el espacio para dar los primeros pasos en Docencia.

Por último, a la Facultad de Ciencias Médicas y a la Universidad F.A.S.T.A. de Mar del Plata por garantizar un ámbito académico armonioso con recursos de calidad.

Poder finalizar este ciclo, sin dudas, se trata de un logro compartido.

¡Muchas gracias!

La fabricación aditiva, conocida comúnmente como impresión 3D, es una tecnología que permite elaborar objetos capa por capa. Se han demostrado sus beneficios en múltiples ámbitos y, la medicina física y rehabilitación no son la excepción. Permite una mayor personalización en los tratamientos a través de dispositivos de asistencia a medida de cada paciente. La presente investigación intenta promover la integración de esta novedosa tecnología en la Kinesiología.

Objetivo general: indagar el grado de información que tienen los Licenciados en Kinesiología sobre el uso de la Fabricación Aditiva (Impresión 3D) y sus aplicaciones en las distintas ramas de la profesión, durante el año 2021, en una Delegación del Colegio de Kinesiólogos de la Prov. Buenos Aires.

Materiales y métodos: consiste en un estudio descriptivo, observacional, no experimental y transversal. Mediante un muestreo no probabilístico y por conveniencia, se encuestó un total de 46 kinesiólogos, miembros de una Delegación Regional del Colegio de la Provincia de Buenos Aires durante noviembre y diciembre del 2021.

Resultados: según indicaron los profesionales, el 41.3% no tiene conocimiento sobre la impresión 3D. La divulgación científica y las redes sociales en igual porcentaje (27.5%) son las principales vías de acceso a la información. El 82% reconoce esta tecnología como un recurso terapéutico. Entre sus ventajas destacan la versatilidad e inmediatez en la producción (27.5%) y la calidad de los diseños (24.4%).

Conclusiones: si bien es bajo el grado de conocimiento sobre la impresión 3D dentro de la rehabilitación, los profesionales la consideran un recurso beneficioso para emplear en la Kinesiología.

Palabras claves: impresión 3D, fabricación aditiva, kinesiología, dispositivos de asistencia, rol del kinesiólogo.

Additive manufacturing, also known as 3D printing, is a technology that allows objects to be made layer by layer. Its benefits have been proven in multiple settings, and physical medicine and rehabilitation are no exception. It allows greater personalization in treatments through assistance devices tailored to each patient. This research tries to promote the integration of this new technology in Kinesiology.

General objective: to investigate the degree of information that Graduates in Kinesiology have about the use of Additive Manufacturing (3D Printing) and its applications in the different branches of the profession, during the year 2021, in a Delegation of the College of Kinesiologists of the Province of Buenos Aires.

Materials and methods: it consists of a descriptive, observational, non-experimental and cross-sectional study. Through non-probabilistic and convenience sampling, a total of 46 kinesiologists, members of a Regional Delegation of the College of the Province of Buenos Aires, were surveyed during November and December 2021.

Results: According to the professionals, 41.3% have no knowledge about 3D printing. Scientific dissemination and social networks in the same percentage (27.5%) are the main ways of accessing information. 82% recognize this technology as a therapeutic resource. Among its advantages stand out the versatility and immediacy in production (27.5%) and the quality of the designs (24.4%).

Conclusions: although the degree of knowledge about 3D printing in rehabilitation is low, professionals consider it a beneficial resource to use in Kinesiology.

Keywords: 3D printing, additive manufacturing, kinesiology, assistive devices, role of the physical therapy.

Introducción Pág. 1

Capítulo Primero

“Impresión 3D: concepto, evolución y estado actual” Pág. 5

Capítulo Segundo

“Beneficios aportados y rol en la Kinesiología” Pág. 18

Diseño Metodológico Pág. 30

Análisis de datos Pág. 40

Conclusiones Pág. 73

Bibliografía Pág. 77

INTRODUCCIÓN

Las sociedades han utilizado los avances tecnológicos a modo de recurso para satisfacer las demandas originadas en la cotidianidad, como una constante a lo largo de su evolución. Este progreso tecnológico, motor para el desarrollo de las civilizaciones, ha estado marcado por diferentes hitos, conocidos como “Revoluciones Industriales”. Los actuales cambios de paradigmas se enmarcan en la denominada “Cuarta Revolución Industrial” (también llamada Industria 4.0), que se caracteriza por las nuevas tecnologías de generación, procesamiento y transmisión de datos e información. (Moreda, 2020)¹

En este contexto contemporáneo, se evidencia un cambio en la forma de entender la salud, debido a que se trata de uno de los sectores más expuestos a la evolución tecnológica. La Industria 4.0 está transformando los métodos de tratamiento y diagnóstico, así como también el vínculo entre los profesionales y los pacientes, con modificaciones en la gestión y organización de los sistemas sanitarios. Si bien este impacto en el sector sanitario se está evaluando en una etapa muy temprana, se destaca su positiva influencia para la salud: permite una mayor efectividad y eficiencia en la prestación de atención, así como una reducción de costos y mejor gestión de la información. (Castro Melo y Faria Araújo, 2020)²

Dentro de los novedosos avances que están surgiendo, se destaca la fabricación aditiva, conocida también como impresión tridimensional o 3D. Una tecnología que se basa en la deposición de un material capa sobre capa para construir gradualmente un objeto. Este método tiene la capacidad para contribuir al actual cambio de paradigma, que busca alejarse del abordaje convencional de “talla única” hacia una medicina personalizada, según sostienen Vaz y Kumar. (2021)³ En el sector de la salud, el rol de la fabricación aditiva tiene un potencial enorme y esto se ha visto reflejado recientemente por el gigantesco interés dentro de los profesionales, incluyendo aquellos del campo de la medicina física y la rehabilitación. (Kapadia et al. 2021)⁴ Los objetos tridimensionales en este sector pueden imprimirse como ayudas para diagnóstico, durante la planificación del tratamiento, con fines terapéuticos, con

¹ Ing. Pablo Moreda, de la ciudad de La Plata. Desarrolló en este artículo los cambios de paradigmas a nivel mundial que caracterizan la Cuarta Revolución Industrial y sus diferentes pilares tecnológicos.

² El objetivo principal de este estudio realizado por investigadores de Portugal, fue explorar el impacto que la Cuarta Revolución Industrial está teniendo en el sector de la salud.

³ Este artículo señala las diversas tecnologías de Impresión 3D y sus aplicaciones en productos farmacéuticos, junto con sus ventajas y desventajas. Destaca el potencial en la medicina personalizada en el tratamiento de pacientes dentro de un entorno clínico.

⁴ Investigación realizada por el Instituto de Rehabilitación de Toronto. Se evaluó la viabilidad de diseñar y construir en 3D los insumos necesarios para una prueba de función de la mano.

finés didácticos y también educativos. Las impresoras 3D ofrecen una vía de acceso única para fabricar órtesis y prótesis personalizadas, según las necesidades individuales de cada paciente, tal como afirma Mardis (2018)⁵

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁶, se puede definir la rehabilitación como «un conjunto de intervenciones encaminadas a optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad en personas con afecciones de salud en la interacción con su entorno». Fortaleciendo su espacio dentro del equipo de salud, la Kinesiología es una disciplina que se encuentra en una permanente transformación. En Argentina, desde su origen el 13 de abril de 1937, ha ido adaptándose para dar respuesta a las demandas socio-profesionales que se presentaron en diferentes contextos históricos del país. (Fredes et al. 2018)⁷ El kinesiólogo es quien tiene a su cargo y responsabilidad, la determinación y aplicación de los distintos agentes fisiso-kinésicos para el tratamiento correspondiente. A partir del artículo 14, de la Ley Provincial N° 10.392 de Ejercicio Profesional se establece que:

“Se considerará como actividad y ejercicio de la profesión de Kinesiólogo, toda acción o actividad que desarrolle y aplique la Kinesioterapia, Kinefilaxia, Fisioterapia y las actividades de Docencia e Investigación con ellas vinculadas”.

Además, los kinesiólogos están facultados para aplicar todo otro medio o técnica, no comprendido en forma expresa en la presente ley, *“pero que tenga finalidad terapéutica”*. Entendiendo que se trata de un área de la salud con un abordaje centrado en el individuo, con intervenciones y enfoques seleccionados según el caso, la fabricación aditiva se presenta como un complemento idóneo para el campo de la rehabilitación desde una perspectiva personalizada. Frente a los nuevos paradigmas de la Cuarta Revolución Industrial y los aportes de la impresión tridimensional en el campo de la salud, esta tecnología resulta una herramienta potencialmente beneficiosa para la Kinesiología.

⁵ Profesor de la Universidad de Missouri, aborda los distintos tipos de impresoras y materiales disponibles y las posibles aplicaciones de los modelos 3D en el campo de la atención médica.

⁶ La Organización Mundial de la Salud, es el organismo especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención a nivel mundial en la salud, dependiente de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

⁷ En este capítulo de la Revista Argentina de Terapia Intensiva se destaca el rol y las competencias del kinesiólogo dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos.

En base a las afirmaciones anteriores, surge el siguiente Problema de Investigación:

- ¿Cuál es el grado de información que tienen los Licenciados en Kinesiología sobre el uso de la fabricación aditiva (impresión 3D) y sus aplicaciones en las distintas ramas de la profesión, durante el periodo comprendido entre noviembre y diciembre del 2021, en una Delegación Regional del Colegio de Kinesiólogos de la Prov. Buenos Aires?

Para la resolución del Problema de Investigación se plantea el siguiente Objetivo General:

- Indagar el grado de información que tienen los Licenciados en Kinesiología sobre el uso de la fabricación aditiva (impresión 3D) y sus aplicaciones en las distintas ramas de la profesión, durante el periodo comprendido entre noviembre y diciembre del 2021, en una Delegación Regional del Colegio de Kinesiólogos de la Prov. Buenos Aires.

A continuación, se proponen los siguientes Objetivos Específicos:

- Determinar el grado de información que tienen los Lic. en Kinesiología sobre el proceso que conlleva la fabricación aditiva.
- Identificar las vías de acceso a la información y fuentes consultadas con respecto a la fabricación aditiva por parte de los Lic. en Kinesiología.
- Examinar las áreas de la profesión en las que utilizarían la fabricación aditiva los Lic. en Kinesiología.
- Sondear sobre ventajas y desventajas reconocidas sobre la utilización de la fabricación aditiva por los Lic. en Kinesiología.
- Diseñar un folleto explicativo para ampliar la información sobre la fabricación aditiva de los Lic. en Kinesiología.

Ante el Problema de Investigación planteado anteriormente, surge la siguiente hipótesis:

- “Los Lic. En Kinesiología reconocen beneficios sobre esta tecnología aplicada en las distintas ramas de la profesión”.

CAPÍTULO PRIMERO

Impresión 3D: concepto, evolución y estado actual.

El término “Revolución” señala un cambio abrupto y radical. A lo largo de la historia, las revoluciones se han producido de la mano del desarrollo notable de nuevas tecnologías y formas novedosas de percibir el mundo que desencadenaron una modificación profunda en las estructuras sociales y económicas de la civilización. (Schwab, 2017)⁸ La Primera Revolución Industrial, que tuvo su origen en Inglaterra durante el último tercio del siglo XVIII, utilizó como recurso la energía del agua y el vapor para mecanizar la producción. Un siglo después, La Segunda Revolución Industrial, fue impulsada por la producción en masa, posible gracias a la electricidad. La Tercera Revolución Industrial comenzó en la década de 1960 y utilizó tecnología digital para alcanzar una producción automatizada.

En la actualidad, como sostiene el profesor Klaus Schwab, fundador y presidente ejecutivo del Foro Económico Mundial (Foro de Davos), se puede considerar el comienzo de la Cuarta Revolución Industrial, con su notorio impacto fundamentalmente en la forma en que se vive, se trabaja y se relacionan las personas. (Park, 2016)⁹ Esta última revolución (4.0) tiene como características la transferencia y procesamiento de una gran cantidad de datos (Big Data) junto con la digitalización de los entornos productivos y su conectividad (Moreda, 2020). Los procesos de producción se tornan más eficientes y autónomos; se abre paso a la descentralización de la producción, resultante de la interconectividad entre las diferentes estaciones de producción, lo que permite que toda la cadena trabaje de manera conjunta y los tiempos se reduzcan, al igual que los defectos o fallas. Esto mediante dispositivos tecnológicos como sensores, dispositivos de almacenamiento y/o dispositivos para recibir y enviar información en tiempo real, acompañado de sistemas virtuales como la inteligencia artificial, que ofrece la posibilidad que las máquinas tomen decisiones autónomas en base del estado actual de la producción, tal como expresa López Rivera (2019)¹⁰. Se encuentra disponible un conjunto de novedosos recursos tecnológicos y digitales como: el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data, la Inteligencia Artificial, la Computación en la Nube, la Robótica, la Realidad Aumentada, la Simulación Virtual, la Nanotecnología, la Fabricación Aditiva o incluso los drones, entre otras. (García

⁸ En su libro “La Cuarta Revolución Industrial”, el economista Schwab describe las características de esta nueva revolución tecnológica y resalta las oportunidades y dilemas que plantea para la sociedad actual.

⁹ Presidente de la Asociación Internacional de Informática Médica (IMIA) explica en éste trabajo los alcances de la Cuarta Revolución Industrial y sus recientes desafíos.

¹⁰ En su investigación, el autor desarrolla las características de la Cuarta Revolución Industrial y las tendencias en la Industria 4.0.

Ortega, 2021)¹¹ La fabricación aditiva representa uno de los pilares fundamentales de la actual Cuarta Revolución Industrial, la industria 4.0. (Moreda, 2020)

La fabricación aditiva (“AM” en siglas que hacen referencia al término en inglés additive manufacturing) o también en un contexto no técnico, Impresión 3D, consiste en un proceso donde las piezas físicas se elaboran mediante un diseño asistido por ordenador y los objetos se construyen capa por capa, tal como expresa Salmi (2021)¹². O bien, según Elemoso (2020) es la tecnología de fabricación rápida de prototipos, que se utiliza para el desarrollo con alta precisión de complejas arquitecturas, a través del proceso por etapas de construcción del producto de acuerdo con el modo digital especificado.

Poco tiempo atrás, las técnicas principales que se empleaban en la fabricación de objetos eran tres y consistían en la sustracción paulatinamente de materia hasta lograr la pieza final (ya sea por esculpido, tallado, fresado o perforación), en combinar diversos materiales (como los tejidos o collages) o también, a través de deformar la materia hasta darle el acabado deseado (moldeado, plegado). Tradicionalmente, durante la fabricación de un objeto se suelen combinar estos diferentes procedimientos, lo que requiere la utilización de numerosas herramientas y el empleo de diferentes materiales. (Berchon y Luyt, 2015)¹³ Además, hay que tener en consideración que, durante el transcurso de todo este proceso, se desperdicia parte de las materias primas utilizadas, junto con una gran cantidad de energía que se consume en modificar el estado de la materia y otra parte que se destina para las herramientas especializadas y optimizadas, para producir ese objeto y nada más. (Bucco, 2016)¹⁴ De un modo completamente distinto, la fabricación aditiva funciona creando la pieza en un solo paso, capa por capa.

Existen numerosos procesos de impresión 3D, no obstante, todos tienen en común la forma en la que los objetos se producen, mediante la superposición de capas sucesivas. Por este motivo se fundamenta el nombre que la técnica recibe, tecnología

¹¹ Este documento presenta una introducción a la Industria 4.0, desarrolla el concepto y sus herramientas. Además de las transformaciones y los grandes retos para la sociedad moderna.

¹² La presente revisión contempla los procesos y materiales para la fabricación aditiva utilizados en aplicaciones médicas, con un especial énfasis en aquellos procedimientos que se utilizan con menos frecuencia.

¹³ Berchon y Luyt en su libro muestran un panorama completo de la impresión 3D. Describen el estado de desarrollo de la tecnología. Explican las diferentes técnicas de impresión, los tipos de impresoras y materiales, hasta los campos de aplicación de esta tecnología.

¹⁴ El autor de este trabajo de maestría hace mención sobre el estado actual de la impresión 3D, sus áreas de aplicación y las implicaciones a futuro en los servicios médicos.

aditiva, pues se lleva a cabo mediante la adición de materia, el objeto cobra forma a medida que las capas se solidifican. (Berchon y Luyt, 2015) La tecnología de impresión tridimensional es de mucha utilidad en las situaciones donde se requieren bajos volúmenes de producción, con gran complejidad en el objeto diseñado y constantes ajustes en su elaboración. Es decir, ofrece la posibilidad de producir piezas complejas superando las limitaciones que acompañan los métodos de fabricación convencionales. (Abdulhameed et al. 2019)¹⁵

El reconocimiento en la sociedad que han adquirido las impresoras 3D, más la difusión que han proporcionado los medios de comunicación, ubican la impresión tridimensional como una tecnología que está dando sus primeros pasos. Pero la verdad es que sostener esto está muy alejado de la realidad, ya que existe desde hace más de 30 años. Sin embargo, hay que mencionar el hecho de que permaneció circunscripta como una técnica de uso industrial muy especializada, y en sus comienzos se utilizó con fines destinados al prototipado rápido y la elaboración de instrumentos y herramientas. Quizás este ingreso por la puerta de atrás fue lo que le permitió desarrollarse con tiempo y discretamente, pero con mucha eficacia. (Berchon y Luyt, 2015)

Como sostiene Kapadia (2021), en el último tiempo, esta tecnología ha cobrado una relevancia superior en el interés de científicos e ingenieros, así como en aquellos individuos que le dan un uso personal. Se puede atribuir este auge a la mayor disponibilidad de las impresoras, a un menor costo y a los avances en técnicas y procedimientos alcanzados. Desde el año 1974, cuando el británico David E. H. Jones, químico y escritor científico, hizo referencia al concepto de fabricación aditiva en su columna "Ariadne" de la revista *New Scientist*¹⁶, el proceso no solo se ha convertido en una realidad práctica, sino que también se ha transformado en una tecnología de avanzada para la creación de prototipos. (Mahr y Dickel, 2020)¹⁷

En el cuadro a continuación se detallan acontecimientos vinculados con el origen de la fabricación aditiva.

¹⁵ Los autores de este trabajo presentan una revisión exhaustiva relacionada con la fabricación aditiva, donde se analiza la evolución de esta tecnología destacada y sus diversas fases, con énfasis en los problemas que se asocian a los diferentes métodos de fabricación.

¹⁶ Fundada en 1956, "New Scientist" es una revista con renombre internacional, de divulgación científica que cubre los avances en ciencia y tecnología para lectores angloparlantes.

¹⁷ Este artículo explora cómo, en el caso de una crisis global, los enfoques co-productivos localizados para resolver la escasez inducida por la pandemia actual desafían la comprensión existente de los derechos de propiedad intelectual.

Cuadro N°1: Pioneros en la Fabricación Aditiva.

| PENSADORES QUE NO LOGRARON PATENTAR | | |
|--|---|---|
| David E. H. Jones | Hideo Kodama | Jean-Claude André |
| Año 1974 - Inglaterra | Año 1981 - Japón | Año 1984 - Francia |
| Se considera como la primera mención sobre el término Fabricación Aditiva (additive manufacturing) aquella publicación realizada por el químico y escritor científico en su columna “Ariadne” de la revista internacional New Scientist. | El Dr. Kodama inventó un sistema basado en foto-endurecimiento de polímeros plásticos mediante rayo láser. Fue el primero en presentar una solicitud de patente pero no logró cumplir con el protocolo requerido para conseguirlo. | Junto con De Witte y Le Méhauté, trabajaron en un método que utilizaba un rayo láser para endurecer el líquido sensible a la luz UV. El proyecto no prosperó y se abandonó la solicitud de la patente debido a la financiación inadecuada. |

Fuente: Elaboración propia a partir de Paoletti y Ceccon (2018) y Mahr y Dickel (2020).

En términos reales, los orígenes de la fabricación aditiva se remontan a fines del año 1988, donde se produjo el lanzamiento de la primera impresora 3D por parte de la que era entonces una joven empresa fundada por el ingeniero Charles W. Hull¹⁸. El procedimiento que empleaba era la estereolitografía, una técnica creada y patentada por él durante 1984. En aquella época no existía aún la expresión “impresión 3D”, sino que Hull habla de “stereolithography apparatus”, para describir el método de fabricación por capas sucesivas a partir de un material sensible a los rayos ultravioleta. Desde sus comienzos, esta nueva tecnología cosechó un auténtico éxito en el mundo industrial. La empresa también se vincula con el origen del STL¹⁹ (Standard Tessellation Language, o en español, “Lenguaje Estándar de Teselado”), según explican Berchon y Luyt (2015).

¹⁸ Hull es conocido como el padre de la Impresión 3D. Inventó la primera tecnología disponible en el mercado y desde entonces, con sus innovaciones de vanguardia continúa liderando la industria. Forma parte del Salón de la Fama de inventores estadounidenses.

¹⁹ Consiste en un un formato de archivo estándar de diseño asistido por computadora que permite la transferencia de información para el correcto funcionamiento de una impresora tridimensional.

Como suele ocurrir a menudo en la evolución de todas las técnicas, por la misma época había más inventores ideando otros procedimientos de fabricación aditiva. La Fabricación de Objetos Laminados (LOM - *Laminated object manufacturing*) se trata de una técnica desarrollada durante el año 1986 que, a través de su sólida evolución, fue lanzada al mercado en 1991 y gracias a sus avances, se considera como una de las tecnologías de impresión 3D más experimentadas. La obtención del modelo se consigue capa a capa a partir de la adhesión de láminas, unas sobre otras, y el recorte de las mismas mediante haz láser o bordes filosos que siguen los contornos definidos. (Wang y Yang, 2021)²⁰ En el año 1989, Carl Robert Deckard desarrolló un método alternativo de impresión 3D, llamado Sinterización selectiva por láser (según sus siglas, SLS - *Selective Laser Sintering*). Esta técnica utiliza un láser como fuente de energía para fusionar o sintetizar materiales en polvo, generalmente a base de plástico, metal, cerámica o vidrio, para crear objetos 3D sólidos capa por capa.

Por otro lado, con su empresa, Scott y Lisa Crump lograron patentar un nuevo método reconocido de impresión 3D durante 1988. El Modelado por Deposición Fundida (FDM - *Fused Deposition Modeling*) es una de las tecnologías de extrusión de materiales que, a través de una boquilla a temperatura elevada, funde filamentos de termoplásticos para depositarlos en un sustrato de impresión, a través de la superposición de capa sobre capa. Las impresoras 3D con este método fueron pioneras gracias a una nueva forma de elaborar productos desde su invención y proporcionaron un método para crear prototipos a un costo menor, como lo mencionan Tetsuka y Shin (2020)²¹.

Emanuel Sachs y sus asociados en el Massachusetts Institute of Technology durante 1989 lograron desarrollar el proceso de Impresión Tridimensional. De manera similar al funcionamiento de una impresora de inyección de tinta tradicional, se forma el objeto gradualmente a través de una solución de unión (pegamento) extruido en una película de polvo, método que más adelante se conocerá como "inyección de aglutinante" (BJ - *Binder Jetting*). Por la misma época, en Alemania durante 1989, Hans Langer enfocó su trabajo en una técnica donde utilizaba un haz de luz para

²⁰ Este documento revisa el proceso de fabricación, los materiales y algunos productos de los dispositivos médicos implantables impresos en 3D. Además analiza las tendencias en su desarrollo actual.

²¹ Los autores en esta revisión presentan los desarrollos recientes en materiales novedosos y técnicas de impresión 3D para abordar las necesidades de las metodologías de impresión 3D convencionales, especialmente en aplicaciones biomédicas.

elaborar objetos tridimensionales en metales utilizando como base datos de modelos informáticos, denominada como Sinterización láser directa. (Vaz y Kumar, 2021)

Actualmente, para el campo de la salud se reconocen múltiples beneficios aportados por la fabricación aditiva y con sus diferentes aplicaciones, se están logrando nuevos enfoques en cuestiones sanitarias. Un tema de investigación emergente vinculado con esta tecnología es lo que ocurre en la medicina regenerativa y los trasplantes de tejidos y órganos. Por ejemplo, en el año 2001 por primera vez se reportó el trasplante de un órgano impreso en 3D a un paciente a cargo del Dr. Atala²² Anthony, director del Instituto Wake Forest de Medicina Regenerativa en Estados Unidos. Junto con su equipo, utilizaron como andamio una cúpula con el tamaño de la vejiga humana construida a partir de un polímero biodegradable que luego fue cubierto con las propias células de la vejiga del paciente, capa por capa mediante una impresora 3D, según expresan Tetsuka y Shin (2020). La bioimpresión 3D se trata de un enfoque extremadamente prometedor, ya que permite la combinación de fabricación aditiva e ingeniería de tejidos biológicamente compatibles (Salmi, 2021). Además, Elemoso (2020) define la bioimpresión 3D como la tecnología de fabricación capa por capa de tejidos y órganos compatibles, de acuerdo con un modelo digital y teniendo como recurso células vivas a modo de material de impresión.

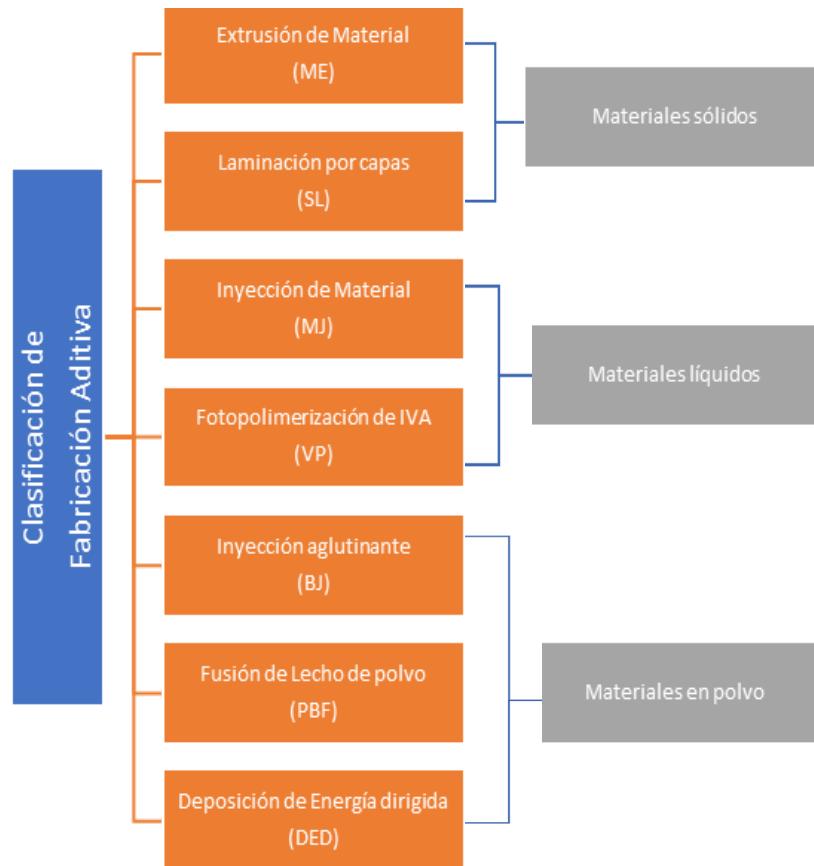
Esta tecnología está transformando y revolucionando la ciencia de la manufactura en la actual Industria 4.0. Desde sus orígenes en la década de 1980 con la producción de elementos tridimensionales en el área industrial, la fabricación aditiva ha logrado que cada uno de los años siguientes se desarrollara un nuevo principio de fabricación o se mejore uno existente. En la literatura disponible, las diferentes técnicas de impresión 3D se clasifican de diversas formas. Existen aquellas que las ordenan según el método de deposición, mientras que otras lo hacen según el tipo de material utilizado. La estandarización de sus diferentes técnicas ha sido establecida muy recientemente. (Nath y Nilufar, 2020)²³

²² Cirujano especialista en urología, es uno de los mayores referentes mundiales en investigación en el área de medicina regenerativa.

²³ Este artículo ofrece una descripción general del estado actual de la fabricación aditiva con polímeros y compuestos poliméricos. Se destacan las aplicaciones, los desafíos actuales y las direcciones futuras.

Continuando con lo aportado por Salmi (2021), la Organización de Normalización ASTM²⁴ e ISO²⁵ clasifican el proceso de fabricación aditiva en siete categorías generales diferentes:

Diagrama 1: Clasificación de la Fabricación Aditiva.



Fuente: adaptado de Abdulhameed et al. (2019).

Cada una de las categorías incluye diversos proveedores, soluciones y opciones de materiales. Respecto a la clasificación, es válido aclarar que todavía la terminología estándar no se encuentra en la mayoría de los artículos científicos y, a menudo, se utilizan nombres comerciales para los procesos mencionados.

Los procesos y principios que ofrece esta tecnología se enumeran en el siguiente cuadro, junto con una breve descripción de los mismos, el tipo de material

²⁴ Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés, es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.

²⁵ La Organización Internacional de Normalización es una organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de normalización.

que utilizan, las aplicaciones en el campo de la salud que brindan y sus respectivas ventajas y desventajas.

Cuadro N°2: Procesos de Fabricación Aditiva y sus aplicaciones.

| Tipo de proceso 3D | Descripción | Aplicaciones sanitarias | Ventajas | Desventajas |
|----------------------------|--|--|--|--|
| Fotopolimerización en tina | Utilizan resinas de fotopolímeros dentro de un recipiente, a partir del cual se construye el modelo. Incluye la Estereolitografía (SLA) y Proyección de luz digital (DLP). | Fabricación de estructuras óseas, modelos dentales, guías de implantes. Dispositivos como audífonos. | Logra resolución y precisión de calidad. Piezas complejas y un buen acabado superficial. | Carece de resistencia y durabilidad. Sigue afectado por la luz UV después de la impresión. No es para uso intensivo. |
| Extrusión de materiales | Se extrae material ²⁶ por una boquilla con alta temperatura y lo deposita por capas, con movimientos horizontales en una plataforma que se mueve en eje vertical. Comprende Mod. por deposición fundida (FDM), Fab. de filamentos fundidos (FFF). | Dispositivos médicos e instrumentos quirúrgicos. Elaboración de prótesis. | Proceso económico y generalizado. Soporte de plástico ABS: buenas propiedades estructurales. | Baja precisión y dependencia del grosor de la boquilla: a mayor tamaño de la boquilla, menor calidad. Baja velocidad. |
| Chorro de aglomerante | Un cabezal deposita capas alternas de material de construcción en polvo ²⁷ y un aglutinante líquido como medio de unión, sobre una plataforma a través de movimientos horizontales. Método que aplica el 3DP (3D Printing). | Elaboración de modelos educativos de calidad y a color. | Fabricación rápida. Gama amplia de materiales y colores. Mejores propiedades según la combinación. | No siempre es adecuado para piezas estructurales. La limpieza del resultado de la impresión necesita tiempo y prolonga el procedimiento. |

²⁶ Utiliza materiales como plásticos y polímeros: ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), PC (policarbonato), y nylon.

²⁷ Polímeros como ABS, PC o PA (poliamida). Otros son acero inoxidable, cerámica y vidrio.

| | | | | |
|-------------------------------|---|--|--|---|
| Fusión de lecho de polvo | Con energía térmica se fusionan regiones selectivas dentro de un recipiente con materiales a base de polvo ²⁸ como el caso de Sinterización selectiva por láser (SLS) o la Fusión selectiva por láser (SLM). | Dispositivos médicos como implantes y fijaciones. Permite modelos con enrejados. | Tecnología pequeña y económica. Gran variedad y opciones de materiales. | Baja velocidad. Tamaños limitados. Escasas propiedades estructurales de materiales, con dependencia del grano de polvo. |
| Chorro de material | Similar al método de las impresoras de tinta, deposita material en una plataforma con un enfoque continuo o de gota bajo demanda. Representado por el Modelado multijet y la Inyección de nanopartículas (NJP). | Modelos anatómicos en educación. Guías e implantes dentales personalizados. | Alta precisión. Bajo desperdicio de material. Múltiples partes de materiales y colores en un solo proceso. | Materiales limitados, solo se admiten polímeros y ceras. Material de soporte requerido. |
| Laminación de láminas | Se utilizan láminas u hojas de material, por lo general metal y con soldadura ultrasónica, se unen las capas hasta formar el objeto. | Modelos médicos para aplicación quirúrgica y ortopédica. | Velocidad. Económico. Facilidad de manejo de materiales. | Materiales limitados. Necesidad de procesamiento posterior. |
| Deposición de energía directa | Mediante una fuente de calor fusiona las capas. Utilizado para reparar o agregar material a un componente existente. Incluye Deposición láser de metal (LMD), Mod. de redes con láser (LENS). | Escasas aplicaciones en salud. Se usa en reparaciones de piezas específicas. | Fabricación de calidad, rápida deposición por capas. Piezas densas, sin necesidad de soportes. | Gama limitada de materiales. Poca calidad de acabado. |

Fuente: elaboración propia a partir de Aimar et al. (2019) y Salmi (2021).

²⁸ Los polímeros y metales más comunes utilizados son el nailon, acero inoxidable, titanio, cobre, aluminio, cromo cobalto, acero.

Al momento de elaborar una pieza para ser impresa en 3D, como sostiene Gómez González (2020)²⁹, la primera etapa consiste en el diseño del objeto tridimensional. Para conseguir este modelo, se puede crear mediante un software de diseño, descargar desde un repositorio online o reconstruir a través de ingeniería inversa, en base a imágenes médicas o un escáner 3D. Por medio de un software está la posibilidad de crear, modificar, analizar y optimizar el diseño en cuestión, proceso que se conoce como “diseño asistido por computadora” (CAD – computer aided desing) según Ejnisman et al. (2021)³⁰

Existen distintas técnicas para capturar, medir o modelar objetos existentes (dentro de los cuales se incluye la anatomía del cuerpo humano) y así poder generar modelos digitales óptimos para tratar con un software CAD. Se destacan como métodos más utilizados, la Tomografía computarizada (TC) y la exploración 3D. Los tomógrafos modernos en su mayoría tienen la capacidad de reconstruir imágenes en 3D con alta resolución, mientras que por su lado, el escaneo tridimensional ofrece una solución más práctica y accesible para capturar la topografía del segmento en estudio. Un escáner se basa en la luz para determinar la posición de puntos en la superficie del objeto en el espacio, que luego permite la reconstrucción digital.

Dentro de los diversos métodos, los sistemas más utilizados incluyen técnicas de láser y métodos de luz estructurada. Con la técnica de láser, un dispositivo de mano proyecta un haz de luz en la superficie deseada y se obtienen los datos gracias a un sensor, mientras que los métodos estructurados aplican patrones de luz predefinidos en el objeto, que luego son captados por una cámara. Con éste último, los datos son más precisos y menos ruidosos que con el escaneo láser, sin embargo, el escaneo láser parece ser el método más adecuado en términos de costo, resolución, velocidad, precisión, seguridad del paciente y eficiencia general. El tiempo de procesamiento de ambas técnicas para el escaneo 3D es significativamente menor en comparación con el que requiere una tomografía computarizada, así como el tamaño de los archivos de datos. Además, el modelo creado con escaneo 3D puede tener textura y color, a diferencia de los modelos creados a partir de TC. Se pueden considerar limitaciones del escaneo 3D aquellas complicaciones asociadas con

²⁹ Dr. Ing. Sergio Gómez González en la 2da edición de su libro “Impresión 3D” explica de qué se trata dicha tecnología y repasa el estado del arte actual.

³⁰ Los autores tienen como objetivo de este artículo presentar los principios de fabricación aditiva y sus principales aplicaciones en el campo de la ortopedia.

lecturas difíciles de algunos materiales brillantes o reflexivos y también, la captura de objetos con estructuras internas complejas. (Ejnisman et al. 2021)

Luego, una vez finalizado el diseño, el mismo se exporta en un formato compatible con las impresoras 3D, conocido como STL. Éste se originó como una solución para facilitar la comunicación entre el software CAD y las máquinas por los problemas generados de incompatibilidad en relación con la transferencia de datos. Su funcionamiento está basado en la traducción de la superficie del diseño, además de la eliminación de cualquier otra información como colores, materiales y texturas, generando un archivo ligero y simplificado. Debido a la tarea que cumple, también es común que se enlacen las siglas STL con los términos “Standard Triangle Language” o “Standard Tessellation Language”³¹.

Como explican Berchon y Luyt (2015), en la siguiente etapa se realiza la impresión del modelo tridimensional, donde la impresora, capa por capa, fabrica la pieza siguiendo las órdenes determinadas con anterioridad. En este punto, se deben tener en cuenta ciertos aspectos como la calibración de la máquina, su correcto funcionamiento y el mantenimiento y ajuste adecuado de los componentes, ya que resultan fundamentales para alcanzar un resultado óptimo.

Por último, en la instancia del post procesado, con la pieza ya impresa en 3D, se busca alcanzar su estado final, por lo que se deben realizar pequeñas modificaciones. Esta fase es totalmente dependiente de la tecnología que se haya utilizado para dicho objetivo, debido a que, por ejemplo, en las piezas generadas por extrusión en ABS³² se deben retirar los soportes para luego ser tratadas con vapor de acetona hasta lograr una correcta fusión entre las capas, o de igual manera, en las impresiones mediante fotopolimerización de resinas, se debe retirar los soportes y posteriormente aplicar un tratamiento con luz y/o calor hasta que la pieza tenga el terminado deseado. También en impresiones por SLA, en ciertas ocasiones, habrá que pulir su superficie para conseguir acabados lisos, y en otras tecnologías, realizar calentamientos del implante con el fin de fusionar bien sus elementos y eliminar los aglutinantes, según afirma Jorge Diaz (2020)³³.

³¹ Estas expresiones no son el origen de las siglas sino un retroacrónimo, es decir, fueron creadas a posteriori con la intención de encajar con las siglas STL según Lago (2020).

³² Se trata de uno de los plásticos más utilizados en la impresión 3D. Se funde a 200° y requiere de una plataforma térmica para su deposición.

³³ En su investigación “Impresión 3D: el futuro de la Cirugía Ortopédica y la Traumatología”, presenta la impresión 3D como técnica fiable y reproducible para la formación en osteosíntesis.

Gráfico N° 1: Fases del proceso de Impresión 3D.



Fuente: Heinze et. al. (2020).

CAPÍTULO SEGUNDO

Beneficios aportados y rol en la Kinesiología.

Los ámbitos que se caracterizan por la búsqueda de un alto grado de personalización, son justamente donde el rol de la fabricación aditiva tiene mayor valor agregado. No existe campo que valore y requiera más la personalización como el de la salud. La precisión en la fabricación de las prótesis, por ejemplo, es imprescindible para el confort y bienestar del paciente, según indica Bucco (2016). A través de estas aplicaciones médicas diseñadas a medida de la anatomía de cada individuo, es que esta tecnología tiene un alto potencial para transformar la atención sanitaria, logrando así una mayor adherencia al tratamiento por parte de los pacientes. (Vaz y Kumar, 2021)

Recientemente, se observa un meteórico aumento en el interés dentro de la medicina en general, como también en el campo de la medicina física y la rehabilitación. Para estas especialidades, la impresión 3D no hace excepción al momento de ofrecer posibilidades únicas frente a los obstáculos frecuentemente vinculados con la producción y entrega de los dispositivos. En el ámbito de la rehabilitación y kinesioterapia, esta tecnología se ha enfocado principalmente en el diseño de órtesis, prótesis y diferentes tecnologías de asistencia individualizadas. (Kapandia et al. 2021)

En vista de ello, existen múltiples beneficios para destacar de la fabricación aditiva en el ámbito de la salud. En principio, el mayor atributo que otorga es la personalización de los diseños en las aplicaciones médicas, gracias a la libertad que dispone para elaborar diseños acordes a cada situación clínica. (Ballena, 2017)³⁴ De esta manera puede satisfacer las necesidades individuales que derivan de la anatomía y patología de cada paciente, como explica Jamroz et al. (2018)³⁵ Este beneficio en parte se sustenta por el enorme potencial que dispone la impresión 3D para fabricar geometrías complejas. (Javaid y Haleem, 2018)³⁶ Ciertamente, los límites al momento de elaborar objetos tridimensionales están impuestos en gran parte por las características físicas y químicas del material que esté a disposición. En los días que corren, los softwares de diseño y el amplio espectro de materiales y métodos de

³⁴ El autor aborda las tendencias en la industria de los dispositivos médicos con la finalidad de proporcionar herramientas para las correctas prácticas de la manufactura. Menciona también las consideraciones técnicas para el diseño y fabricación de dispositivos 3D implantables.

³⁵ En esta revisión se hace referencia a los logros y desafíos más recientes de la fabricación aditiva en el campo de la investigación biomédica y farmacéutica. Describe las diferentes técnicas desarrolladas y los beneficios aportados por esta tecnología.

³⁶ Revisión literaria sobre la fabricación aditiva y sus tendencias futuras. Analiza las diferentes aplicaciones en el campo de la salud.

impresión, permiten generar prácticamente cualquier modelo capaz de imaginarse. (Jorge Díaz, 2020) Mediante este beneficio, explican Javaid y Haleem (2018), se logra una atención de mayor calidad para el paciente. Para mencionar un ejemplo, siguiendo lo aportado por Ballena Santos (2017), la personalización representa un inmenso valor tanto para los profesionales como para los pacientes, con esta tecnología se puede lograr la elaboración de prótesis e implantes a medida y a su vez diseñar los accesorios y herramientas quirúrgicas necesarias para el caso. Esto representa un impacto positivo en términos de tiempo, ya sea dentro del quirófano durante la cirugía, o bien fuera, con la posterior recuperación y rehabilitación designada a cada paciente.

Otro beneficio a destacar sobre la impresión 3D es que supone un auténtico ahorro, tanto en el material utilizado como en el tiempo invertido en la producción. Durante la fabricación del objeto no se utiliza más que el material necesario y lo que no se usa o queda como excedente, puede ser reciclado para la elaboración posterior de otro diseño. A su vez, al contrario de lo que se cree, este método de fabricación también permite ganar tiempo durante la producción. Es cierto que, si bien el proceso de impresión es por lo general más lento³⁷ que el resto de los métodos de fabricación, el tiempo medio de prototipado es en cambio, considerablemente menor. (Berchon y Luyt, 2015) Además, otro aspecto a reconocer es que el costo total por diseño impreso generalmente no aumenta con su complejidad, sólo con su volumen. Incluso cuando se fabrican varias copias u objetos diferentes en una misma plataforma de construcción, el tiempo que conlleva por pieza puede disminuir, lo que equivale a mayor ahorro en costos. (Ejnisman et al. 2021)

Gracias a la impresión 3D, el tiempo de entrega de un producto se realiza en un lapso menor y es mucho más eficaz en comparación con los métodos tradicionales de fabricación de insumos, tales como prótesis e implantes, que de manera convencional requieren un proceso de molienda, forja y un plazo largo para su despacho. Asimismo, la fabricación aditiva ha mejorado en otros aspectos como la resolución, precisión, fiabilidad y repetitividad en sus técnicas de impresión, según menciona Ballena (2017). La fabricación de estos productos se realiza con mayor facilidad y simplicidad a expensas de la flexibilidad y versatilidad reflejadas en esta tecnología. (Trigo Gómez y Monge Vera, 2020)³⁸

³⁷ El tiempo estimado para imprimir un objeto 3D depende de múltiples parámetros como la complejidad en su diseño, el grosor de la pared, su relleno o la altura de las capas.

³⁸ El artículo redacta la implicación de la impresión 3D en el diseño y fabricación de un dispositivo que dé servicio a las necesidades de los profesionales del sector de la salud.

Por si fuera poco, la democratización digital³⁹ que ofrece esta tecnología se trata de otro aspecto a enfatizar. Se encuentra disponible una gran cantidad de software libre, así como un mercado con diversidad de impresoras 3D a un costo relativamente bajo, lo que muestra que esta tecnología ya no es una herramienta costosa y limitada a situaciones muy específicas. (Ejnisman et al. 2021) La naturaleza de los archivos de datos para diseños digitales a imprimir, representa una oportunidad sin precedentes para el intercambio de información entre los investigadores. Ahora, en lugar de intentar reproducir los parámetros que se describen en revistas científicas, los investigadores pueden acceder a los archivos STL descargables disponibles en las bases de datos de código abierto⁴⁰ y de esta manera, utilizar una impresora 3D para fabricar una réplica exacta de un modelo (por ejemplo un dispositivo médico), resultando en un intercambio efectivo de información, como sostiene Ballena Santos (2017).

La impresión tridimensional ofrece también ventajas medioambientales significativas sobre las técnicas tradicionales de fabricación, a través de la reducción de materias primas y, por ende, residuos que se utilizan durante el desarrollo e impresión de objetos. Sin embargo, la recomendación que rige es monitorizar estrechamente los riesgos ambientales potenciales a medida que evoluciona esta tecnología explica Bucco (2016).

Por otro lado, existen múltiples formas de clasificar las aplicaciones de la fabricación aditiva en el campo de la salud. Según explica Salmi (2021), en base a los diferentes tipos de aplicaciones se consideran las siguientes categorías: "Modelos médicos", "Implantes", "Herramientas, instrumentos y piezas para dispositivos médicos", "Ayudas médicas, guías de apoyo, férulas y prótesis" y por último, "Biofabricación".

Los modelos médicos son utilizados como recurso para fortalecer el conocimiento y apoyar la educación. A través de la impresión tridimensional, nace la posibilidad de acceder a ellos como modelos digitales o incluso, estructuras anatómicas impresas en 3D. (Heinze, Basulto Martinez y Suárez-Ibarrola, 2020)⁴¹

³⁹ Se entiende por democracia digital la disposición de la tecnología al servicio de la ciudadanía con un fin colectivo, que contribuye a la consolidación del sistema democrático.

⁴⁰ Una base de datos de código abierto es cualquier aplicación de base de datos con un código base que es gratis de ver, descargar, modificar, distribuir y reutilizar.

⁴¹ El objetivo de este artículo es proporcionar una visión general de las aplicaciones disponibles, así como de las líneas de investigación más prometedoras para el futuro cercano.

Tradicionalmente, la ciencia de la anatomía utiliza como medio las piezas cadavéricas o maquetas artificiales que representan el cuerpo humano para su enseñanza. Sin embargo, con esta metodología convencional se presentan algunos impedimentos: los cadáveres se limitan a escasos entornos académicos, se acompañan estrechamente de consideraciones éticas y, además se dificulta su presencia en aulas de clase regulares o en algunos espacios clínicos. A modo de reemplazo de piezas humanas verdaderas, se utilizan los modelos anatómicos artificiales, que se caracterizan por ser altamente costosos y difíciles de desarrollar. Con la posibilidad de acceder a piezas anatómicas impresas de manera tridimensional, se abre una gran oportunidad para la formación académica. En el último tiempo ya se utilizan modelos médicos en 3D para explicar enfermedades o procedimientos quirúrgicos a los pacientes. (Ejnisman et al. 2021) Se destacan cinco aspectos positivos que se logran a través de los modelos médicos cuando se emplea la fabricación aditiva: velocidad, costo, precisión, material y la facilidad de uso, afirman Javaid y Haleem (2018).

Continuando con la clasificación según lo aportado por Salmi (2021), los implantes son fabricados con el fin de reemplazar tejido defectuoso o faltante. Para su aplicación utilizan un material compatible con el organismo, persiguen requisitos muy estrictos y tienen un proceso de aprobación extenso. La impresión 3D se ordena como una opción favorable para la elaboración de implantes personalizados. Un proceso típico requiere la captura de la anatomía del paciente a modo de modelo digital que se utiliza como referencia para elaborar un diseño que con el ajuste específico al paciente. En algunas situaciones, estos objetos ya disponen de dimensiones físicas propias, (órganos del cuerpo), por lo que el desarrollo de estas partes de reemplazo implica un enfoque de ingeniería inversa, que se realiza mediante datos obtenidos de TC o RM. (Bahraminasab, 2020) Luego, el diseño asistido por ordenador⁴² (CAD) se conjuga con la impresión 3D y el implante a medida del paciente, se fabrica capa por capa. (Salmi, 2021) La ventaja de imprimir un implante de forma personalizada acorde a la anatomía y patología de cada paciente es que encaja de manera exacta y por consiguiente, disminuye la presión ejercida sobre tejidos subyacentes si se lo compara con un implante convencional. (Font y Cantón, 2021)⁴³

⁴² El diseño asistido por ordenador consiste en el uso de programas software para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas (en 2D o 3D) de objetos físicos como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de productos tradicionales.

⁴³ Monografía acerca de la impresión de implantes y guías quirúrgicas en 3D.

Respecto a la categoría de las Herramientas, instrumentos y piezas para dispositivos médicos, se destaca el papel que juegan los productos de apoyo (PA) y las herramientas, complementos idóneos dentro del área de la rehabilitación. Núñez González (2020)⁴⁴ define los productos de apoyo como cualquier elemento, incluyendo dispositivos, equipos, instrumentos, tecnología y software, fabricados especialmente para personas con discapacidad con el fin de facilitar su integración en la sociedad, así como también apoyar o sustituir funciones y/o estructuras corporales y actividades deficientes. En la actualidad, existe un porcentaje elevado de pacientes que, a pesar de la necesidad del uso de los productos de apoyo para la realización de sus AVD⁴⁵, no pueden acceder a estos por falta de recursos económicos. Frente a esta situación, aparece la necesidad de acceder a productos de apoyo a bajo costo, de forma rápida y que se adapten a las demandas del paciente, mediante su personalización.

La impresión 3D en este aspecto se encuentra en pleno desarrollo como método de intervención, hecho que se ve reflejado en los últimos trabajos realizados en centros de rehabilitación física. Como se mencionó anteriormente, en esta categoría se incluyen también las herramientas. Kapadia (2018) evaluó la viabilidad de su diseño en 3D para una prueba de función de mano en el Instituto de Rehabilitación de Toronto, que consiste en un método de evaluación de la función motora gruesa de las extremidades superiores. Sus hallazgos indicaron que la evaluación diagnóstica se puede imprimir en 3D de manera simple, confiable y válida, a la que se puede acceder desde prácticamente cualquier parte del mundo, lo que garantiza una alta repetibilidad en la fabricación de objetos y hace que la prueba esté disponible para todos los usuarios con una impresora 3D. Se trata de una prueba que se puede administrar con una capacitación mínima y produce resultados que son significativos, no sólo para la comunidad profesional sino también para los propios pacientes y sus cuidadores.

La siguiente categoría en las aplicaciones de la fabricación aditiva dentro del campo de la salud consiste en aquella que se enfoca en las órtesis, prótesis y tecnologías de asistencia, una variable que se ha explorado principalmente entre los profesionales de la rehabilitación. Una ortesis se puede considerar de la siguiente manera:

⁴⁴ El autor en su trabajo valoró los efectos de la intervención con Productos de Apoyo impresos en 3D en el desempeño ocupacional de los usuarios con daño cerebral adquirido.

⁴⁵ Las “Actividades de la Vida Diaria” son todas aquellas tareas y rutinas típicas que los individuos realizan diariamente y que le permiten vivir de forma autónoma e integrada en la sociedad, cumpliendo su rol dentro de ella.

“Según definición de la ISO, es un apoyo u otro dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético. El término se usa para denominar aparatos o dispositivos, férulas, ayudas técnicas y soportes usados en ortopedia, fisioterapia y terapia ocupacional que corrigen o facilitan la ejecución de una acción, actividad o desplazamiento, procurando ahorro de energía y mayor seguridad. Sirven para sostener, alinear ó corregir deformidades y para mejorar la función del aparato locomotor.” (Quiroz Zapata y Betancur Arango, 2020, p. 18)⁴⁶.

En el tratamiento de un hueso que sufre una fractura ósea⁴⁷ se siguen utilizando las férulas de yeso tradicionales, un procedimiento que se aplica desde hace mucho tiempo y que conlleva grandes inconvenientes para el paciente. Estas férulas de yeso no son impermeables, es decir, se debe evitar el contacto con agua debido a que, si esto ocurre, pierde sus propiedades de rigidez y la capacidad de mantener el hueso inmovilizado correctamente. Además, como el yeso es un material duro e inflexible, cuando la inflamación que acompaña la fractura cede y se modifica la geometría superficial de la extremidad, la férula ya no se adapta, provocando desde incomodidad hasta una mala consolidación con la incorrecta unión de las partes. A todo esto, se suma que los yesos actúan como un cuerpo de gran espesor totalmente cerrado, que impide la adecuada transpirabilidad de la piel y la irritación consecuente. Piqué Ruché (2016)⁴⁸ añade que frente a esta situación puede manifestarse algún grado de tumefacción, entumecimiento, rubor, prurito, mal olor o incluso, alergias.

Se debe considerar también la notoria pérdida de fuerza muscular que generan las férulas tradicionales, con disminución del rango de movilidad articular y el verdadero obstáculo que representa para la realización de las actividades de la vida cotidiana. Del mismo modo, otro inconveniente importante reside en que estas férulas de yeso no permiten una completa evaluación semiológica por parte del profesional, debido a que la inspección visual del segmento afectado se encuentra condicionada,

⁴⁶ Los autores en su estudio analizaron la prefactibilidad para la constitución de una empresa dedicada al diseño e impresión 3D de órtesis personalizadas para el sector ortopédico.

⁴⁷ Una fractura es una solución de continuidad de la estructura ósea, una alteración en la forma normal del hueso como consecuencia de la aplicación sobre el mismo de una fuerza superior a la que éste puede resistir.

⁴⁸ El autor evaluó la efectividad de la férula diseñada mediante impresión tridimensional comparada con la escayola de yeso tradicional en pacientes mayores de 65 con fractura de Colles.

implicando en algunos casos la ruptura necesaria de la férula para dicho procedimiento. (Fuentes Bordallo, 2017)⁴⁹

Estos problemas mencionados se pueden mitigar a través de la sustitución de férulas de yeso por las nuevas órtesis personalizadas impresas en 3D, las cuales favorecen una rehabilitación y recuperación más rápida de los pacientes que han sufrido una fractura ósea según sostienen Jamroz et al. (2018). La elaboración de férulas personalizadas para el tratamiento de este tipo de afecciones se está llevando a cabo por diversas empresas del sector privado, y recientemente deportistas de élite tienen acceso a esta tecnología como recurso para ser tratados. (Piqué Ruché, 2016) Respecto a las ventajas que ofrecen las ortesis 3D, según Fuentes Bordallo (2017) se ha demostrado que un modelo impreso de manera tridimensional presenta mejores características como resistencia y rigidez en comparación con su par tradicional. Es posible alcanzar una óptima función a expensas del material empleado, ya que se consigue un modelo más ligero y de menor espesor. Se encuentra disponible como material de impresión, el PLA⁵⁰ de origen natural, que permite al paciente poder estar en contacto con el agua, con una mayor comodidad y con la libertad de poder realizar cualquier tipo actividad.

Por otro lado, si bien el proceso de diseño y fabricación requieren más tiempo, se obtienen modelos más nobles y prolijos. Con las tecnologías existentes, el segmento de la fractura ósea se puede escanear y luego lograr un diseño que se adapte totalmente a dicha extremidad y garantizar una férula que facilite, mejore y reduzca el tiempo de rehabilitación. Además, mediante modernos diseños, estas férulas no requieren del cubrimiento total de la superficie, lo que favorece la espontánea transpiración de la piel. Debido a que son desmontables y removibles, no presentan un impedimento para inspeccionar visualmente la evolución de la fractura. (Quiroz Zapata y Betancur Arango, 2020). También se logra gracias a su diseño, la ventaja de colocarlo y retirarlo con facilidad, mejorando aún más el control de la zona afectada, además de permitir una movilización precoz no solo de las articulaciones más próximas a la fractura sino también de la zona afectada. (Piqué Ruché, 2016)

⁴⁹ Se revisa el modelo actual de férula utilizado cuando se produce una fractura y su sustitución por materiales impresos en 3D.

⁵⁰ PLA consiste en un ácido poliláctico, es un termoplástico fabricado a base de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar. A diferencia de otros materiales de la industria hechos principalmente a base de petróleo.

Por último en la clasificación de la fabricación aditiva, la bioimpresión 3D se presenta como una tecnología de punta que permite, mediante la deposición capa por capa de células con biotintas específicas, el desarrollo de andamios controlados, altamente reproducibles, combinados con diferentes materiales (incluso factores de crecimiento o células), para el reemplazo de un órgano afectado. Una gran ventaja que se le atribuye a esta tecnología radica en su potencial para distribuir espacialmente las células dentro de los biomateriales, optimizando así la regeneración de tejidos, explican Genova et al. (2020)⁵¹.

Un hecho a destacar desde la llegada de la fabricación aditiva al campo de la salud, es su participación durante la actual crisis sanitaria que atraviesa la humanidad. A partir del 11 de marzo del año 2020, la enfermedad COVID-19⁵² fue declarada pandemia por la Organización Mundial de la Salud. Uno de los principales problemas se presentó cuando la cantidad requerida de equipos médicos, como ventiladores o protectores faciales, resultó insuficiente debido a la enorme demanda y las interrupciones imprevistas en la cadena de suministro general.

La protección de los trabajadores de la salud, especialmente durante el tratamiento de pacientes con COVID-19, se tornó un problema importante, ya que el riesgo de exposición a la enfermedad es demasiado alto y los profesionales se vieron obligados a usar una máscara con propiedades de alto filtrado y un protector facial para ejercer su trabajo. (Aydin et al. 2021)⁵³ Por lo tanto, la producción y distribución de equipos de protección personal (EPP)⁵⁴ es fundamental durante esta pandemia. Para abordar esta escasez, la impresión tridimensional, como tecnología novedosa e innovadora, resulta muy adecuada. (Ishack y Lipner, 2020)⁵⁵

En instancias críticas, cuando los sistemas de salud públicos no pudieron prever la magnitud de la pandemia, con hospitales al límite del colapso y escasez de elementos básicos para el personal sanitario, la tecnología de impresión 3D realizó su

⁵¹ El propósito de la presente revisión es brindar un resumen completo de los desarrollos de la bioimpresión ósea y las biotintas.

⁵² Según la OMS la enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2.

⁵³ Esta revisión explora las técnicas de impresión 3D para los equipos que se utilizan para la batalla contra el COVID-19 y evalúa los materiales que se utilizan para la fabricación.

⁵⁴ Elemento de protección personal son todos aquellos accesorios y vestimentas que debe emplear el trabajador para protegerse contra posibles lesiones o contaminantes durante la realización de su tarea habitual.

⁵⁵ Desarrollan las aplicaciones de la tecnología de impresión 3D para abordar la escasez de suministros relacionada con COVID-19.

aporte de una manera muy significativa y en tiempo récord, a través de la fabricación de productos homologados con los elementos suficientes para la aprobación de los controles de calidad. La optimización del tiempo que se empleó para la producción junto con la razonabilidad de los costos, marcó un punto clave en este contexto de urgencia frente a la demanda y la escasez de estos dispositivos en el mercado.

La comunidad dedicada a la fabricación aditiva brindó un amplio abanico de diseños para dispositivos de protección personal reutilizables, muchos de los cuales fueron producidos básicamente con impresoras de uso personal, de escritorio. Dentro de los EPP que se recomiendan utilizar como protocolo, se incluyen los protectores faciales, máscaras quirúrgicas, barbijos y para las situaciones de mayor exposición, los respiradores con purificador de aire motorizado o aquellos con purificadores de aire controlado. (Tino et al. 2020)⁵⁶ Como resultado de la elaboración de estos equipos de protección ampliamente utilizados durante los peores momentos de la pandemia, la impresión 3D obtuvo el respaldo para seguir a pasos firmes en la fabricación de estos dispositivos para el personal de salud y la sociedad en general, tal como sostienen Sánchez, Quimis y Parrales (2021)⁵⁷. A modo de ejemplo, las caretas o protectores faciales son dispositivos simples que protegen completamente la cara, incluyendo ojos, nariz y boca. Mediante la impresión tridimensional se puede fabricar en una pieza, capa por capa, a la que se añade una barrera transparente. Muchos diseños de protectores faciales se compartieron abiertamente para ser impresos por la comunidad de forma gratuita.

Por otro lado, las válvulas para conexión a ventiladores son accesorios cuya función se basa en permitir el suministro de oxígeno a concentraciones fijas a pacientes con dificultad respiratoria aguda⁵⁸, en gran medida aquellos pacientes con COVID-19. La tecnología de impresión 3D permite elaborar conjuntos de válvulas para un sólo uso, así como diseñar los diferentes elementos de la válvula utilizando biomateriales, de carácter desechables que eliminan la esterilización, un procedimiento que implica mucho tiempo. (Ishack y Lipner, 2020). En el caso de los hisopos, el aumento constante del número de personas diagnosticadas y la necesidad de más pruebas, aumentaron la demanda para las tomas de muestra nasofaríngeas.

⁵⁶ El propósito de este artículo es destacar las iniciativas y colaboraciones recientes realizadas mediante el uso de la impresión 3D durante la pandemia de COVID-19.

⁵⁷ El objetivo de esta investigación es analizar el diseño y el nivel de protección que brindan los equipos fabricados con tecnología de impresión 3D.

⁵⁸ Afección aguda caracterizada por una acumulación de líquido en los sacos alveolares de los pulmones que no permite que el oxígeno llegue a los órganos.

En un intento por incrementar la fabricación de hisopos y satisfacer las demandas propias de la situación, se fracasó en alcanzar una producción adecuada con los métodos tradicionales. Por el contrario, con la impresión 3D, los hisopos se fabricaron de manera fácil y rápida, en la cantidad y formato adecuado. Se informó la viabilidad y aceptabilidad de los hisopos impresos para la recolección de muestras para la prueba del SARS-CoV-2. (Aydin et al. 2021)

En definitiva, resulta adecuado enfatizar el rol de la fabricación aditiva para la Kinesiólogía en sus distintas especialidades. Actualmente, esta tecnología ha transformado varios campos dentro de la medicina física y la rehabilitación. Según Barak Ventura (2020)⁵⁹, permite realizar tratamientos más personalizados, con mejores resultados y la disponibilidad de dispositivos a un menor costo. La impresión 3D está ayudando a abordar algunas de las crecientes complejidades en el cuidado de la salud, al tiempo que permite un futuro más sostenible como una tecnología escalable y rentable. Permite una mayor eficiencia a lo largo de toda la cadena de valor para mejorar los resultados para el paciente y hacerlo bien a la primera, a través de un mayor nivel de personalización y predictibilidad (Calvo Haro et al. 2021)⁶⁰. Con la democratización que ofrecen las bases de datos de código abierto junto con la mayor accesibilidad de las impresoras, la difusión del conocimiento y su adopción eventualmente dependerá de los profesionales de la salud que la practiquen y de los beneficios que puedan percibir las instituciones en relación al ahorro de costos. (Bucco, 2016)

Según lo aportado por la Ley Provincial de Ejercicio Profesional 10.392⁶¹, de acuerdo al diagnóstico médico u odontológico se iniciará la actuación profesional del kinesiólogo, quien tendrá a su cargo y responsabilidad la determinación y aplicación de los distintos agentes fisio-kinésicos en el tratamiento correspondiente. A los efectos de la presente Ley se considerará como actividad y ejercicio de la profesión de Kinesiólogo, toda acción o actividad que desarrolle y aplique la Kinesioterapia⁶²,

⁵⁹ Los autores exploran la viabilidad de mejorar los resultados de la rehabilitación a través de un enfoque de impresión 3D que mejora los controladores de juegos estándar en la terapia domiciliaria.

⁶⁰ El objetivo de este estudio es presentar los resultados de la integración de la tecnología de impresión 3D en un Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

⁶¹ El ejercicio de la profesión de Kinesiólogía, se rige en la Provincia de Buenos Aires por dicha ley.

⁶² Administración de masajes, vibración, percusión, movilización, tracciones, reeducación respiratoria y cardiovascular, aplicación de técnicas evaluativas funcionales y cualquier tipo de movimiento metodizado, manual o instrumental, que tenga finalidad terapéutica.

Kinefilaxia⁶³, Fisioterapia⁶⁴ y las actividades de Docencia e Investigación con ellas vinculadas. Los profesionales Kinesiólogos están facultados para aplicar todo otro medio o técnica, no comprendido en forma expresa en la presente ley, pero que tenga finalidad terapéutica. Partiendo de esto, se sustenta el desarrollo y la aplicación de la fabricación aditiva para la profesión. La evolución y el desarrollo de la profesión en los últimos años es muy notoria, tal es así que los ámbitos en los que se desempeñan son cada vez más.

Por todo lo mencionado la fabricación aditiva se puede considerar un gran complemento de las terapias de rehabilitación. El profesional de la kinesiólogía se considera competente para el desarrollo y la investigación vinculados con los beneficios aportados por dicha tecnología en el campo de la rehabilitación. Con respaldo en el marco legal, se reconoce en su figura la capacidad de participar en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, contando con la fabricación aditiva como recurso en la profesión. Además, esta tecnología ofrece la capacidad de participar en el diseño y fabricación de herramientas adaptadas y dispositivos a medida utilizados en rehabilitación.

⁶³ Gimnasia higiénica y estética, juegos, deporte y atletismo, entrenamiento deportivo, exámenes kinésicos funcionales y todo tipo de movimiento metodizado con o sin aparatos y de finalidad higiénica o estética.

⁶⁴ Termoterapia, hidroterapia, hidromasajes, rayos infrarrojos, ultravioletas, láser, ultrasonidos, corrientes galvánicas, farádicas y galvano- farádicas, iontoforesis, presoterapia, humidificación, nebulizaciones, presiones positivas y negativas, aspiraciones e instalaciones y todo otro agente físico reconocido, que tenga finalidad terapéutica.

DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación se desarrolla en forma descriptiva ya que busca responder una problemática observable y medible de manera objetiva a través del método de análisis, para lograr interpretar los datos obtenidos.

El tipo de diseño metodológico es no experimental y transversal. Es un diseño no experimental, porque al ser una investigación sistemática y empírica, se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes, las cuales, ya han sucedido. En este tipo de diseño se observan los fenómenos tal y como se dan en un contexto natural para después analizarlos. Al ser una investigación transversal, los datos son recolectados en un solo momento en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

El universo de esta investigación corresponde a todos los kinesiólogos miembros de una Delegación Regional del Colegio de Kinesiólogos de la Provincia de Buenos Aires. El tipo de muestreo es no probabilístico, por conveniencia, de 46 profesionales ya que se realizó una elección de la muestra por métodos no aleatorios, donde las características son similares a las de la población objetivo. La representatividad de la muestra la determina el autor de un modo subjetivo, ya que son los individuos que tiene disponible para investigar, y es por eso que no se puede cuantificar la representatividad de la muestra.

La elección de los sujetos deberá cumplir con los siguientes criterios de inclusión:

- Profesionales que posean el título de Licenciatura en Kinesiología o títulos similares, como por ejemplo: Fisioterapeuta, Terapeuta Físico, Licenciado en Kinesiología y Fisiatría.
- Licenciados en Kinesiología que tengan matrícula en el Colegio de Kinesiólogos de la Prov. de Buenos Aires.
- Licenciados en Kinesiología que se desempeñen en una Delegación Regional del Colegio de Kinesiólogos de la Prov. de Buenos Aires.

Además, como criterios de exclusión se consideró:

- Profesionales que no estén habilitados para el ejercicio profesional.
- Licenciados en Kinesiología que no tengan matrícula en el Colegio de Kinesiólogos de la Prov. de Buenos Aires.

- Licenciados en Kinesiología que se desempeñen fuera de la una Delegación Regional del Colegio de Kinesiólogos de la Prov. de Buenos Aires.

Las variables sujetas análisis son:

| | |
|--|---|
| Sexo | Valoración sobre beneficios que aporta la fabricación aditiva |
| Edad | Reconocimiento sobre proceso de la fabricación aditiva |
| Ciudad donde se desempeña | Reconocimiento sobre clasificación de la fabricación aditiva |
| Especialidad kinésica ejercida | Ventajas reconocidas en el uso de la fabricación aditiva |
| Años de ejercicio en la profesión | Desventajas reconocidas en el uso de la fabricación aditiva |
| Dispositivos de asistencia utilizados con mayor frecuencia por los pacientes | Reconocimiento de la fabricación aditiva como una herramienta para la estrategia terapéutica |
| Obstáculos principales frente a la accesibilidad de los dispositivos de asistencia | Especialidad kinésica donde aplica/aplicaría la fabricación aditiva como estrategia terapéutica |
| Tiempo estimado para acceder a sus dispositivos de asistencia | Caso clínico donde aplicaría fabricación aditiva |
| Casos clínicos vinculados con dispositivos de asistencia convencionales | Tipo de herramienta/dispositivo elaborado con fabricación aditiva que anexaría a su labor profesional |
| Grado de información referida sobre fabricación aditiva | Cantidad de pacientes atendidos que hayan recibido esta tecnología en su tratamiento |
| Vía de acceso a la información respecto al tema | Participación por parte del profesional en el desarrollo aplicación de fabricación aditiva |

Definición de variables en estudio

Sexo

Definición conceptual: condición biológica sexual que determina a los individuos categoría de hombre o mujer.

Definición operacional: condición biológica sexual que determina a los individuos categoría de hombre o mujer. Se obtiene el dato a través de una encuesta considerando femenino/masculino.

Edad

Definición conceptual: tiempo de existencia transcurrido desde el nacimiento hasta el momento actual de estudio.

Definición operacional: tiempo de existencia que transcurrieron los profesionales kinesiólogos hasta el momento actual de estudio. Se obtiene el dato a través de una encuesta por parte del profesional.

Ciudad donde se desempeña profesionalmente

Definición conceptual: ubicación geográfica de la ciudad en la Provincia de Buenos Aires donde se desempeña un profesional en la actualidad.

Definición operacional: ubicación geográfica de la ciudad en la Provincia de Buenos Aires donde se desempeña un profesional en la actualidad. El dato se obtiene a través de una encuesta mediante una pregunta abierta.

Especialidad kinésica ejercida

Definición conceptual: área de la Kinesiología en la que se desempeña un profesional.

Definición operacional: área de la Kinesiología en la que se desempeña el profesional encuestado. El dato se obtiene a través de una encuesta mediante una pregunta abierta y se indaga el sector sanitario donde se desempeña

Años de ejercicio en la profesión

Definición conceptual: tiempo transcurrido desde el comienzo de la labor profesional al momento del estudio.

Definición operacional: tiempo transcurrido desde el comienzo de la labor profesional al momento del estudio. El dato se obtiene a través de una encuesta. Se consideran las siguientes categorías: Menos de 5 años - Entre 5 y 10 años - Entre 10 y 15 años - Más de 15 años.

Dispositivos de asistencia utilizados con mayor frecuencia por los pacientes

Definición conceptual: identificación de cantidad de veces que se emplean los dispositivos de ayuda.

Definición operacional: identificación de cantidad de veces que se emplean los dispositivos de ayuda. El dato se obtiene a través de una encuesta considerando las siguientes categorías: Dispositivos de asistencia para la marcha - Férulas/órtesis - Prótesis - Dispositivos para traslado del paciente - Otros. Además se indaga la valoración sobre el acceso a estos, considerando: Muy malo - Malo - Regular - Bueno - Muy bueno.

Obstáculos principales frente a la accesibilidad de los dispositivos de asistencia

Definición conceptual: principales dificultades detectadas en el acceso a los dispositivos.

Definición operacional: principales dificultades detectadas en el acceso a los dispositivos. El dato se obtiene a través de una encuesta considerando las siguientes categorías: Factores burocráticos en su gestión - Demoras en la entrega - Costos poco accesibles - Dispositivos poco personalizados - Otros. Además se indagan sus complicaciones y se consideran las siguientes opciones: Poca adaptación - Dolor al utilizarlo - Atrofia muscular - Lesión tisular/infección - Alteración articular - Complicación vascular - Otros.

Tiempo estimado para acceder a sus dispositivos de asistencia

Definición conceptual: período o lapso considerado para el acceso a los dispositivos de asistencia.

Definición operacional: período o lapso considerado para el acceso a los dispositivos de asistencia. El dato se obtiene por encuesta y se consideran las siguientes opciones: Menos de un mes - Entre uno y tres meses - Entre tres y cinco meses - Más de cinco meses.

Casos clínicos vinculados con dispositivos de asistencia convencionales

Definición conceptual: situación sanitaria de los pacientes atendidos por kinesiólogos que se relacionan con dispositivos de asistencia convencionales.

Definición operacional: situación sanitaria de los pacientes atendidos por kinesiólogos que se relacionan con dispositivos de asistencia convencionales. Se consideran las siguientes opciones: Lesión osteomuscular - Lesión neurológica - Lesión congénita - Lesión vascular - Otros.

Grado de información referida sobre la fabricación aditiva

Definición Conceptual: nivel de conocimiento que el individuo reconoce tener, sea a través de la experiencia y/o la educación, la comprensión teórica y/o práctica, en relación a la fabricación aditiva.

Definición operacional: nivel de conocimiento que el profesional reconoce tener, sea a través de la experiencia y/o la educación, la comprensión teórica y/o práctica, en relación a la Fabricación Aditiva. El dato se obtiene a través de una encuesta considerando las siguientes categorías: Muy Alto - Alto - Medio - Bajo - Nulo.

Vía de acceso a la información respecto a la fabricación aditiva

Definición Conceptual: modalidad de acceso al conocimiento sobre el tema mediante la cual, el individuo está informado sobre la fabricación aditiva.

Definición operacional: modalidad de acceso al conocimiento sobre el tema mediante la cual, el individuo está informado sobre la fabricación aditiva. Se recogen los datos a través de una encuesta, considerando las siguientes categorías:

Divulgación científica - Medios de comunicación - Capacitación profesional - Mediante colegas - Otro.

Valoración sobre beneficios que aporta la fabricación aditiva

Definición conceptual: estimación de los beneficios que le concede un profesional kinesiólogo a la implementación de la fabricación aditiva como parte de un plan de rehabilitación.

Definición operacional: estimación de los beneficios que le concede un profesional kinesiólogo a la implementación de la Fabricación Aditiva como parte de un plan de rehabilitación. El dato se obtiene a través de una encuesta donde se consideran las siguientes categorías: Sumamente beneficioso - Muy Beneficioso - Beneficioso - Poco beneficios - No beneficioso.

Reconocimiento sobre el proceso de la fabricación aditiva.

Definición conceptual: conocimiento sobre el proceso de Impresión 3D.

Definición operacional: conocimiento sobre el proceso de Impresión 3D. Se considera: Si/No. Además se indaga sobre su clasificación respectiva.

Ventajas reconocidas en el uso de la fabricación aditiva

Definición conceptual: identificación de atributos positivos que se le otorgan a la fabricación aditiva con respecto a su utilización en la rehabilitación.

Definición operacional: identificación de atributos positivos que se le otorgan a la fabricación aditiva. Se recoge el dato a partir de una encuesta y se consideran las siguientes opciones: Calidad de los diseños - Reducción de costos - Versatilidad e inmediatez en producción - Diversidad en materiales - Reciclaje y ahorro de materiales - Otro.

Desventajas reconocidas en el uso de la fabricación aditiva

Definición conceptual: identificación de atributos negativos que se le otorgan a la fabricación aditiva con respecto a su utilización en la rehabilitación.

Definición operacional: identificación de atributos negativos que se le otorgan a la fabricación aditiva por parte del profesional encuestado. Se recoge el dato a partir

de una encuesta y se consideran las siguientes opciones: Inadecuada regulación legal - Contaminación ambiental - Reducción de puestos laborales - Límites bioéticos - Otro.

Reconocimiento de la fabricación aditiva como una herramienta para la estrategia terapéutica

Definición conceptual: consideración por parte del profesional respecto a la utilización de esta tecnología como recurso para la labor del kinesiólogo al momento de abordar un plan terapéutico.

Definición operacional: consideración por parte del profesional respecto a la utilización de esta tecnología como recurso para la labor del kinesiólogo al momento de abordar un plan terapéutico. Se recoge el dato a partir de una encuesta que considera las siguientes opciones : Si/No.

Reconocimiento sobre proceso de fabricación tridimensional de dispositivos de asistencia

Definición conceptual: identificación sobre la elaboración 3D empleada en dispositivos de asistencia.

Definición operacional: identificación sobre la elaboración 3D empleada en dispositivos de asistencia. Se recoge el dato a partir de una encuesta que considera las siguientes opciones: Si/No.

Especialidad kinésica donde aplica/aplicaría fabricación aditiva como estrategia terapéutica

Definición conceptual: especialidad de la Kinesiología en la que el profesional considera posible la aplicación de la fabricación aditiva como estrategia terapéutica.

Definición operacional: especialidad de la Kinesiología en la que el profesional considera posible la aplicación de la fabricación aditiva como estrategia terapéutica. Se obtiene el dato mediante una encuesta considerando las siguientes opciones: Kinesiología en Traumatología y Ortopedia - Pediátrica y Neonatal - Kinesiología Intensivista - Kinesiología Deportiva - Kinesiología en Osteopatía - Otro. Se indaga además, el tipo de herramienta/dispositivo elaborado con fabricación aditiva y se

considera: Férulas/ortesis - Herramientas para realizar ejercicios - Maquetas/modelos anatómicos - Dispositivos de asistencia para la marcha - Otro.

Caso clínico donde aplicaría fabricación aditiva

Definición conceptual: situación clínica abordada por el kinesiólogo en la cual considera que podría aplicar la fabricación aditiva como estrategia terapéutica.

Definición operacional: situación clínica abordada por el kinesiólogo en la cual considera que podría aplicar la fabricación aditiva como estrategia terapéutica. Se obtiene el dato mediante una encuesta considerando las siguientes opciones: Lesión osteomuscular - Lesión neurológica - Lesión congénita - Lesión vascular - Otro. Se indaga además los beneficios que se reconocen: Mayor adherencia al tratamiento- Reducción tiempo de rehabilitación - Dispositivos personalizados - Disminución complicaciones asociadas - Mejor accesibilidad económica - Otro. Además, se consulta sobre el tipo de lesión de aquellos pacientes atendidos vinculados con algún dispositivo impreso en 3D y se consideran las siguientes opciones: Lesión osteomuscular - Lesión neurológica - Lesión congénita - Lesión vascular - Otro.

Cantidad de pacientes atendidos que hayan recibido esta tecnología en su tratamiento

Definición conceptual: número de individuos que reciben tratamiento kinésico y además utilizan la fabricación aditiva como parte de su plan terapéutico.

Definición operacional: número de individuos que reciben tratamiento kinésico y además utilizan la fabricación aditiva como parte de su plan terapéutico. Se recoge el dato (cantidad de individuos) a partir de una encuesta.

Participación por parte del profesional en el desarrollo y aplicación de fabricación aditiva

Definición conceptual: estimación personal por parte del profesional sobre sus condiciones para participar en el desarrollo y aplicación de la fabricación aditiva en su ámbito laboral.

Definición operacional: estimación personal por parte del profesional sobre sus condiciones para participar en el desarrollo y aplicación de la fabricación aditiva en su ámbito laboral. Se recoge el dato a partir de una encuesta considerando las siguientes

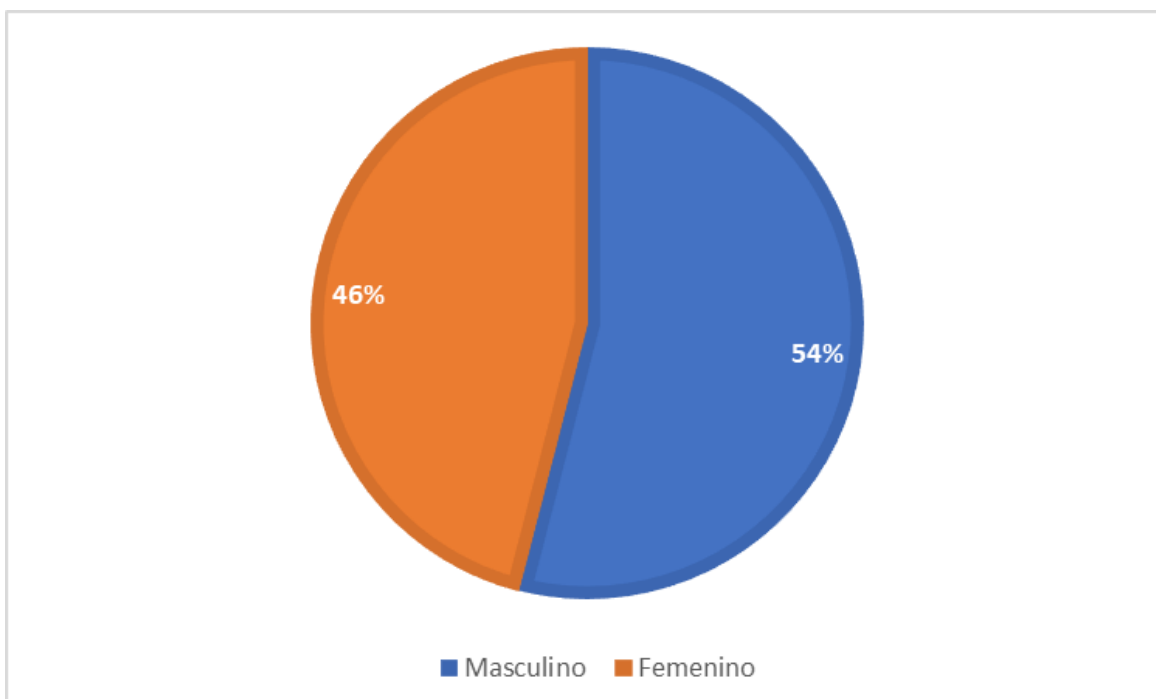
opciones: No capacitado - Poco capacitado - Capacitado - Muy capacitado - Sumamente capacitado.

ANÁLISIS DE DATOS

A continuación, se presentan los resultados del análisis de los datos obtenidos.

En el primer gráfico se observa la distribución de la muestra según el sexo de los kinesiólogos encuestados.

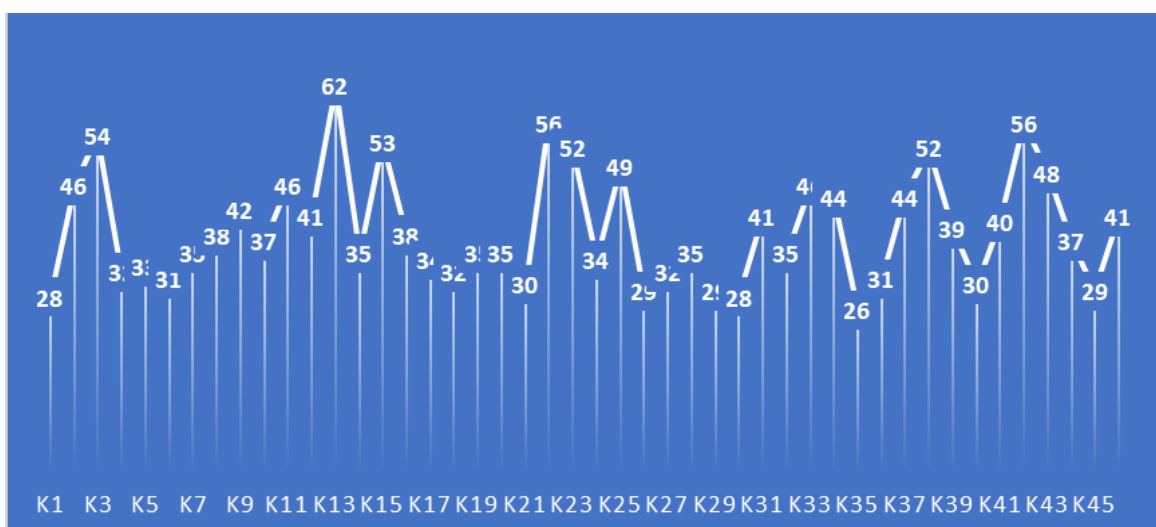
Gráfico N°1: Distribución de la muestra según sexo (n:46).



Fuente: elaboración propia.

El resultado muestra una leve diferencia a favor de los profesionales de sexo masculino, que representa el 54% del total de la muestra contra un 46% equivalente a las profesionales de sexo femenino. De igual manera, la proporción de kinesiólogos encuestados es similar para ambos sexos.

Con respecto a la edad de dichos profesionales, la muestra arrojó un rango de edades comprendido entre los 26 y los 62 años, como se observa en el Gráfico N° 2.

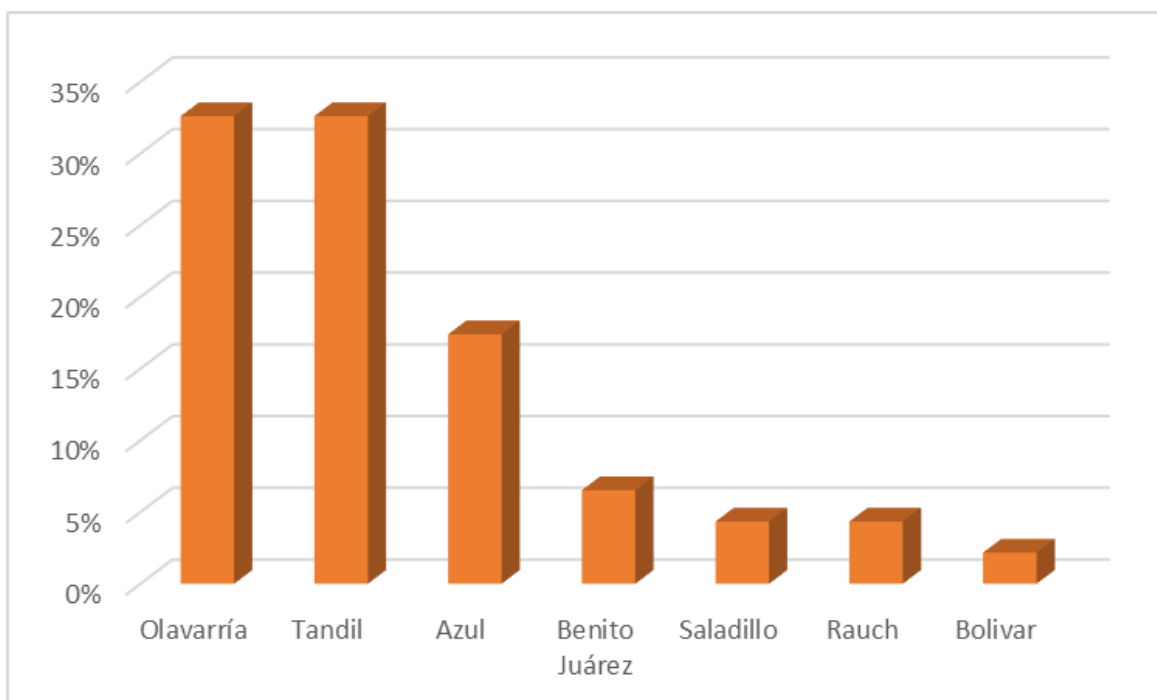
Gráfico N°2: Edades de los profesionales (n:46).

Fuente: elaboración propia.

En la variable en cuestión, se observa que hay una mayoría de encuestados menores a los 40 años, siendo la edad menor 26 años y la mayor 62. La investigación ha encuestado kinesiólogos de diversas edades.

Se analizó a continuación la ciudad donde cada profesional se desempeña dentro de la Provincia de Buenos Aires.

Gráfico N°3: Ciudad donde se desempeña profesionalmente (n:46).

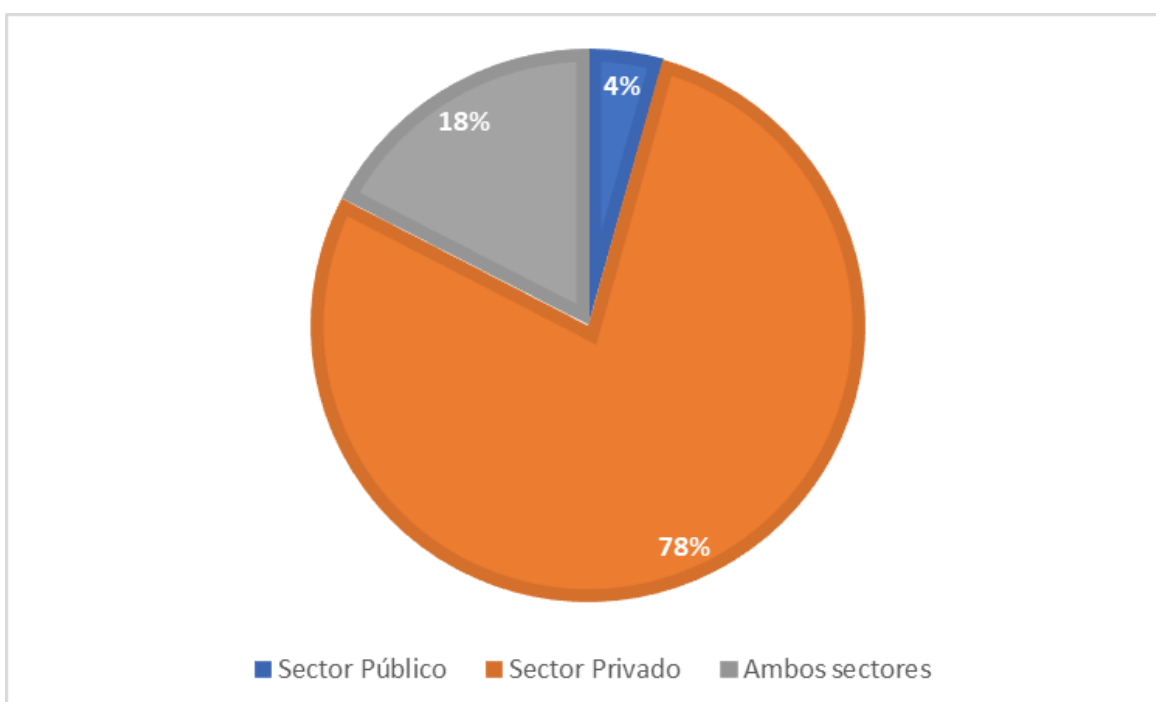


Fuente: elaboración propia.

Como muestra este gráfico, tanto la ciudad de Olavarría como la ciudad de Tandil encabezan la lista de localidades donde se desempeñan los profesionales encuestados, con un 32.6% respectivamente. Los profesionales que se desempeñan en la ciudad de Azul aportaron un 17.4%, aquellos en Benito Juárez un 6.5%, en Saladillo como en Rauch un 4.3% y por último, los profesionales que se desempeñan en la ciudad de Bolívar, completaron la muestra con un 2.2% del total.

Además, se analizó el sector sanitario donde se desempeña cada profesional de la Kinesiología encuestado.

Gráfico N°4: Sector de la salud donde se desempeña (n:46).

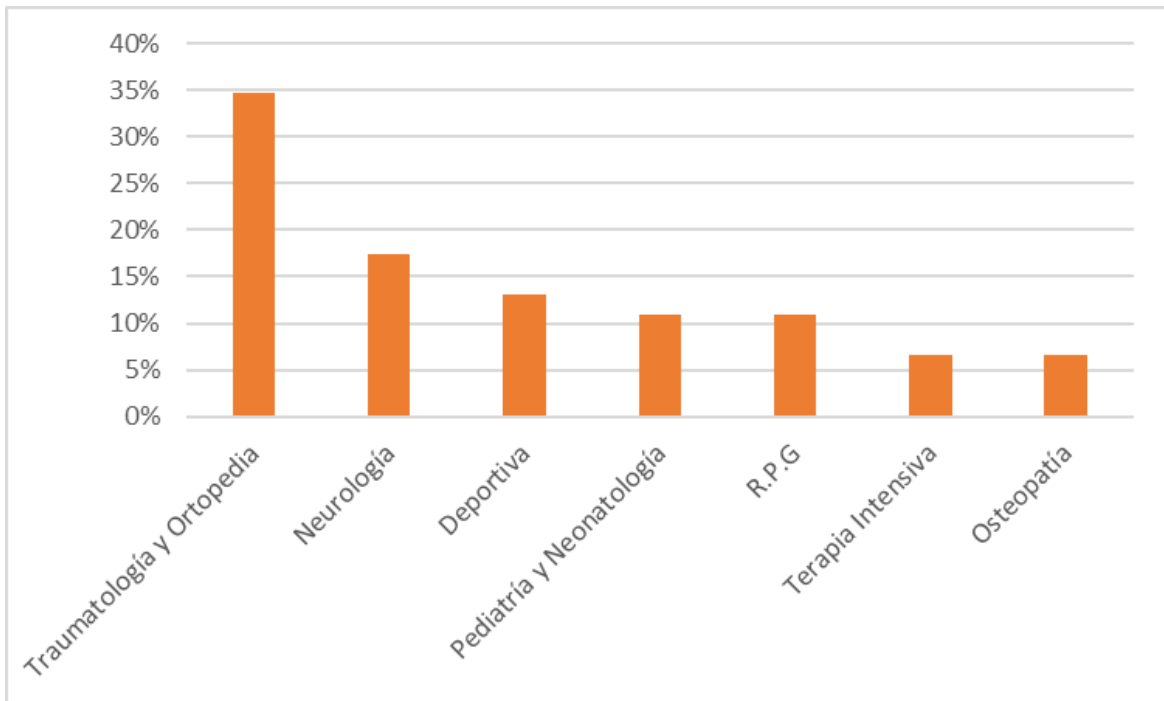


Fuente: elaboración propia.

En el gráfico N°4 se observa una mayoría en representación del sector privado con un 78% de la muestra, seguido con un 18% aportado por profesionales que ejercen ambos sectores, tanto en el privado como en el público. El resto de la muestra equivale al sector público con un 4%.

También se consultó sobre la especialidad kinésica ejercida por cada profesional.

Gráfico N° 5: Especialidad kinésica ejercida (n:46).

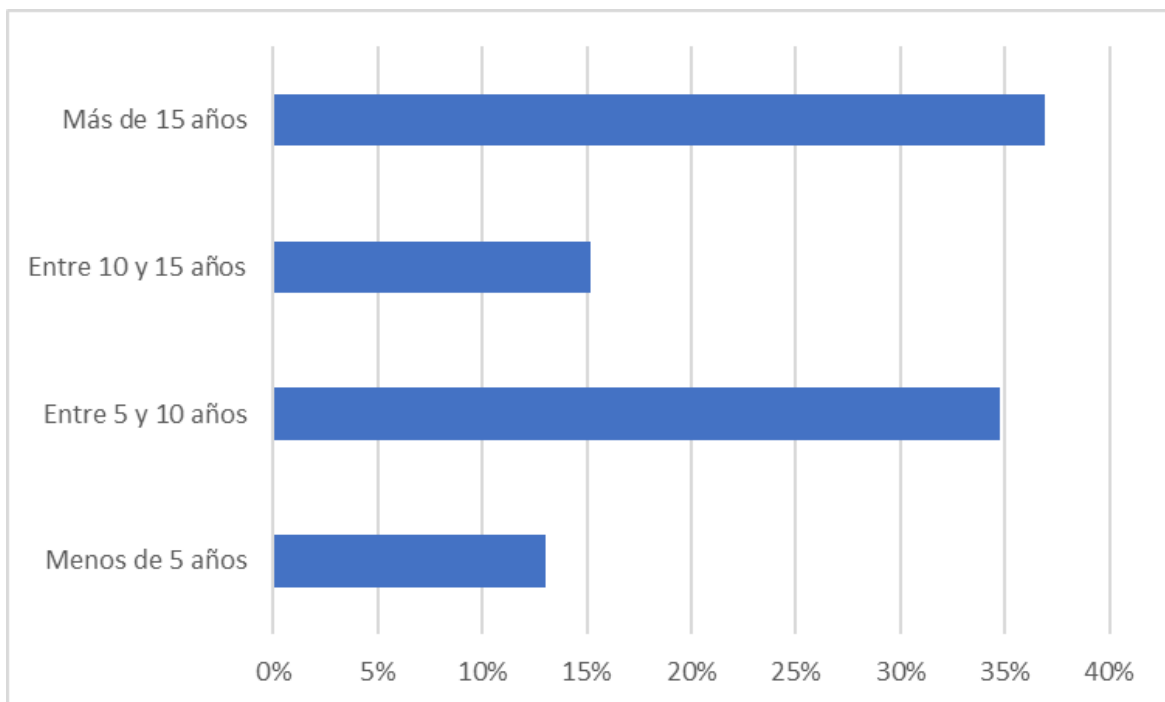


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos permiten identificar que la especialidad kinésica en Traumatología y Ortopedia lideró la encuesta con un 34.78% del total de la muestra, que fue seguida por Neurología con un 17.39% y Deportología con un 13.04%. Además, el resto de los profesionales indicaron que se desempeñan en el campo de la Pediatría y Neonatología (10.86%), en Reeducción Postural Global (10.86%) y por último, con igual porcentaje en Terapia Intensiva y en Osteopatía (6.52%).

Se preguntó a los profesionales respecto a la antigüedad en su ejercicio de la profesión.

Gráfico N° 6: Años en el ejercicio de la profesión (n:46).

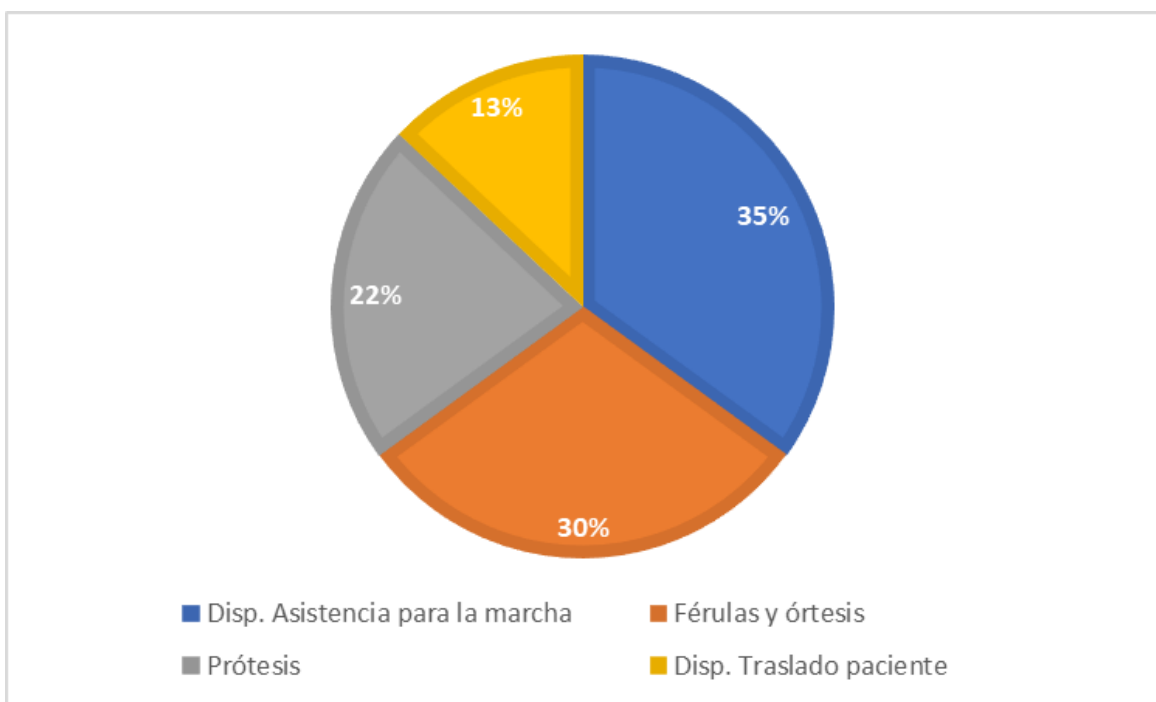


Fuente: elaboración propia.

En este gráfico se observa que aquellos profesionales que ejercen la Kinesiología hace más de 15 años representan el 36,95% de los encuestados. En similar porcentaje, figuran con un 34,78% aquellos que tienen una antigüedad entre 5 y 10 años. El resto de la muestra quedó representada por un 15,21% de los profesionales que ejercen con una antigüedad comprendida entre los 10 y 15 años. Por último, los profesionales que ejercen hace menos de 5 años son el 13,04% de la muestra.

A continuación, en el Gráfico N° 7, se reflejan los datos relacionados con los dispositivos de asistencia más utilizados en el labor profesional de los kinesiólogos.

Gráfico N° 7: Dispositivos de asistencia más utilizados en su labor profesional (n:46).

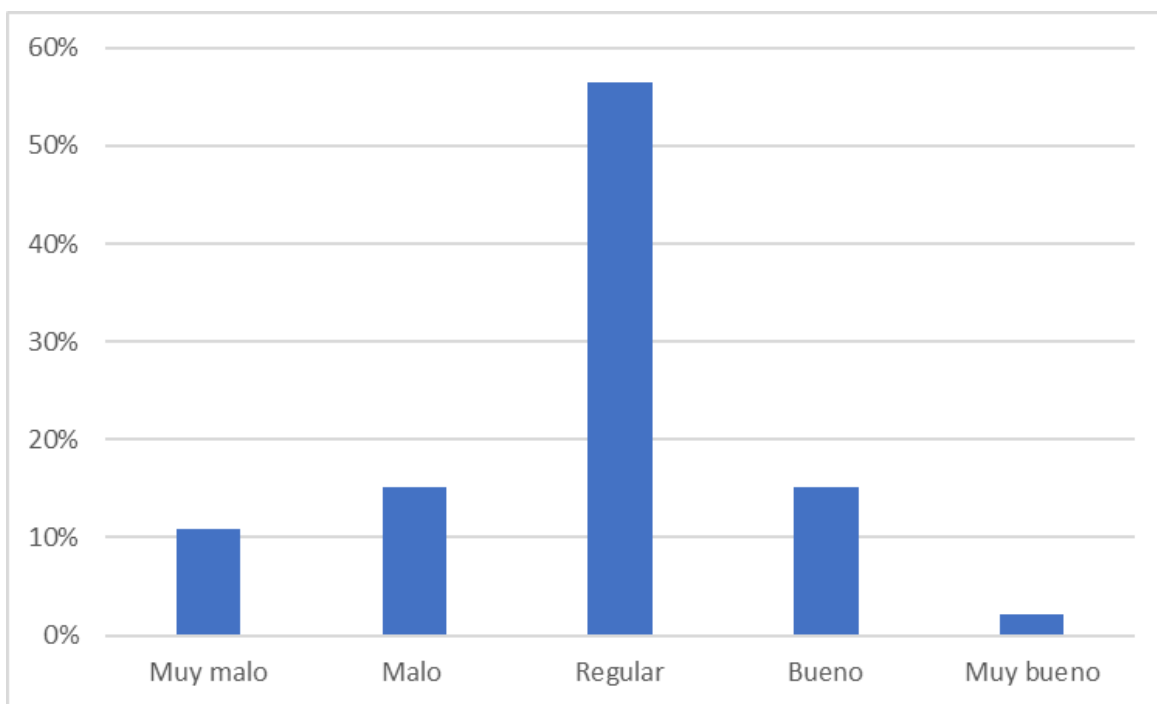


Fuente: elaboración propia.

Se observa que los dispositivos de asistencia para la marcha, como bastones y andadores, representan un 35% como dispositivos de asistencia más utilizados, según indicaron los kinesiólogos. En segundo lugar, con similar relevancia aparecen las férulas y órtesis con un 30%. Por su lado, las prótesis aportan un 22% y el 13% restante equivale a los dispositivos para traslado de los pacientes.

Con respecto a la valoración sobre el acceso de los pacientes a sus dispositivos de asistencia para comenzar a utilizarlos, los profesionales brindaron su opinión.

Gráfico N° 8: Consideración respecto al acceso a dispositivos (n:46).

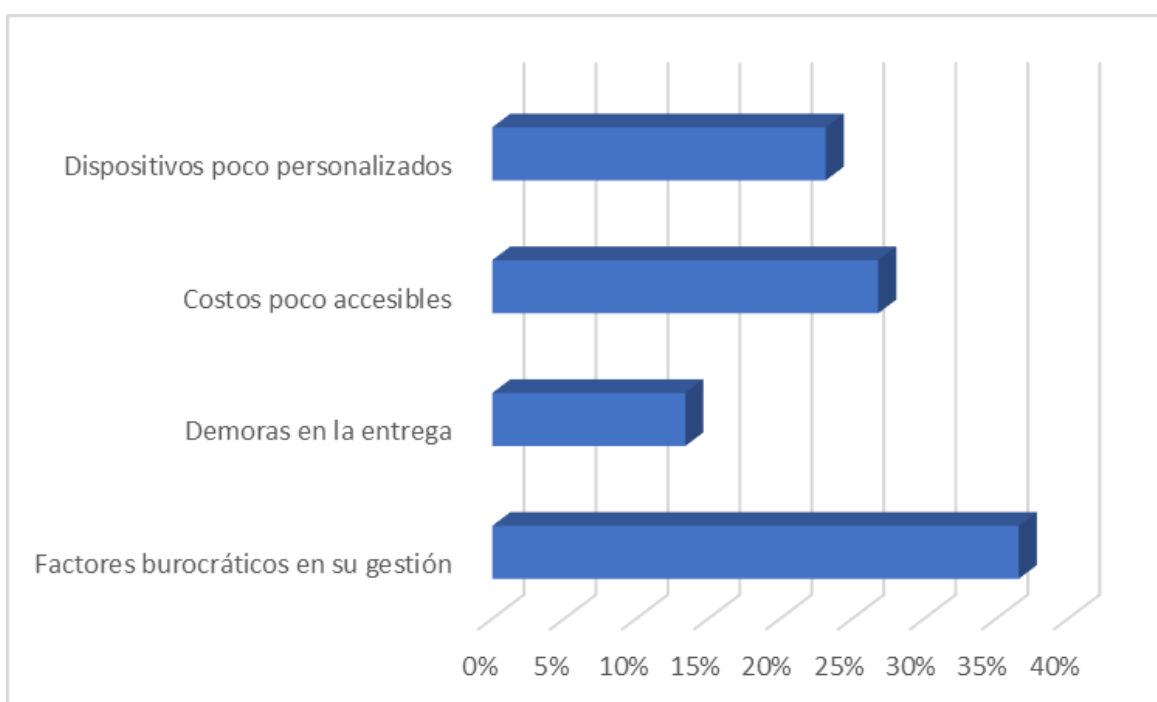


Fuente: elaboración propia.

En éste gráfico queda reflejado que la mayoría de los profesionales considera que el acceso por parte de los pacientes a los dispositivos de asistencia necesarios para su rehabilitación, es de carácter regular y representa un 56.5%. De connotación negativa, como malo y muy malo, el acceso queda plasmado con un 15,21% y un 10,86% respectivamente. El 10.86% estimó que el acceso es bueno y sólo un 2.17% lo rotuló como muy bueno.

Los kinesiólogos encuestados también hicieron referencia a los principales obstáculos que enfrentan los pacientes en el momento de acceder a estos dispositivos.

Gráfico N° 9: Obstáculos principales (n:46).

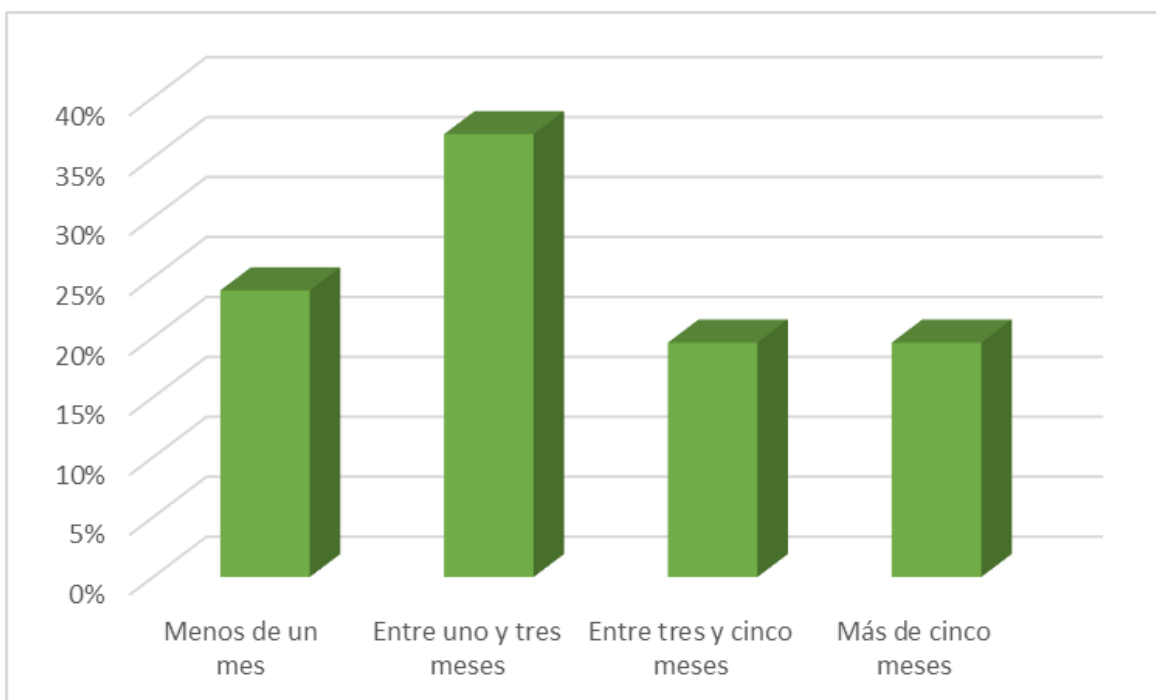


Fuente: elaboración propia.

Los profesionales expresaron que los factores burocráticos durante la gestión representan el mayor obstáculo cuando el paciente debe acceder a un dispositivo de asistencia para su rehabilitación, lo cual equivale al 36,6%. Por detrás quedaron los costos poco accesibles y que los dispositivos sean poco personalizados, con un 26,82% y 23,17% respectivamente. Las demoras en la entrega de los productos están en el cuarto lugar con un 13,4%, según indicaron los kinesiólogos.

Además, se analizó el tiempo de entrega promedio que reconocen los encuestados, es decir el lapso de tiempo que deben esperar los pacientes sus dispositivos necesarios para continuar su rehabilitación.

Gráfico N° 10: Tiempo de entrega de dispositivos (n:46).

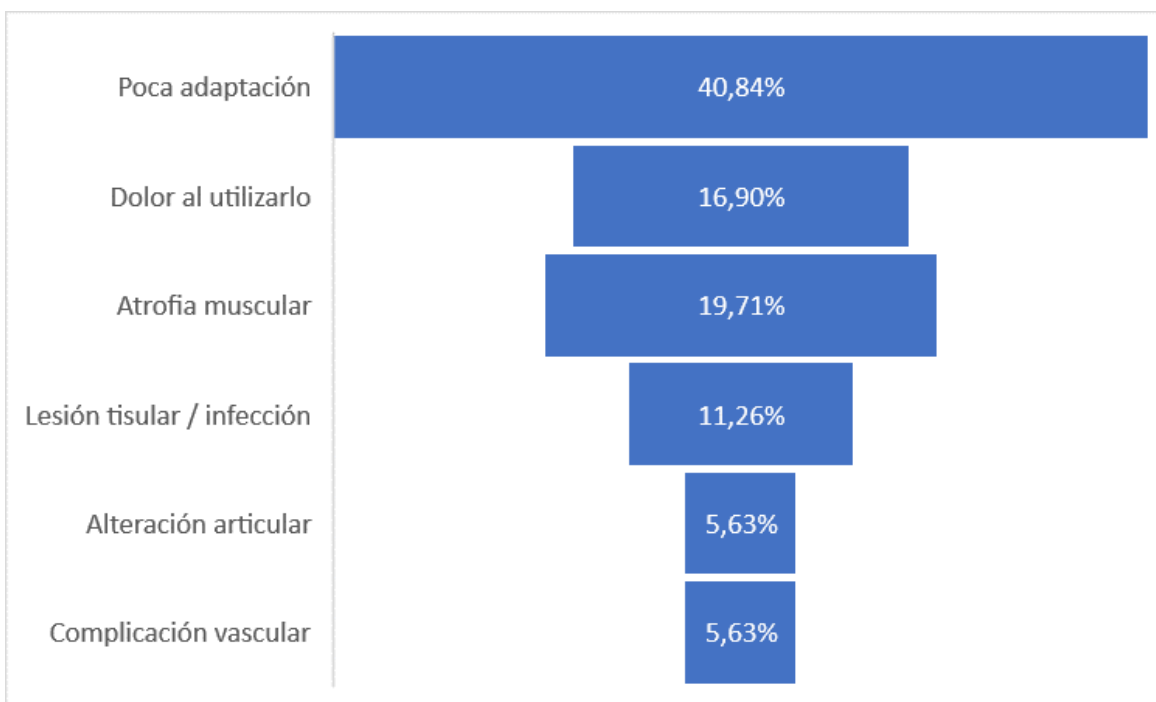


Fuente: elaboración propia.

Casi el 40% de la muestra encuestada indicó que los pacientes deben esperar entre tres y cinco meses (19.56%) o incluso más de cinco meses (19.56%) por los dispositivos necesarios para la rehabilitación. Un 37% expresó que hay una demora entre uno y tres meses en el tiempo de entrega de estos dispositivos, mientras que el 24% restante consideró que en menos de un mes suelen estar disponible.

También se estudiaron aquellas complicaciones más frecuentes del uso de dispositivos de asistencia convencionales disponibles en el mercado.

Gráfico N°11: Complicaciones del uso de dispositivos de asistencia (n:46).

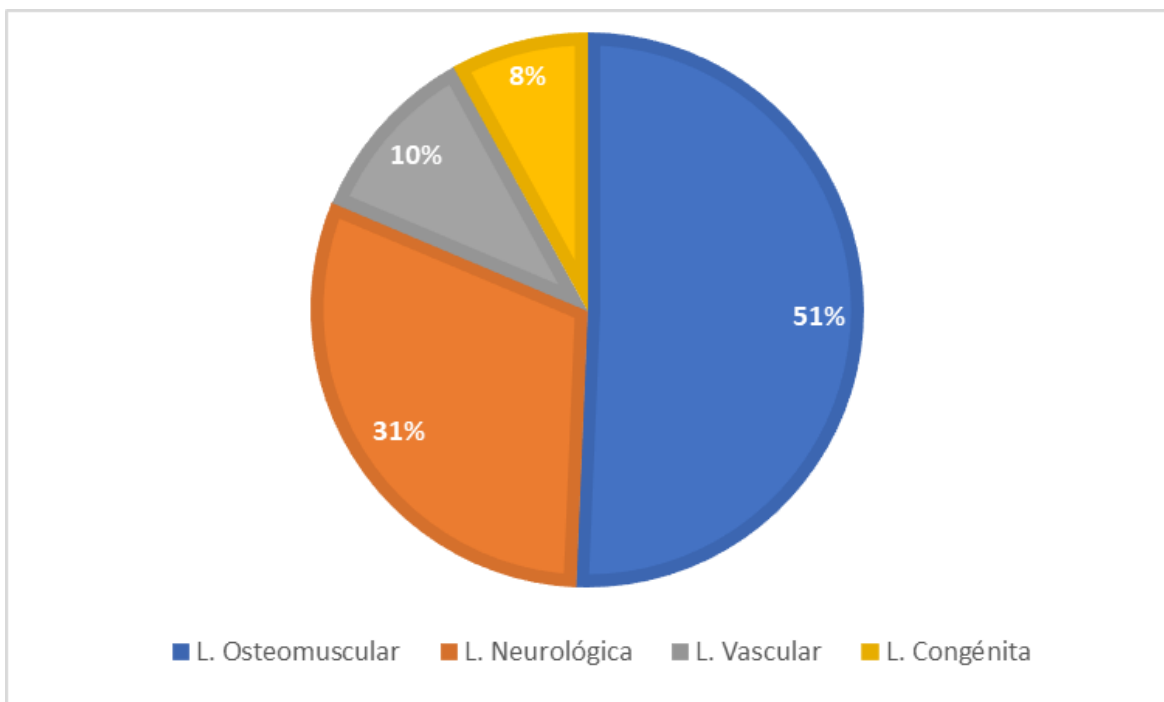


Fuente: elaboración propia.

Como principal complicación al momento de utilizar los dispositivos de asistencia convencionales, se reconoció la poca adaptación a las características anatómicas del paciente con un 40.84% según los kinesiólogos encuestados. En segundo lugar, con un 19.71% se consideró la atrofia muscular como una complicación frecuente. El dolor al utilizar estos dispositivos (16.9%) y las lesiones tisulares o infecciones (11.26%) se destacaron también en éste listado. En menor porcentaje, se reconocieron las alteraciones articulares (5.63%) y las complicaciones vasculares (5.63%) como complicaciones asociadas.

Se consultó además, sobre aquellas situaciones clínicas donde los Kinesiólogos recurren con mayor frecuencia a los dispositivos de asistencia convencionales para la rehabilitación de los pacientes. Los resultado obtenidos se reflejan en el siguiente gráfico:

Gráfico N°12: Situación clínica donde recurre a dispositivos de asistencia (n:46).

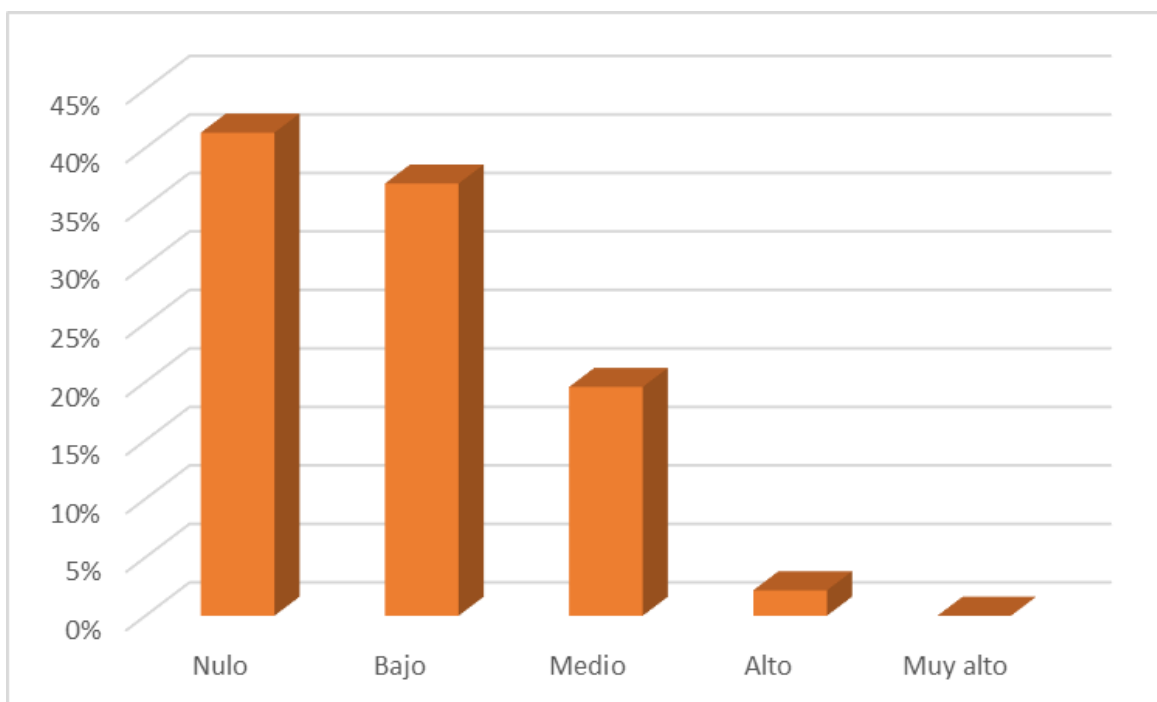


Fuente: elaboración propia.

Se observa que los kinesiólogos reconocen las lesiones osteomusculares como principal situación clínica donde recurren a los dispositivos de asistencia convencionales, lo que representa el 51% del total. Las lesiones neurológicas quedaron en segundo puesto con el 31%, seguido por las lesiones de carácter vascular con 10% y por último, las lesiones congénitas con un 8% completaron la muestra.

Por otro lado, en lo que respecta a la fabricación aditiva, en principio se analizó el grado de conocimiento que refieren los kinesiólogos sobre esta tecnología.

Gráfico 13 - Grado de información refiere sobre la fabricación aditiva (n:46).

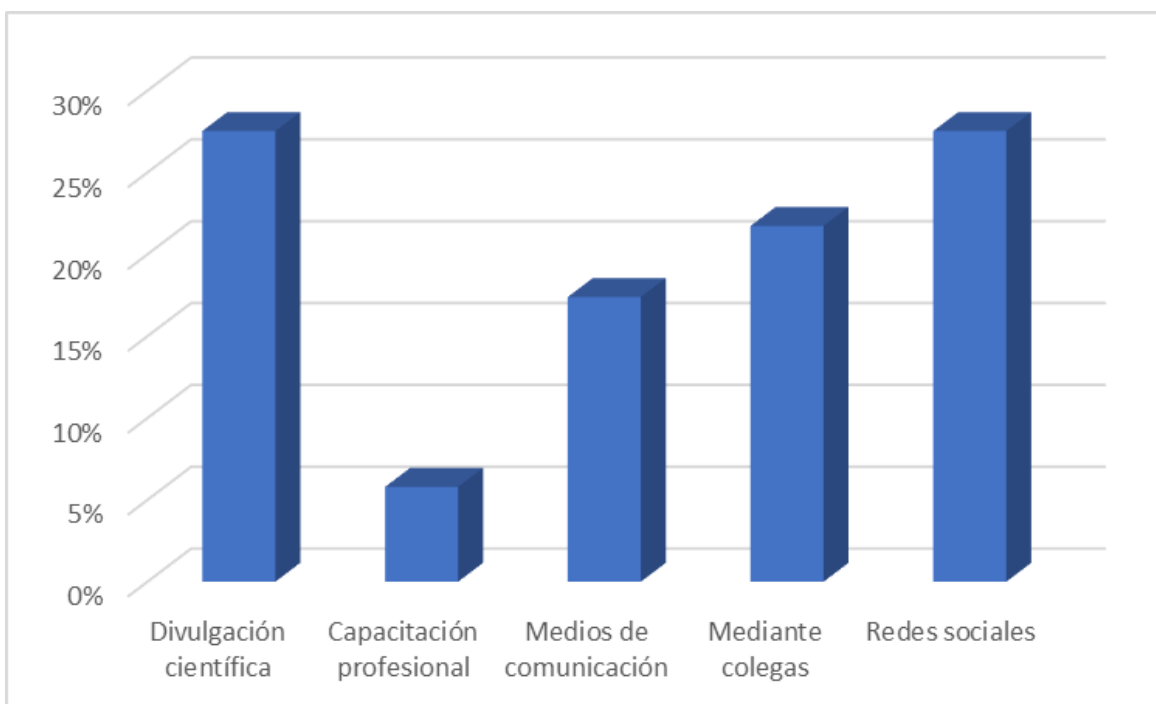


Fuente: elaboración propia.

En este gráfico se puede observar que el 41.30% de los kinesiólogos encuestados reconoció no tener conocimiento sobre las tecnologías de fabricación aditiva. Seguido por un 36.95% que indicaron tener un bajo grado de conocimiento y un 19.56% con mediano grado sobre la impresión 3D. Sólo un 2.17% de la muestra indicó tener un grado alto y ninguno de los encuestados expresó tener un grado muy alto de saberes sobre dicha tecnología.

A continuación, se consultó sobre la vía de acceso a la información mediante la cual los profesionales conocen esta tecnología.

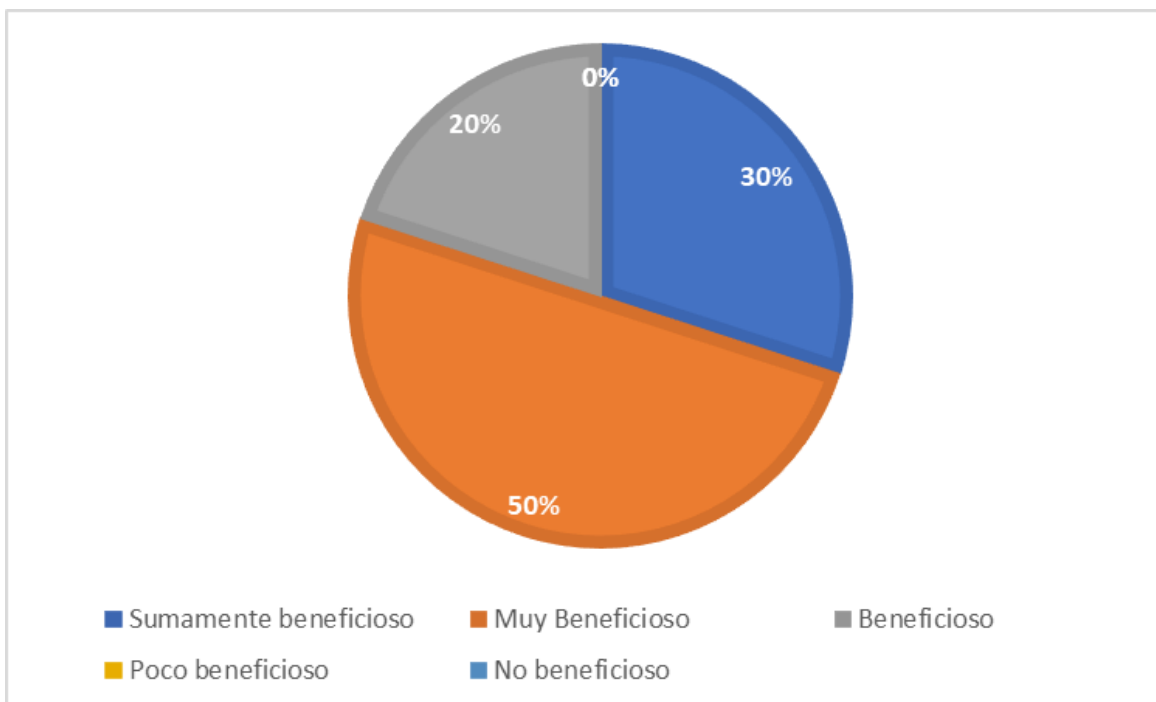
Gráfico N° 14: Vía acceso a la información referida sobre la fabricación aditiva (n:46).



Fuente: elaboración propia.

Los kinesiólogos indicaron sobre las vías de acceso a la información para esta tecnología que, tanto la divulgación científica (27.53%) como las redes sociales (27.53%) son las principales vías para informarse respecto al tema. Otro porcentaje de la muestra manifestó informarse a través de los colegas (21.73%) o medios de comunicación (17.39%). La capacitación profesional para acceder a la información ocupó el último lugar, con un 5.79%.

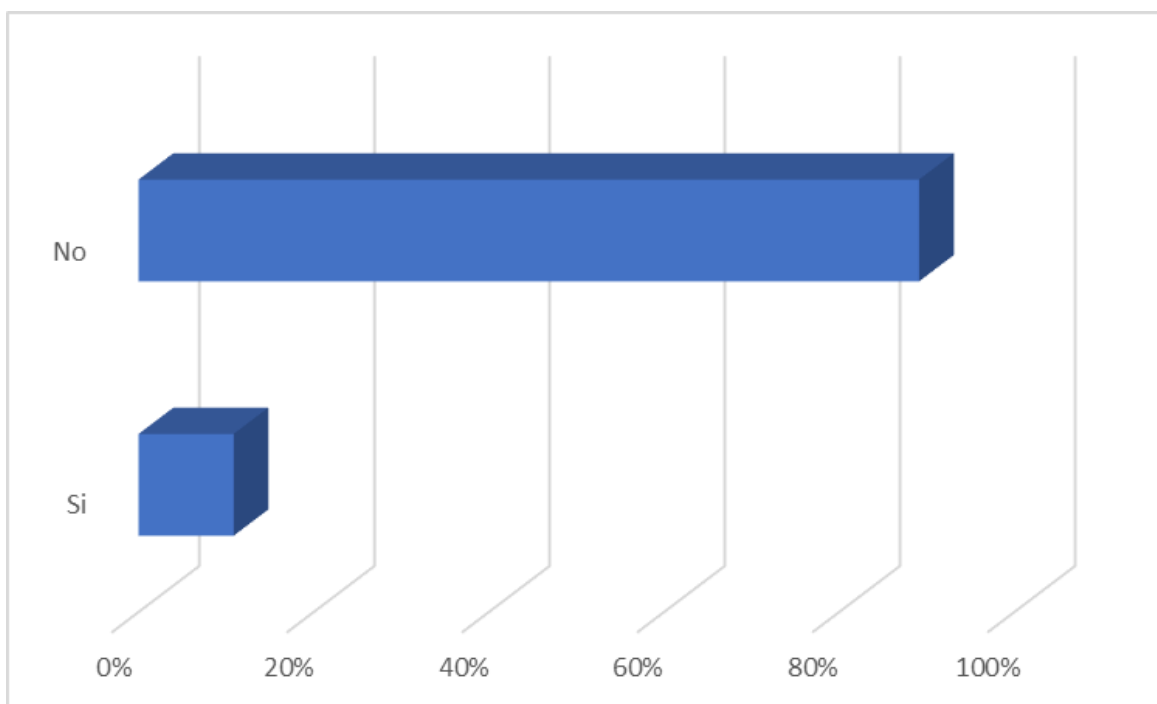
Gráfico N° 15: Valoración sobre beneficios aportados por la fabricación aditiva en el campo de la profesión (n:46).



Fuente: elaboración propia.

En el gráfico N°15 se observa que los encuestados reconocen la fabricación aditiva como una tecnología de carácter muy beneficioso (50%) o sumamente beneficioso (30%) para el campo de la profesión. Otro porcentaje de la muestra (20%) indicó como beneficiosa esta tecnología, mientras que ninguno de los kinesiólogos expresó considerarla como poco o no beneficiosa.

Gráfico N° 16: Conocimiento sobre el proceso de fabricación aditiva (n:46).

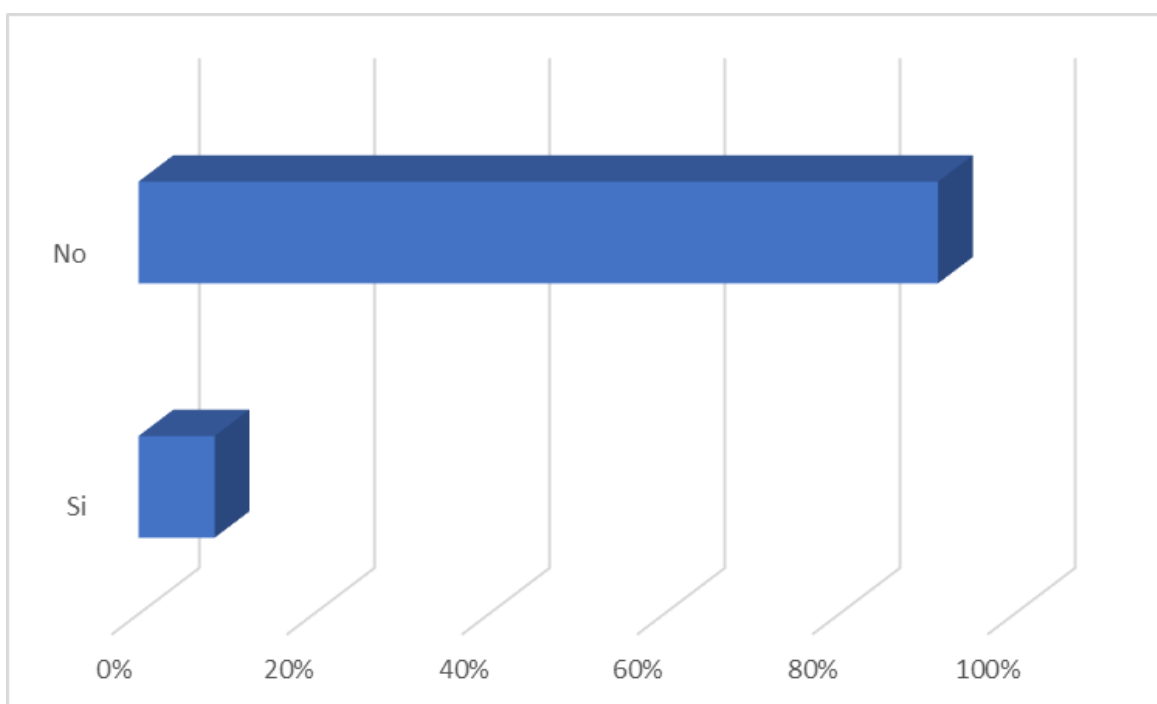


Fuente: elaboración propia.

En el gráfico N°16 se puede observar como una gran mayoría de los kinesiólogos encuestados expresan no tener información sobre los pasos involucrados durante el proceso de la impresión tridimensional de objetos. Un 89.13% de los profesionales manifestó no conocer sobre estos pasos de la fabricación y sólo el 10.87% expresó tener conocimiento sobre el proceso de fabricación aditiva.

Además, se consultó respecto a los diferentes tipos de fabricación aditiva existentes en la actualidad. Los datos obtenidos se reflejan en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 17: Conocimiento sobre la clasificación de la fabricación aditiva (n:46).

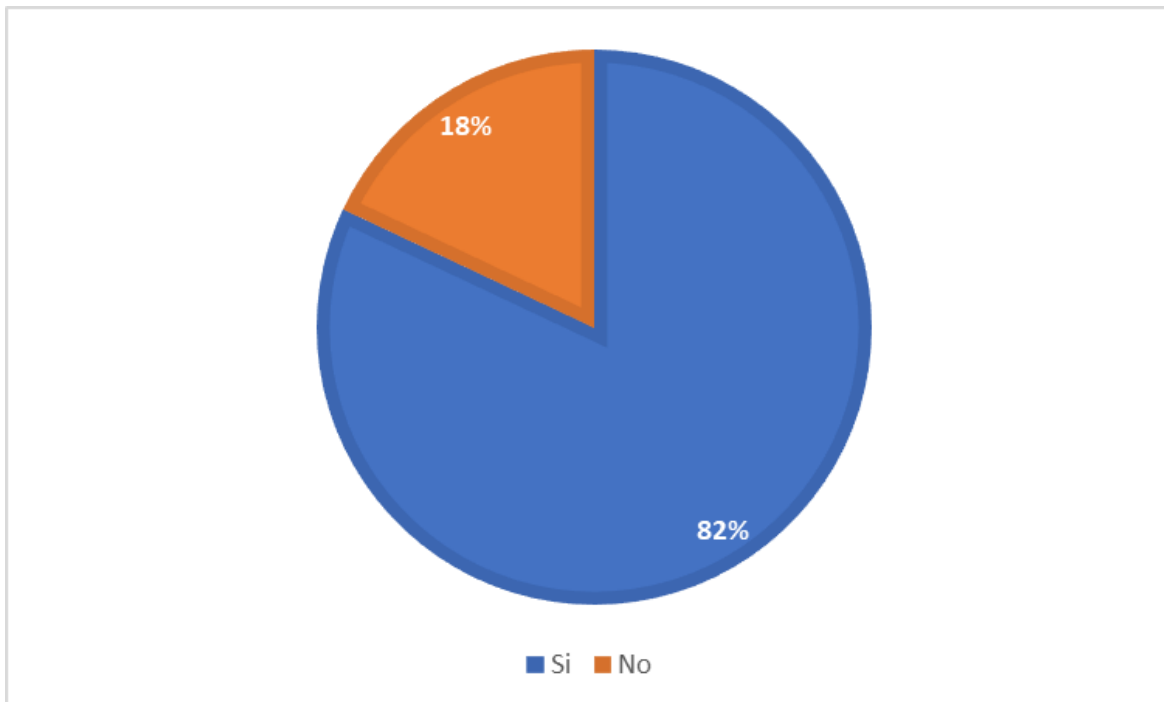


Fuente: elaboración propia.

De manera similar a la variable anterior, un gran porcentaje de los profesionales encuestados (91.30%) expresó no tener información sobre la clasificación de esta tecnología. Sólo un 8.69% manifestó saber del tema en cuestión.

Continuando con el análisis de los datos, además se preguntó a los kinesiólogos sobre el reconocimiento de la fabricación aditiva como un recurso para su estrategia terapéutica.

Gráfico N° 18: Reconocimiento de la fabricación aditiva como recurso para su estrategia terapéutica (n:46).

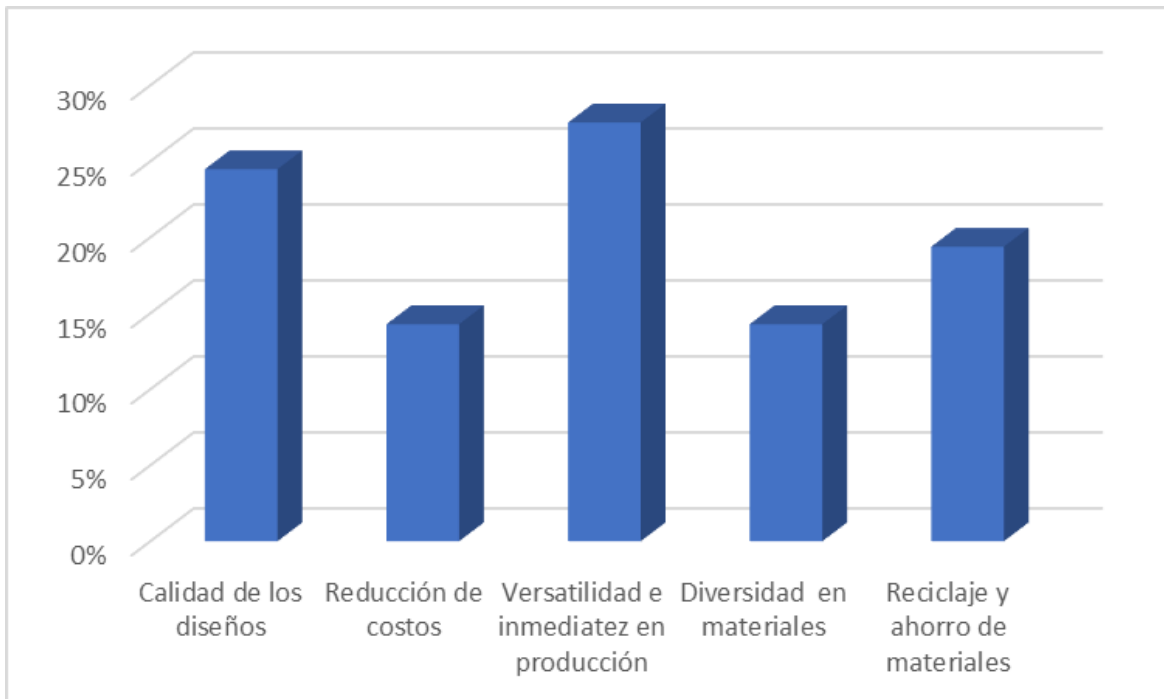


Fuente: elaboración propia.

En el gráfico N°18 se observa que una gran mayoría (82%) indicó que reconoce esta tecnología como un recurso para su estrategia terapéutica en el abordaje de los pacientes. Caso contrario, un 18% de los kinesiólogos no reconoce la fabricación aditiva como un recurso a utilizar.

Además, otra variable en cuestión se trató de las ventajas reconocidas por parte de los profesionales sobre la fabricación aditiva. Los resultados se pueden ver en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 19: Ventajas reconocidas de la fabricación aditiva.(n:46)

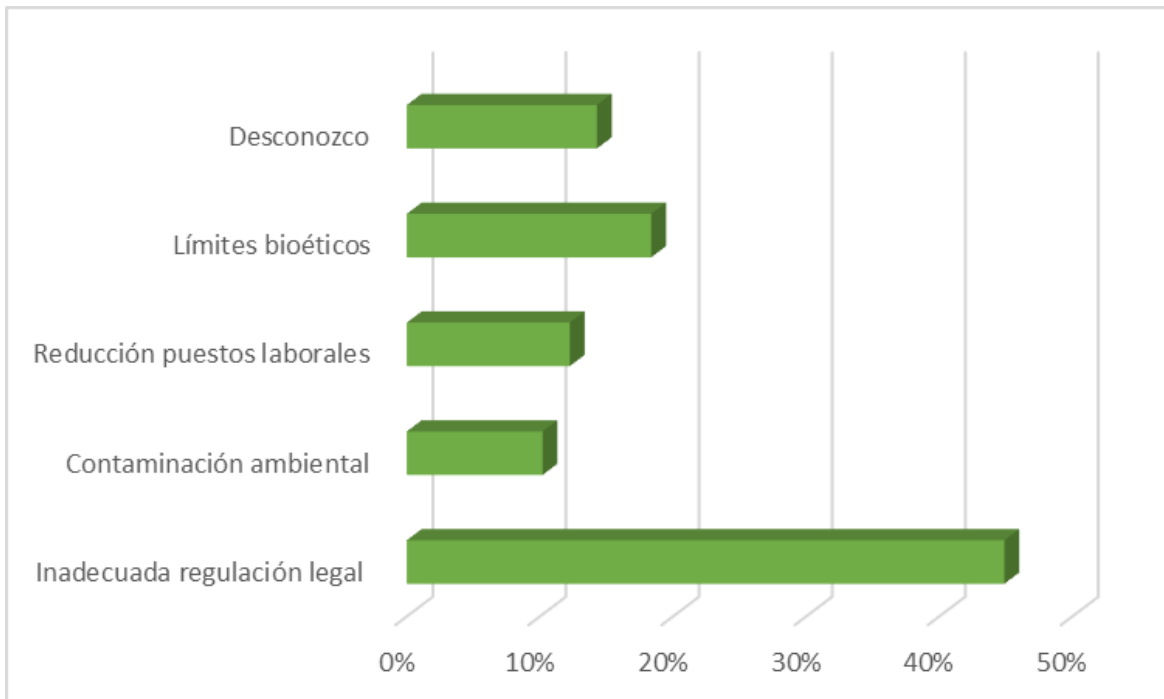


Fuente: elaboración propia.

Entre las ventajas ofrecidas por esta tecnología, los profesionales encuestados reconocieron la versatilidad e inmediatez en la producción de los dispositivos en primer lugar con un 27.55%, seguido por la calidad de los diseños producidos de manera tridimensional con el 24.48%. Otra ventaja reconocida fue el reciclaje y el ahorro de los materiales, que alcanzó un 19.38%. En igual porcentaje (14.28%) quedaron la reducción de los costos y la diversidad de materiales como otras ventajas ofrecidas por la fabricación aditiva.

Se analizaron también las desventajas que reconocen los profesionales de la kinesiología sobre esta tecnología.

Gráfico N°20: Desventajas reconocidas de la fabricación aditiva (n:46).

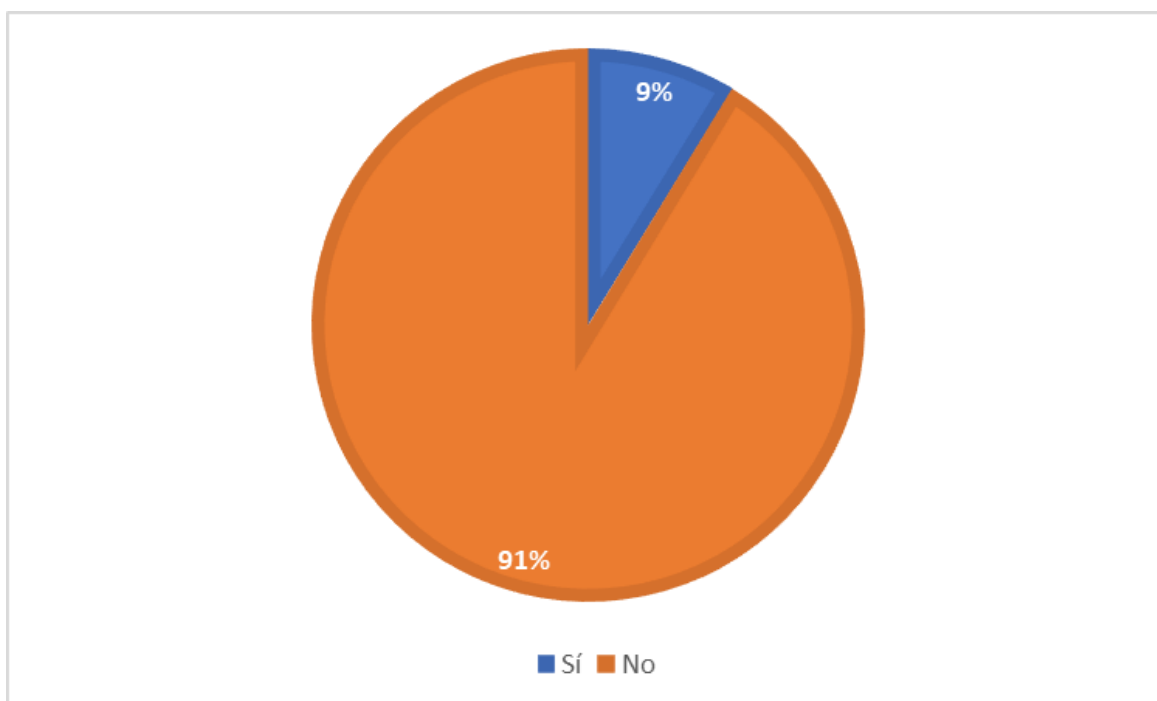


Fuente: elaboración propia.

Con respecto a las desventajas que reconocen, la inadecuada regulación legal asociada a la fabricación aditiva en el campo de la rehabilitación alcanzó un 44.89%, equivalente a más del doble de lo que indicaron en las otras opciones. En menor porcentaje, los límites bioéticos representaron un 18.36%, la reducción de los puestos laborales un 12.24% y por detrás quedó la contaminación ambiental, con un 10.20% según la opinión de los kinesiólogos. Vale mencionar que 14.28% de los encuestados manifestaron desconocer sobre las desventajas de esta tecnología.

Se consulta el reconocimiento de los diferentes pasos involucrados en el desarrollo de un dispositivo de asistencia impreso en 3D.

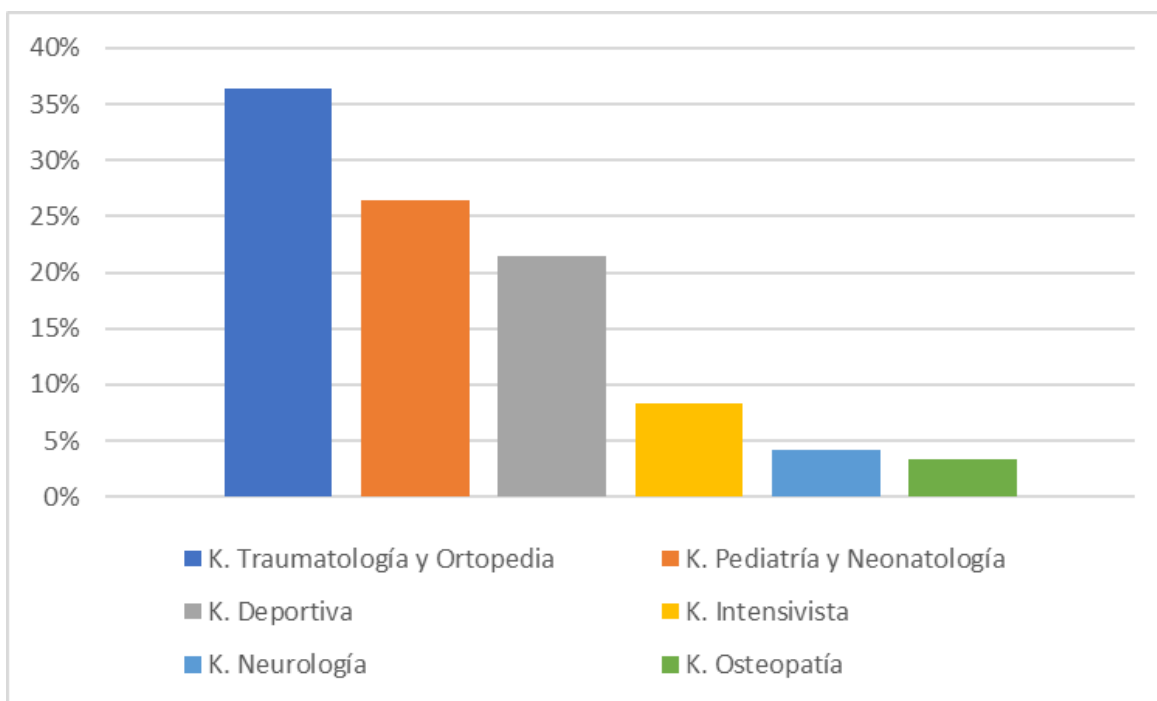
Gráfico N°21: Reconocimiento de los pasos en el desarrollo de un dispositivo de asistencia en 3D (n:46).



Fuente: elaboración propia.

El 91% de los profesionales reconocieron no estar informados sobre cómo se lleva a cabo dicho proceso, mientras que sólo el 9% expresó tener conocimiento sobre el tema.

Gráfico N° 22: Especialidades de la Kinesiología donde se aplicaría la fabricación aditiva (n:46).

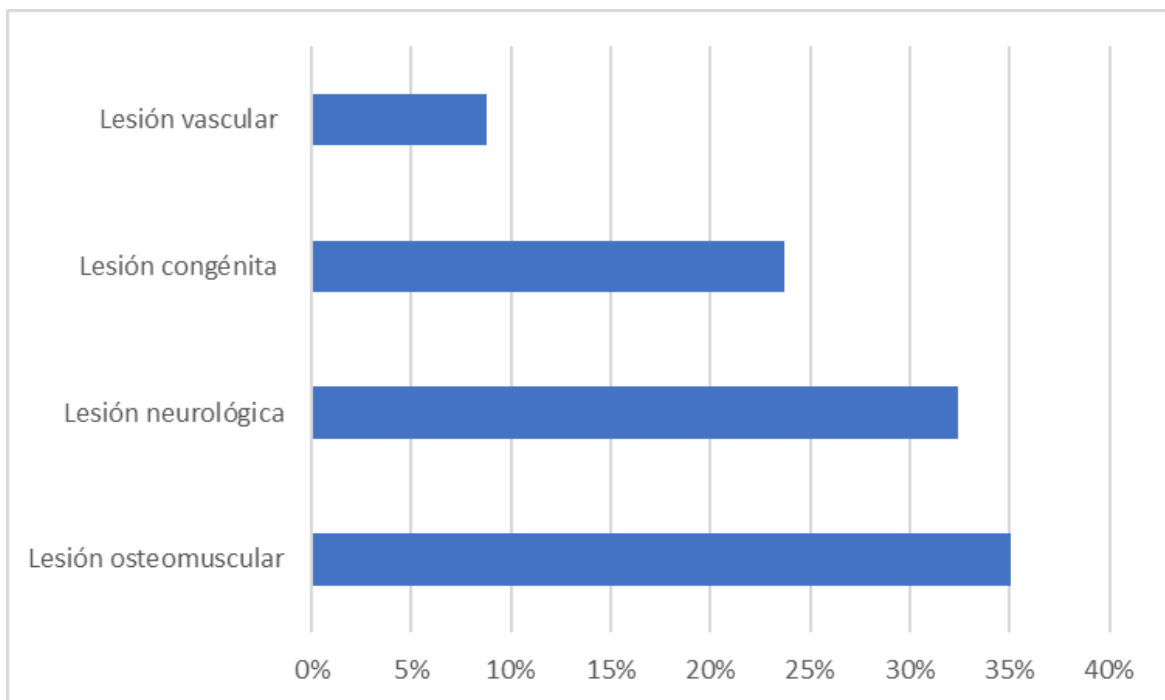


Fuente: elaboración propia.

En éste gráfico se observan las especialidades de la Kinesiología en la que los profesionales encuestados consideraron posible la aplicación de la impresión tridimensional como una estrategia para abordar a sus pacientes. La especialidad kinésica en Traumatología y Ortopedia encabezó el listado con un 36.36%, seguido por la especialidad en Pediatría y Neonatología con un 26,44% y en Deportiva con un 21,48%. Además, indicaron que aplicarían esta tecnología para tratar sus pacientes en las especialidades de Kinesiología Intensivista (8,26%), Neurología 4,13% y por último, en Osteopatía un 3,30%.

También se consultó a los profesionales sobre aquellos casos clínicos donde aplicarían la Fabricación aditiva como recurso en el tratamiento kinésico.

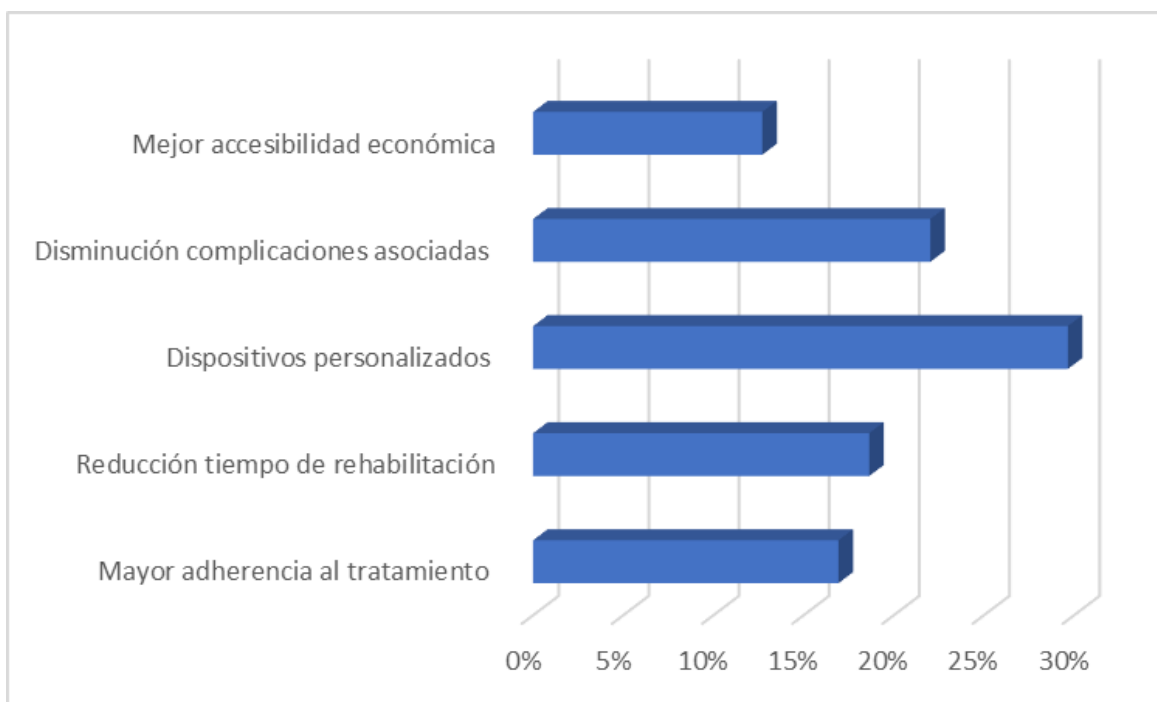
Gráfico N° 23: Casos clínicos de aplicación de la fabricación aditiva (n:46).



Fuente: elaboración propia.

Los kinesiólogos consideraron que aquellos casos asociados con una lesión osteomuscular son convenientes para aplicar esta tecnología, alcanzando un porcentaje del 35,08%. Por detrás de estas lesiones, ubicaron aquellas de carácter neurológica con un 32,45%, las lesiones congénitas con un 23,68% y las de origen vascular por último, con un 8,77% para ser abordadas a través de la fabricación aditiva.

Gráfico N° 24: Beneficios de la fabricación aditiva para la Kinesiología (n:46).

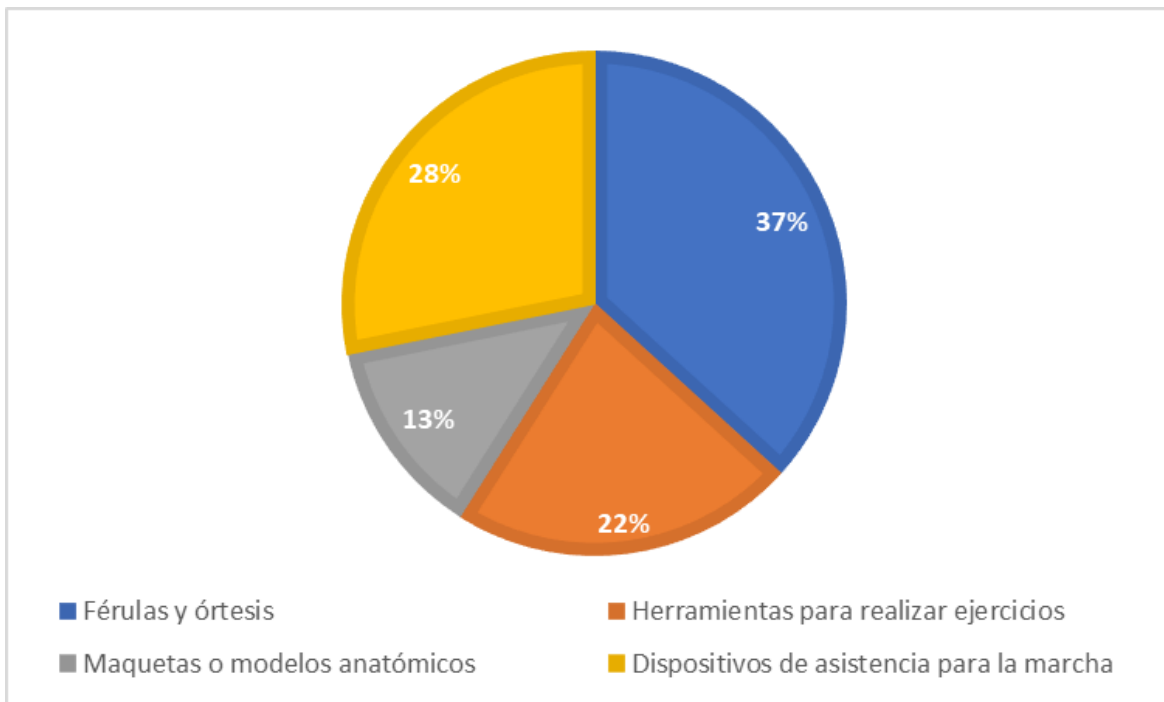


Fuente: elaboración propia.

Sobre los beneficios que le puede aportar la fabricación aditiva a la Kinesiología, los profesionales encuestados manifestaron que un punto a destacar se trata de la posibilidad de diseñar dispositivos de manera personalizada, que alcanzó un 29,66%. También consideraron que las complicaciones asociadas al uso de los dispositivos de asistencia se verían reducidas (22,03%) así como también el tiempo de tratamiento y rehabilitación (18,64%). Además, expresaron que sería posible conseguir una mayor adherencia al tratamiento por parte de los pacientes, lo cual quedó representado con un 16,94%. Por último, otro aporte beneficioso al área, se trata de una mejor accesibilidad económica, un 12,71% según lo indicado.

Se preguntó también cuál fue el tipo de herramienta o dispositivo elaborado mediante impresión tridimensional que sumaría a su desempeño como profesional.

Gráfico N° 25: Tipo de herramienta/dispositivo elaborado 3D para su labor profesional
(n:46).

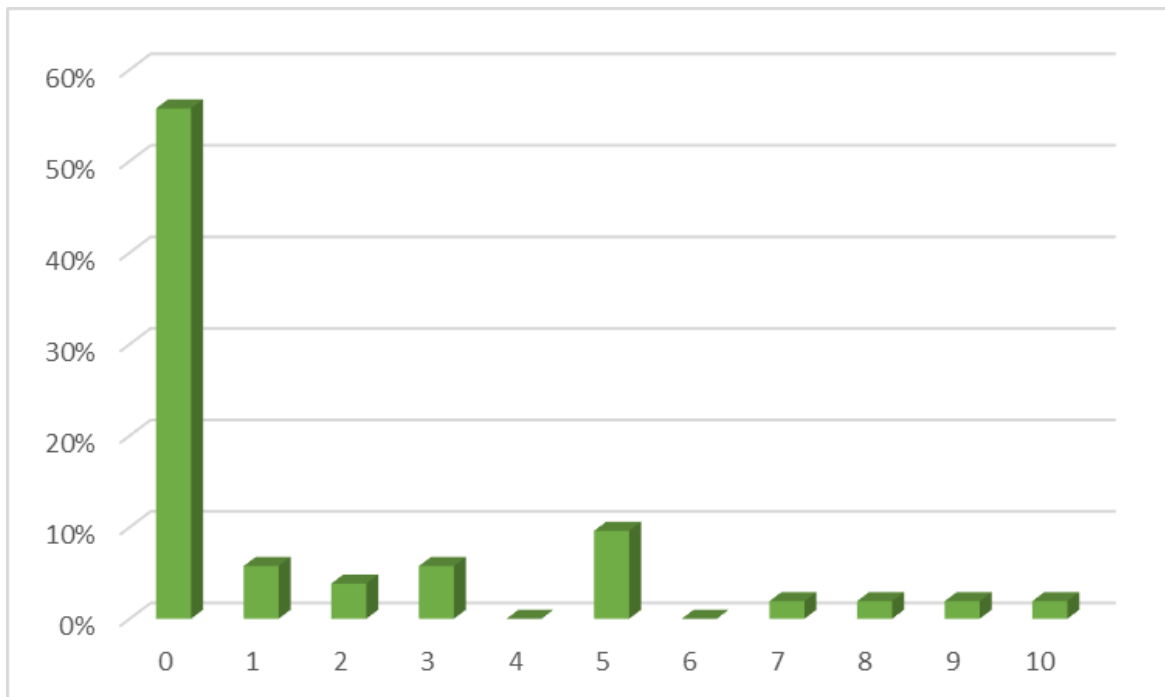


Fuente: elaboración propia.

En el gráfico N° 25 se puede observar que fueron seleccionadas las férulas y órtesis con un 37% como dispositivos elaborados mediante fabricación aditiva para anexar al tratamiento kinésico. Además, los dispositivos de asistencia para la marcha (28%), herramientas para realizar ejercicios (22%) y las maquetas y modelos anatómicos (13%) completaron el conjunto de elementos favorables para sumar a la rehabilitación de los pacientes en su labor profesional.

También se encuestó a los kinesiólogos sobre el número de pacientes vinculados con algún dispositivo 3D, que han atendido previamente en su labor profesional.

Gráfico N°26: Número de pacientes atendidos con algún dispositivo impreso en 3D
(n:46).

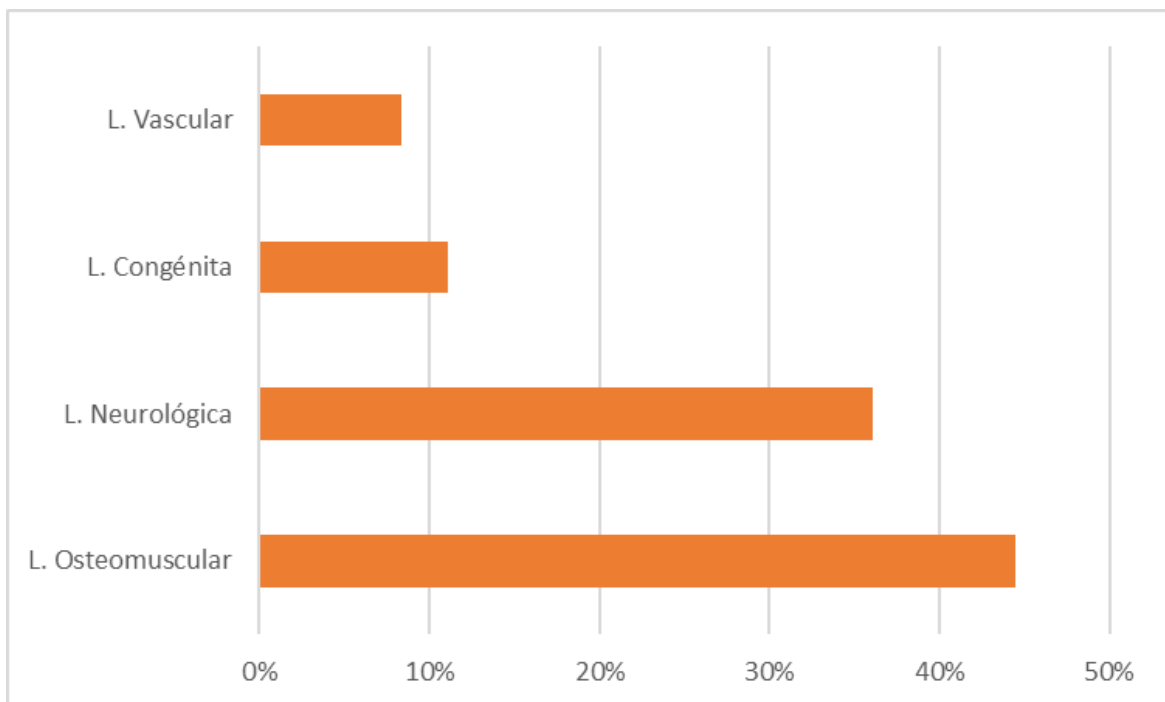


Fuente: elaboración propia.

Tal cual muestra el gráfico, más de la mitad de los profesionales encuestados reconoce no haber atendido nunca un paciente vinculado con algún dispositivo impreso tridimensionalmente, esto equivale al 55,76% de la muestra. Por su parte, el resto de los encuestados indicó haber atendido sólo un paciente (5,76%), a dos (3,84%), a tres (5,76%), a cinco (9,61%), y por último, a siete, ocho, nueve y diez pacientes en igual porcentaje (1,92%).

Luego se estudió el tipo de lesión de esos pacientes atendidos en relación con algún dispositivo impreso de manera tridimensional.

Gráfico N°27: Tipo de lesión de pacientes atendidos con dispositivo 3D (n:46).

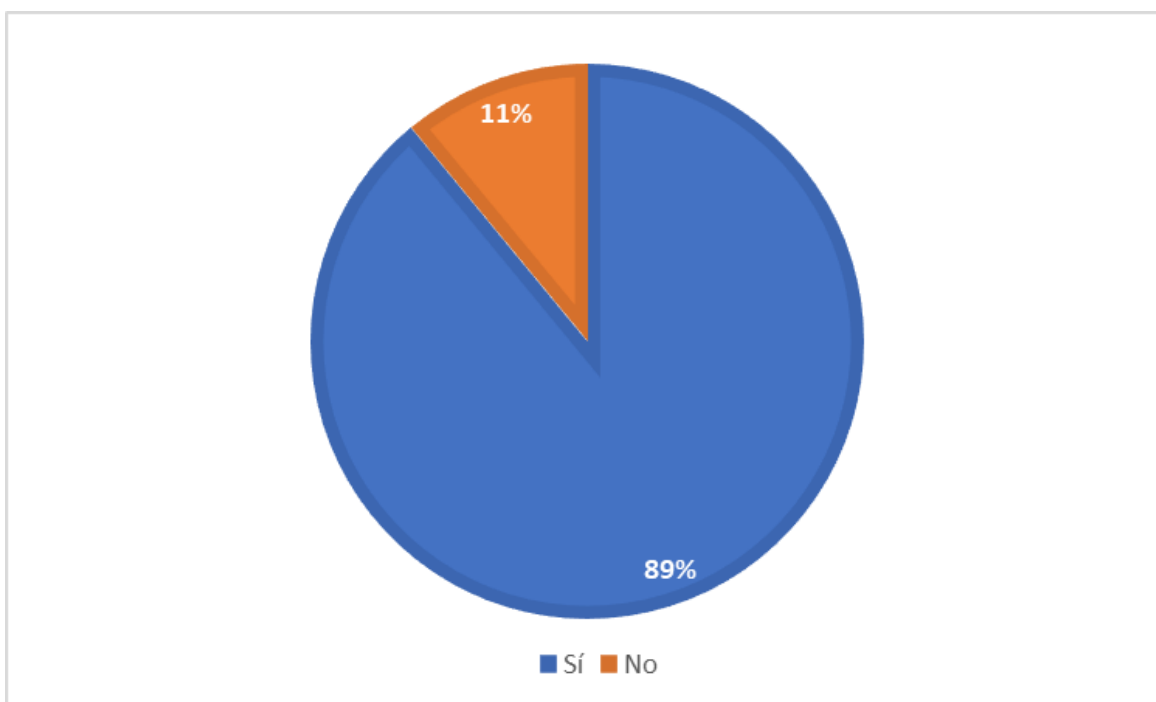


Fuente: elaboración propia.

El 44.44% de los kinesiólogos encuestados indicó que el tipo de lesión que habían sufrido estos pacientes atendidos en conjunto con dispositivos impresos en 3D fue de tipo osteomuscular. Otro tipo de lesiones a destacar son aquellas de carácter neurológico, que alcanzó un 32.45%. En menor cantidad quedaron las lesiones congénitas (23.68%) y las lesiones de origen vascular (8.77%) según indicaron.

Además, se les consultó sobre la posible participación en el desarrollo de dispositivos impresos en 3D para la aplicación en su abordaje terapéutico.

Gráfico N°28: Participación en el desarrollo de dispositivos impresos en 3D (n:46).

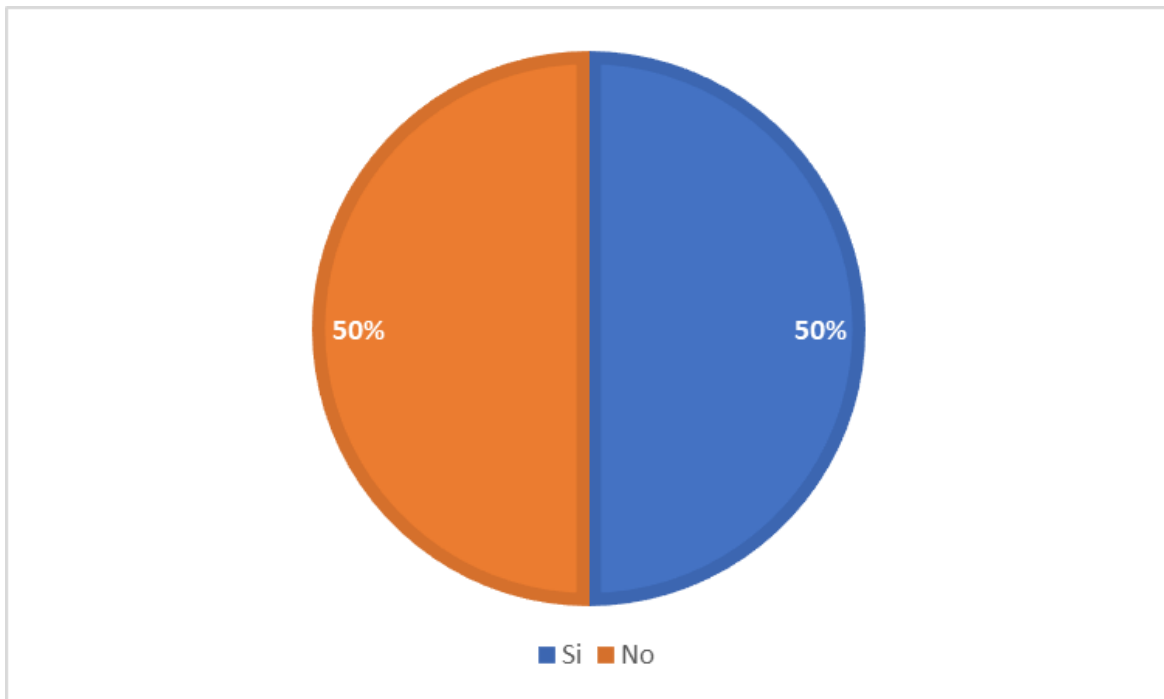


Fuente: elaboración propia.

Tras encuestar a los kinesiólogos sobre su posible participación en el desarrollo de dispositivos impresos en 3D, el 89% de la muestra afirmó que sería parte del proceso de fabricación de estos dispositivos. Mientras que un 11% de ellos indicó que no se involucraría.

Sobre la actual pandemia de Covid-19, se indagó a los kinesiólogos sobre la utilización de elementos de protección personal impresos en 3D como un recurso para el desarrollo adecuado de su trabajo.

Gráfico N° 29: Utilización de EPP impreso en 3D durante la actual pandemia (n:46).

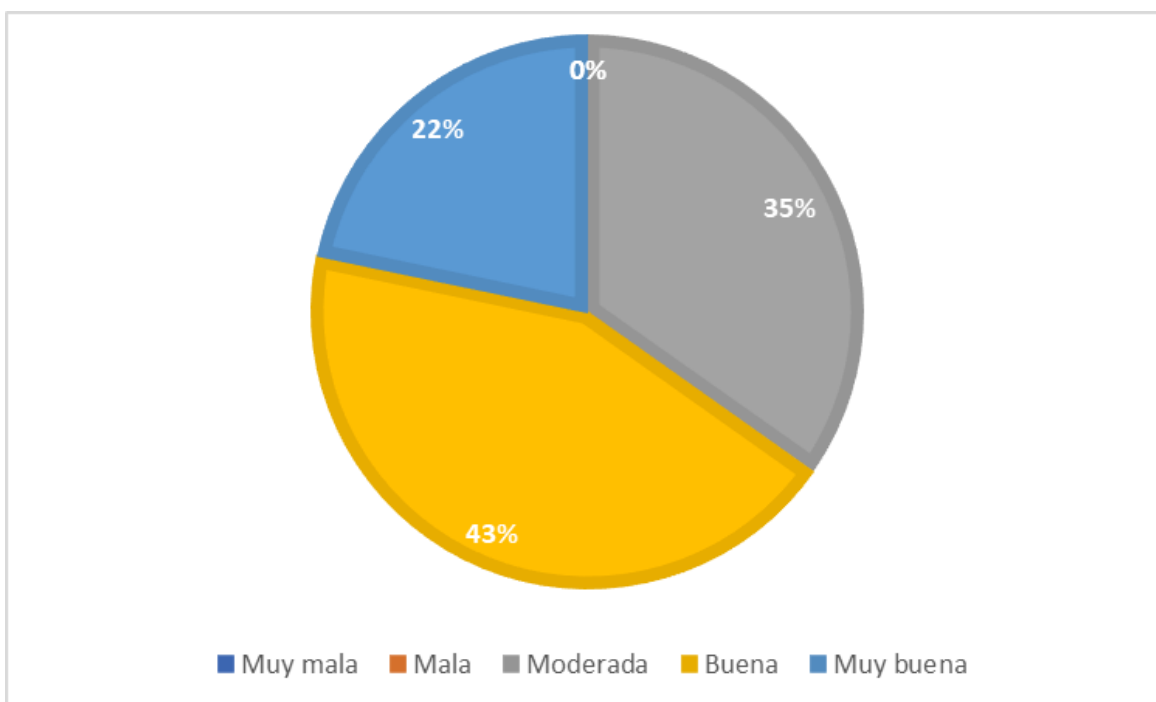


Fuente: elaboración propia.

Una mitad indicó que utilizó un elemento de protección personal (EPP) impreso tridimensionalmente durante la batalla contra el sars cov II, mientras que la otra mitad expresó no haber utilizado un EPP elaborado mediante esta tecnología.

Continuando con el tema, a los encuestados se le preguntó sobre la valoración sobre el rol de estos insumos fabricados a través de impresoras 3D. Los datos obtenidos se reflejan en el Gráfico N° 30.

Gráfico N° 30: Valoración sobre la participación de EPP 3D en la pandemia (n:46).

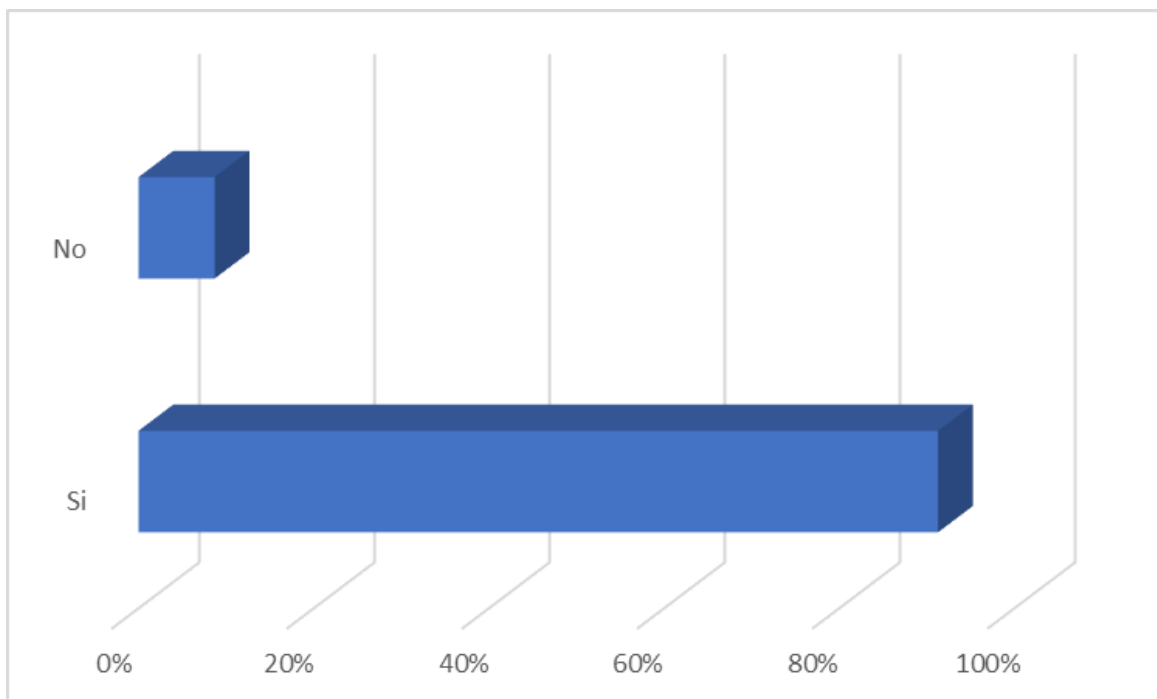


Elaboración propia.

Respecto a la valoración asignada por los profesionales sobre los insumos impresos en 3D durante la actual pandemia, una mayoría destacó su rol en el transcurso de la misma. Un 43% indicó que tuvo una buena participación. De manera similar, otros encuestados calificaron su desempeño como muy buena (22%). La muestra se completa con un 35% que consideró su desempeño de forma moderada.

Por otro lado, se consultó sobre la aplicación de la fabricación aditiva como una herramienta útil para la formación de futuros profesionales de la Kinesiología.

Gráfico N° 31: Fabricación aditiva como herramienta para la formación de futuros profesionales (n:46).

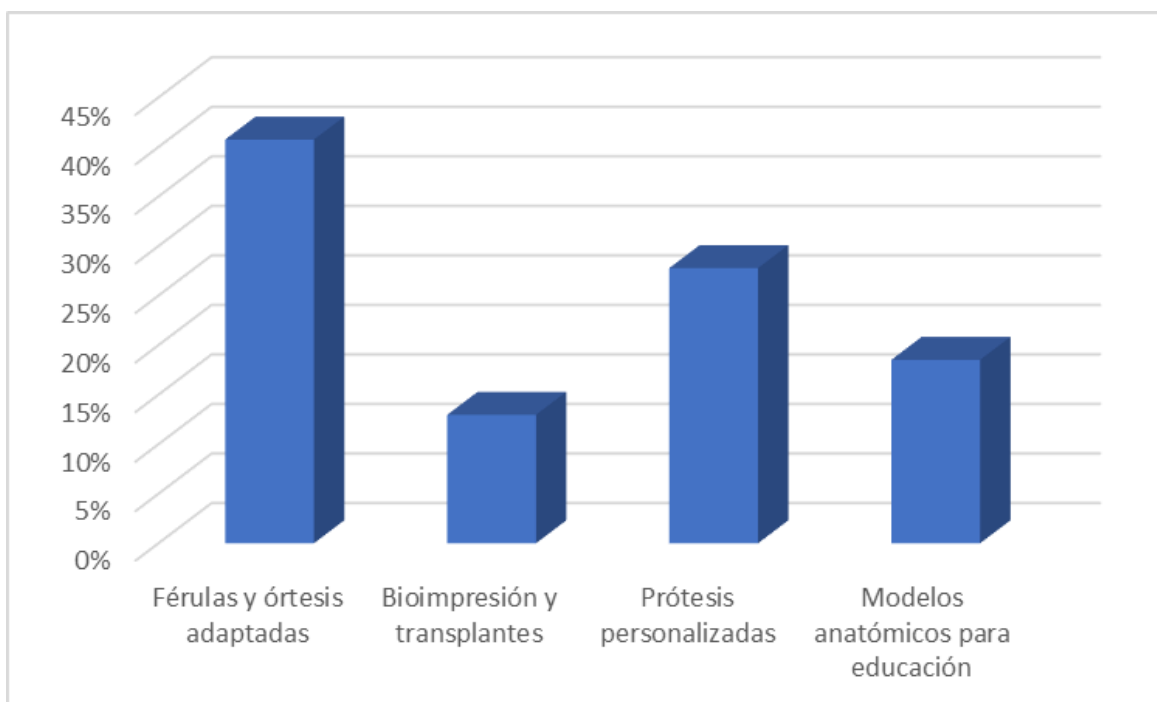


Fuente: elaboración propia.

Los kinesiólogos en su mayoría manifestaron que la fabricación aditiva se trata de una herramienta útil para la formación de futuros profesionales. Del total de la muestra, un 91.30% está a favor de la utilización de este recurso, en contrapunto sólo el 8.7% que no considera que se trate de un recurso favorable.

Por último, a los profesionales se les preguntó sobre las tendencias futuras que perciben sobre la fabricación aditiva en el campo de la salud.

Gráfico N° 32: Tendencias futuras de la fabricación aditiva (n:46).



Fuente: elaboración propia.

Sobre las tendencias de esta tecnología, los profesionales encuestados consideran que el desarrollo y aplicación de férulas y órtesis adaptadas a la anatomía del paciente tienen probabilidad de crecimiento viable como tendencia en un futuro (40.74%). También hicieron énfasis en las prótesis personalizadas (27.77%) y los modelos anatómicos para educación de estudiantes y pacientes (18.51%). Expresaron que ven menor probabilidad de desarrollo en el campo de la bioimpresión y trasplantes de órganos (12.96%).

CONCLUSIONES

Esta investigación tuvo como objetivo indagar el grado de información que tienen los Licenciados en Kinesiología sobre el uso de la fabricación aditiva y sus aplicaciones en las distintas ramas de la profesión. Luego de analizar e interpretar los datos estadísticos obtenidos, como resultado se alcanzaron las siguientes conclusiones.

En primer lugar, al momento de conocer la situación actual de los dispositivos de asistencia convencionales vinculados con la labor de los kinesiólogos, estos expresaron que en la actualidad los dispositivos de asistencia para la marcha, como bastones y andadores, así como las férulas y órtesis, encabezan el listado de los dispositivos más utilizados durante en el tratamiento de rehabilitación de los pacientes. El acceso a estos es considerado como regular, malo o muy malo según el 82.57% de la muestra. Este aspecto negativo lo asociaron a los factores burocráticos y a los costos poco accesibles que debe enfrentar el paciente. Como principal complicación asociada a estos dispositivos, se destacó la inadecuada adaptación a las características anatómicas del paciente.

En cuanto al grado de información sobre el proceso que conlleva la fabricación aditiva que tienen los Lic. en Kinesiología, el 41.30% de los profesionales encuestados reconoció no tener información sobre esta tecnología, seguido por un 36.95% que indicaron tener un bajo grado de conocimiento. Sobre esta base, una gran mayoría (89.13%) sostuvo no conocer los pasos involucrados con el proceso de la impresión tridimensional de objetos. Se puede agregar que, de manera similar, un gran porcentaje de (91.30%) manifestó no tener información sobre cómo se clasifica esta tecnología. Sin embargo, consideran esta tecnología como muy beneficiosa (50%) y sumamente beneficiosa (30%) para el campo de la profesión.

En relación a las vías de acceso a la información y las fuentes consultadas sobre la fabricación aditiva por parte de los Lic. en Kinesiología, estos profesionales indicaron que, tanto la divulgación científica como las redes sociales son los principales medios para informarse respecto al tema. Otros expresaron que se mantienen actualizados a través de los colegas o medios de comunicación. Un pequeño grupo señaló las capacitaciones profesionales como una vía de acceso.

Un alto porcentaje de los kinesiólogos (82%) reconoce que la impresión 3D se trata de un recurso que puede ser utilizado dentro de las estrategias terapéuticas. Las especialidades en la que los profesionales consideraron posible la aplicación de esta

tecnología para abordar a sus pacientes fueron principalmente el campo de la Traumatología y Ortopedia (36.36%), seguido por la especialidad en Pediatría y Neonatología (26,44%) y la Kinesiología Deportiva (21,48%). Además, consideraron que los casos asociados con una lesión osteomuscular son convenientes para aplicar esta tecnología. También aquellas de carácter neurológico, congénitas y las de origen vascular para ser abordadas a través de la fabricación aditiva. Dicho sea de paso, los profesionales sostuvieron que sumarían en su abordaje kinésico, férulas y órtesis elaboradas mediante dicha tecnología. Señalaron también que los dispositivos de asistencia para la marcha, herramientas para realizar ejercicios y las maquetas y modelos anatómicos representan un conjunto de elementos favorables para sumar a la rehabilitación de los pacientes en su labor.

Otro de los objetivos de este trabajo consistió en sondear sobre ventajas y desventajas reconocidas sobre la utilización de la fabricación aditiva por los Lic. en Kinesiología. Las ventajas reconocidas por los profesionales son, sobre todo la versatilidad e inmediatez en la producción de los dispositivos que ofrece esta tecnología, como también la calidad de los diseños elaborados de manera tridimensional. Además reconocieron el reciclaje y ahorro de los materiales, así como la reducción de los costos y la diversidad de materiales que ofrece la impresión 3D. Continuando con las desventajas que destacaron los kinesiólogos, la inadecuada regulación legal asociada a esta tecnología en el campo de la rehabilitación marcó una tendencia, casi la mitad de los encuestados se inclinó por este factor. Algunos tuvieron en consideración los límites bioéticos y la reducción de los puestos laborales dentro de la cadena de producción. Vale mencionar que 14.28% de los encuestados manifestaron desconocer sobre las desventajas de esta tecnología.

La fabricación aditiva para la Kinesiología presenta numerosos beneficios. Esta tecnología abre un camino hacia la posibilidad de diseños personalizados de dispositivos que se adecuen a cada caso en particular, junto con la disminución de las complicaciones asociadas al uso de los dispositivos de asistencia. Muchas veces los tratamientos de rehabilitación se prolongan por las demoras en el tiempo de acceso a estos. Mediante la impresión 3D el tiempo de rehabilitación se puede ver reducido y con ello conseguir, además, una mayor adherencia al tratamiento por parte de los pacientes.

Un aspecto a destacar de los datos obtenidos, se trata de la marcada voluntad expresada por los profesionales (casi el 90%) por participar en el diseño y desarrollo

de dispositivos 3D. En este mismo sentido, el 91.30% de los kinesiólogos consultados consideran a esta tecnología un recurso favorable para la formación académica de futuros profesionales de la Kinesiología.

A pesar de ser una tecnología conocida a nivel mundial y estar en pleno auge de crecimiento, las investigaciones realizadas acerca de su rol dentro del campo de la Kinesiología son escasas según el relevamiento bibliográfico realizado para este trabajo. La presente investigación busca generar un modesto aporte para subsanar este vacío existente. La fabricación aditiva permite ampliar el abanico de herramientas y recursos para ofrecer tratamientos más eficientes, empoderando la labor de los profesionales y su rol en el campo de la salud.

A partir de las conclusiones, surgen tres interrogantes para futuras investigaciones:

- ¿Cuál es el grado de adherencia al uso de equipamiento de rehabilitación confeccionado en 3D respecto del que es realizado de manera tradicional en el ámbito de la Kinesiología en Traumatología y Ortopedia?
- ¿Cuál es la perspectiva actual sobre la aplicación de férulas y órtesis impresas en 3D dentro del ámbito sanitario argentino?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas advertidas por docentes sobre la inclusión de elementos educativos 3D dentro del plan académico de la Lic en kinesiología?

BIBLIOGRAFÍA

- Abdulhameed, O., Al-Ahmari, A., Ameen, W., & Mian, S. H. (2019). *Additive manufacturing: Challenges, trends, and applications*. Advances in Mechanical Engineering. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1687814018822880>
- Aimar, A., Palermo, A., & Innocenti, B. (2019). *The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art*. Journal of healthcare engineering, 5340616. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/5340616>
- Aydin, A., Demirtas, Z., Ok, M., Erkus, H., Cebi, G., Uysal, E., Gunduz, O., & Ustundag, C. B. (2021). *3D printing in the battle against COVID-19*. Emergent materials, 4(1), 363–386. <https://doi.org/10.1007/s42247-021-00164-y>
- Bahraminasab M. (2020). *Challenges on optimization of 3D-printed bone scaffolds*. Biomedical engineering online, 19(1), 69. <https://doi.org/10.1186/s12938-020-00810-2>
- Ballena Santos, O. A. (2017). *Propuesta de manual de buenas prácticas de manufactura aplicable a dispositivos médicos implantables hechos a medida fabricados por impresión 3D* (tesis de grado). Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/6599>
- Barak Ventura, R., Rizzo, A., Nov, O. et al (2020). *A 3D printing approach toward targeted intervention in telerehabilitation*. Scientific Reports vol. 10, 3694. Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59927-y>
- Berchon Mathilde y Bertier Luyt (2015). *La Impresión 3D. Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Editorial Gustavo Gili, SL.
- Betancur Arango, L. M., & Quiroz Zapata, J. A. (2020). *Estudio de prefactibilidad para la constitución de una empresa dedicada al diseño e impresión 3D de órtesis personalizadas para el sector ortopédico en el Valle de Aburrá*. (Tesis de grado de especialización). Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquía, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10495/17992>
- Bose, S., Ke, D., Sahasrabudhe, H., & Bandyopadhyay, A. (2018). *Additive manufacturing of biomaterials*. Progress in materials science, 93, 45–111. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.08.003>

Bucco, M. (2016). *La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos)* (Trabajo de maestría). Universidad de San Andrés, Ciudad autónoma de Buenos Aires. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10908/11878>

Calvo-Haro, J. A., Pascau, J., Mediavilla-Santos, L., Sanz-Ruiz, P., Sánchez-Pérez, C., Vaquero-Martín, J., & Perez-Mañanes, R. (2021). *Conceptual evolution of 3D printing in orthopedic surgery and traumatology: from "do it yourself" to "point of care manufacturing"*. *BMC musculoskeletal disorders*, 22(1), 360. Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04224-6>

Castro E Melo, J., & Faria Araújo, N. M. (2020). *Impact of the Fourth Industrial Revolution on the Health Sector: A Qualitative Study*. *Healthcare informatics research*, 26(4), 328–334. Recuperado de: <https://doi.org/10.4258/hir.2020.26.4.328>

Ejnisman, L., Gobbato, B., de França Camargo, A. F., & Zancul, E. (2021). *Three-Dimensional Printing in Orthopedics: from the Basics to Surgical Applications*. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 14(1), 1–8. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09691-3>

Elemoso, A., Shalunov, G., Balakhovskiy, Y. M., Ostrovskiy, A. Y., & Khesuani, Y. D. (2020). *3D Bioprinting: The Roller Coaster Ride to Commercialization*. *International journal of bioprinting*, 6(3), 301. Disponible en: <https://doi.org/10.18063/ijb.v6i3.301>

Font, A. S., & Cantón, M. C. M. (2021). *Todo lo que nos puede aportar la Impresión de Implantes-Guías quirúrgicas en 3D*. Monografía de actualización. Núm. 13. Sociedad Española de Medicina y Cirugía del Pie y Tobillo. Recuperado de: <https://doi.org/10.24129/j.mact.1301.fs2105006>

Fredes, S., Tiribelli, T. N., Setten, M., Rodrigues, R., Plotnikow, G., & Busico, M. (2018). *Definición del rol y las competencias del kinesiólogo en la Unidad de Cuidados Intensivos*. *Revista Argentina de Terapia Intensiva*, 35. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/333223685>

Fuentes Bordallo, M. (2017). *Diseño y ensayo de férulas personalizadas mediante impresión 3D*. (Trabajo final de Maestría). Universidad de Sevilla, Sevilla. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11441/73201>

García Ortega, B. (2021). *Industria 4.0. La cuarta revolución industrial* (Artículo docente). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10251/165996>

Genova, T., Roato, I., Carossa, M., Motta, C., Cavagnetto, D., & Mussano, F. (2020). *Advances on Bone Substitutes through 3D Bioprinting*. International journal of molecular sciences, 21(19), 7012. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms21197012>

Gómez González, S. (2020) *“Impresión 3D”*. Editorial Alfaomega. Segunda edición.

Heinze, A., Basulto-Martinez, M., & Suárez-Ibarrola, R. (2020). *Impresión 3D y sus beneficios en el campo de la educación médica, entrenamiento y asesoría del paciente*. Revista Española de Educación Médica, 1(1), 1–8. Disponible en: <https://doi.org/10.6018/edumed.421221>

Ishack, S., & Lipner, S. R. (2020). *Applications of 3D Printing Technology to Address COVID-19-Related Supply Shortages*. The American journal of medicine, 133(7), 771–773. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.04.002>

Jamróz, W., Szafraniec, J., Kurek, M., & Jachowicz, R. (2018). *3D Printing in Pharmaceutical and Medical Applications - Recent Achievements and Challenges*. Pharmaceutical research, 35(9), 176. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11095-018-2454-x>

Javaid, M., Haleem, A. *Additive manufacturing applications in medical cases: A literature based review*. Alexandria Journal of Medicine, Volume 54, Issue 4, 2018, Pages 411-422, ISSN 2090-5068, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2017.09.003>.

Jorge Díaz, Á. (2020). *Impresión 3D: el futuro de la cirugía ortopédica y la traumatología* (Tesis de grado). Facultad de Medicina y Odontología, Universidad de Santiago de Compostela, España. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10347/24625>

Kapadia, N., Myers, M., Musselman, K. et al. (2021). *3-Dimensional printing in rehabilitation: feasibility of printing an upper extremity gross motor function assessment tool*. BioMedical Engineering OnLine 20, 2. Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s12938-020-00839-3>

López, L. A. (2020). *En la puerta de entrada a la cuarta revolución, la industria 4.0*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/38320>.

Mahr, D., Dicke, S. (2020). *Rethinking intellectual property rights and commons-based peer production in times of crisis: The case of COVID-19 and 3D printed medical devices*, Journal of Intellectual Property Law & Practice, Volume 15, Issue 9, Pages 711–717. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jiplp/jpaa124>

Mardis N. J. (2018). *Emerging Technology and Applications of 3D Printing in the Medical Field*. Missouri medicine, 115(4), 368–373. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30228770/>

Mikula, K., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Warchoń, J., Moustakas, K., Chojnacka, K., & Witek-Krowiak, A. (2021). *3D printing filament as a second life of waste plastics-a review*. Environmental science and pollution research international, 28(10), 12321–12333. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10657-8>

Moreda, P. E. (2020). *4ª Revolución Industrial: Industria 4.0*. (Material de docencia). Repositorio institucional de la Universidad Nacional de la Plata. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/97921>

Nath, S. D., & Nilufar, S. (2020). *An Overview of Additive Manufacturing of Polymers and Associated Composites*. Polymers, 12(11), 2719. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym12112719>

Núñez González, D. (2020). *Intervención en terapia ocupacional con impresora 3D en personas con daño cerebral adquirido* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias de la Salud, Universidade da Coruña, España. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2183/26569>

Paoletti, I., & Ceccon, L. (2018). *The Evolution of 3D Printing in AEC: From Experimental to Consolidated Techniques*. In (Ed.), 3D Printing. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79668>

Park H. A. (2016). *Are We Ready for the Fourth Industrial Revolution?*. Yearbook of medical informatics, (1), 1–3. Recuperado de: <https://doi.org/10.15265/IY-2016-052>

Piqué Ruché, J. (2016) . *Efectividad de la férula diseñada mediante impresión tridimensional (3D) en pacientes mayores de 65 años con fractura de Colles* (Trabajo final de grado). Facultad de enfermería, Universidad de Lleida, España. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10459.1/58946>.

Saleh Alghamdi, S., John, S., Roy Choudhury, N. y Dutta, NK (2021). *Fabricación aditiva de materiales poliméricos: avances, promesas y desafíos*. *Polímeros* , 13 (5), 753. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym13050753>

Salmi, M. (2021). *Additive Manufacturing Processes in Medical Applications*. *Materials* (Basel, Switzerland), 14(1), 191. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma14010191>

Sánchez, O. A. Q., Quimis, E., Parrales, C. M. F. (2021). *Equipos de protección en tiempos de pandemia, con impresión en 3D*. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(8), 98-104.

Schwab, K. (2016) *The fourth industrial revolution*. Currency. Editorial Crowl Business

Tetsuka, H., & Shin, S. R. (2020). *Materials and technical innovations in 3D printing in biomedical applications*. *Journal of materials chemistry. B*, 8(15), 2930–2950. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/d0tb00034e>

Tino, R., Moore, R., Antoline, S. et al. *COVID-19 and the role of 3D printing in medicine*. *3D Print Med* 6, 11 (2020). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s41205-020-00064-7>

Trigo Gómez, M., & Monge Vera, M. Á. (2020). *Diseño y fabricación mediante impresión 3D de un dispositivo biomecánico de apoyo en la rehabilitación de tobillo*. *Journal of BIM and Construction Management*, 2 (2), 1-10. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/98282>

Vaz, V. M., & Kumar, L. (2021). *3D Printing as a Promising Tool in Personalized Medicine*. *AAPS PharmSciTech*, 22(1), 49. Disponible en: <https://doi.org/10.1208/s12249-020-01905-8>

Wang, Z., Yang, Y. (2021) *Application of 3D Printing in Implantable Medical Devices*. *BioMed Research International*, 6653967. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/6653967>



IMPRESIÓN 3D Y KINESIOLOGÍA

Grado de información de los profesionales y beneficios reconocidos.

La fabricación aditiva, conocida comúnmente como impresión 3D, es una tecnología que permite elaborar objetos capa por capa. Se han demostrado sus beneficios en múltiples ámbitos y, la medicina física y rehabilitación no son la excepción. Permite una mayor personalización en los tratamientos a través de dispositivos de asistencia a medida de cada paciente. La presente investigación intenta promover la integración de esta novedosa tecnología en la Kinesiología.

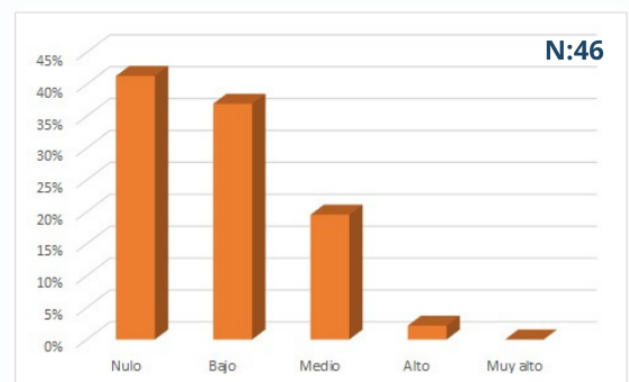
Objetivo general: indagar el grado de información que tienen los Licenciados en Kinesiología sobre el uso de la Fabricación Aditiva (Impresión 3D) y sus aplicaciones en las distintas ramas de la profesión, durante el año 2021, en una Delegación del Colegio de Kinesiólogos de la Prov. Buenos Aires.

Materiales y métodos: consiste en un estudio descriptivo, observacional, no experimental y transversal. Mediante un muestreo no probabilístico y por conveniencia, se encuestó un total de 46 kinesiólogos, miembros de una Delegación Regional del Colegio de la Provincia de Buenos Aires durante noviembre y diciembre del 2021.

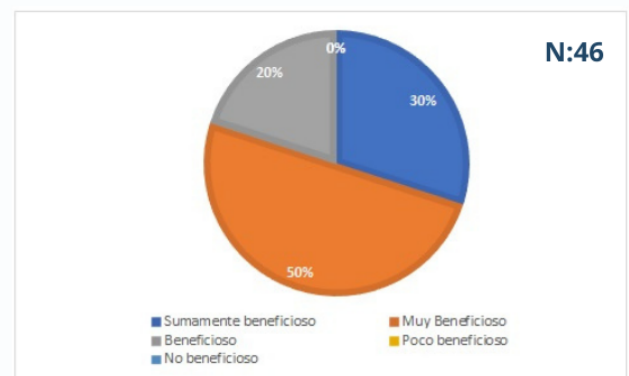
Resultados: según indicaron los profesionales, el 41.3% no tiene conocimiento sobre la impresión 3D. La divulgación científica y las redes sociales en igual porcentaje (27.5%) son las principales vías de acceso a la información. El 82% reconoce esta tecnología como un recurso terapéutico. Entre sus ventajas destacan la versatilidad e inmediatez en la producción (27.5%) y la calidad de los diseños (24.4%).

Conclusiones: si bien es bajo el grado de conocimiento sobre la impresión 3D dentro de la rehabilitación, los profesionales la consideran un recurso beneficioso para emplear en la Kinesiología.

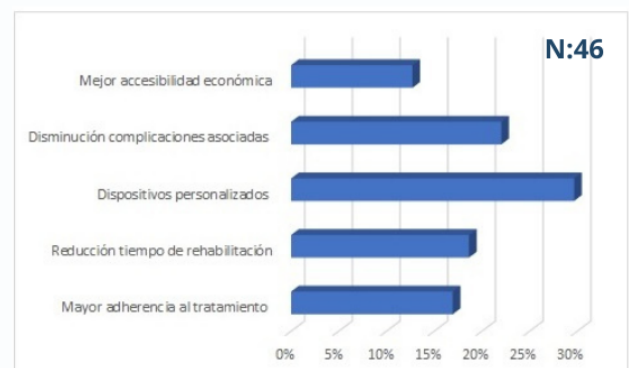
Grado de información sobre impresión 3D



Valoración sobre beneficios aportados



Beneficios para la Kinesiología



REPOSITORIO DIGITAL DE LA UFASTA

AUTORIZACION DEL AUTOR¹

En calidad de TITULAR de los derechos de autor de la obra que se detalla a continuación, y sin infringir según mi conocimiento derechos de terceros, por la presente informo a la Universidad FASTA mi decisión de concederle en forma gratuita, no exclusiva y por tiempo ilimitado la autorización para:

- ✓ Publicar el texto del trabajo más abajo indicado, exclusivamente en medio digital, en el sitio web de la Facultad y/o Universidad, por Internet, a título de divulgación gratuita de la producción científica generada por la Facultad, a partir de la fecha especificada.
- ✓ Permitir a la Biblioteca que, sin producir cambios en el contenido, establezca los formatos de publicación en la web para su más adecuada visualización y la realización de copias digitales y migraciones de formato necesarias para la seguridad, resguardo y preservación a largo plazo de la presente obra.

1. Autor:

Apellido y Nombre _____

Tipo y N° de Documento _____

Teléfono/s _____

E-mail _____

Título obtenido _____

2. Identificación de la Obra:

TITULO de la obra (Tesina, Trabajo de Graduación, Proyecto final, y/o denominación del requisito final de graduación)

Fecha de defensa ____/____/20____

3. AUTORIZO LA PUBLICACIÓN BAJO CON LALICENCIA Creative Commons (recomendada, si desea seleccionar otra licencia visitar <http://creativecommons.org/choose/>)



Este obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

4. NO AUTORIZO: marque dentro del casillero []

NOTA: Las Obras (Tesina, Trabajo de Graduación, Proyecto final, y/o denominación del requisito final de graduación) **no autorizadas** para ser publicadas en TEXTO COMPLETO, serán difundidas en el Repositorio Institucional mediante su cita bibliográfica completa, incluyendo Tabla de contenido y resumen. Se incluirá la leyenda "Disponible sólo para consulta en sala de biblioteca de la UFASTA en su versión completa"

Firma del Autor, Lugar y Fecha

¹ Esta Autorización debe incluirse en la Tesina en el reverso ó pagina siguiente a la portada, debe ser firmada de puño y letra por el autor. En el mismo acto hará entrega de la versión digital de acuerdo a formato solicitado.

