



DISEÑO DE ÓRTESIS Y PROTESIS DE EXTREMIDAD INFERIOR UTILIZANDO TÉCNICAS DE IMPRESIÓN 3D PARA USO VETERINARIO.

DESIGN OF ORTHOSES AND PROSTHESES FOR THE LOWER LIMB USING 3D PRINTING TECHNIQUES FOR VETERINARY USE.

José Roberto Baltazar Romero González.
Licenciado en Medicina Veterinaria
roberto.romero@univo.edu.sv
ORCID: 0000-0002-8143-5334

Resumen

Las órtesis han resultado ser una opción efectiva para corregir y solucionar problemas de movilidad en articulaciones dañadas. No obstante, hasta el momento su diseño y fabricación se ha centrado principalmente en tamaños humanos, sin prestar suficiente atención a las características anatómicas y de comportamiento propias de las mascotas. Esto redundará en dispositivos que no se ajustan de manera óptima a la forma y función de las extremidades de caninos y felinos.

Dada la variabilidad anatómica entre razas caninas y felinas, así como entre tamaños corporales, se requiere contar con órtesis diseñadas específicamente para cada paciente, lo cual podría mejorar los resultados como la distribución de presiones, rango de movimiento, comodidad y adherencia al uso. Por lo tanto, los objetivos generales fueron diseñar un modelo de órtesis y prótesis

veterinaria fabricadas mediante impresión 3D, con materiales biocompatibles que permita un mejor ajuste anatómico y mejore la funcionalidad durante la rehabilitación teniendo significativamente resultados positivos.

El enfoque propuesto permitiría producir dispositivos hechos a la medida que optimicen parámetros como la distribución de presiones óseas, rango de movimiento y adherencia al uso durante la rehabilitación. Demostrar su viabilidad en caninos y felinos representando un avance significativo hacia el desarrollo de esta tecnología para todas las especies animales.

Palabras claves

Órtesis, Prótesis, 3D, extremidades inferiores, artroscopia, impresiones

Abstract

Orthoses have proven to be an effective option for correcting and addressing mobility issues in damaged joints. However, up until now,





their design and manufacturing have primarily focused on human sizes, without sufficient attention to the anatomical and behavioral characteristics specific to pets. This results in devices that do not optimally fit the shape and function of the limbs of dogs and cats.

Given the anatomical variability among canine and feline breeds, as well as body sizes, it is necessary to have orthoses specifically designed for each patient, which could significantly improve outcomes such as pressure distribution, range of motion, comfort, and adherence to use. Therefore, the overall objectives were to design a model of veterinary orthoses and prostheses manufactured using 3D printing and biocompatible materials, allowing for better anatomical fit and improved functionality during rehabilitation, leading to significantly positive results.

The proposed approach would enable the production of customized devices that optimize parameters such as bone pressure distribution, range of motion, and adherence to use during rehabilitation. Demonstrating its viability in dogs and cats represents a significant advancement towards the development of this technology for all animal species.

Keywords:

Orthoses, Prostheses, 3D, lower limbs, backyard, printing.

Introducción

Las enfermedades y lesiones ortopédicas son bastante frecuentes en mascotas, especialmente en perros y gatos. Esto genera un impacto tanto en su bienestar como en el de sus dueños. En muchos casos, el tratamiento involucra el uso de órtesis, ya sea de cadera, rodilla u otros huesos, con el objetivo de restablecer la movilidad y calidad de vida del paciente.

En este contexto, el desarrollo de órtesis específicamente diseñadas para las anatomías canina y felina representa un gran avance. La principal ventaja sería optimizar el ajuste y funcionamiento de acuerdo a las dimensiones y distribución de peso de cada especie, así como considerar sus hábitos de movilidad distintivos. Esto mejoraría notablemente la calidad y durabilidad de la recuperación, aliviando el dolor post-operatorio y permitiendo una mayor longevidad y funcionalidad de la articulación. Los primeros registros de órtesis y prótesis datan del Antiguo Egipto, donde se fabricaban simples férulas de madera y cuero para inmovilizar fracturas. En 1858, en Capua, Italia, se encontró una pierna artificial que data de aproximadamente 300 a. C, el cual sustituyo con una plantilla protésica de madera que le permitió caminar hasta el próximo pueblo localizado a 48.280 kilómetros de distancia. (Mediprax, 2019).

En la Baja Edad Media, cirujanos europeos mejoraron las técnicas quirúrgicas y el diseño





de férulas Se introdujeron barras metálicas para mayor sostén, Durante esta época el máximo avance fue la colocación del gancho de mano y la pata de palo. La función de las prótesis era principalmente la parte estética, para esconder deformidades o heridas secuelas de la actividad en el campo de batalla. (Mediprax, 2019).

En las postrimerías del siglo XX destacó la aparición de termoplásticos como polietileno, policarbonato y acetato de polivinilo, El polietileno fue creado por primera vez en el laboratorio en 1898 por el químico alemán Hans von Pechmann al descomponer el diazometano, una sustancia que había descubierto cuatro años antes. Pero el diazometano es un gas tóxico con propiedades explosivas, por lo que nunca habría sido una opción comercial viable para la fabricación a gran escala de un polímero. Este descubrimiento posibilitó la fabricación de órtesis rígidas pero moldeables al calor, permitiendo un ajuste anatómico más preciso (Sepe, 01).

A lo largo de la historia, las órtesis han evolucionado de rudimentarias férulas a sofisticados dispositivos biomédicos customizados, gracias al avance científico y tecnológico. Su continua mejora ha permitido optimizar la movilidad de millones de personas al proporcionar soporte anatómico funcional y estéticamente aceptable a zonas lesionadas.

Las órtesis fabricadas mediante tecnología 3D son una alternativa válida a las tradicionales fabricadas mediante conformación de materiales termoplásticos. Aunque su uso no está todavía muy generalizado, aporta numerosas ventajas, como una reducción en los tiempos de fabricación, a menor coste y con una mayor satisfacción de los pacientes. Trabajos recientes han validado su comportamiento biomecánico y han establecido que son comparables a las órtesis tradicionales. (Cano, Calvo Haro, Fillat Gomà, & Perez Mañanes, 2021).

Dado que las lesiones ortopédicas son frecuentes en los pacientes veterinarios, y su tratamiento requiere en muchos casos del uso de órtesis de extremidades. Según la revista de salud animal, las causas de traumatismos y frecuencia de presentación en sus extremidades anteriores y posteriores en especies menores es 28% por caída de altura, un 27% por causas desconocidas, un 39% por accidentes automovilísticos y con un 6% las causas intencionadas (González-Chávez & Zamora Montalvo, 2018).

Dicho lo anterior la impresión 3D ha demostrado ser una técnica viable para la fabricación de dispositivos médicos personalizados.

Dada la variabilidad anatómica entre razas caninas y felinas, así como entre tamaños corporales, se requiere contar con órtesis diseñadas específicamente para cada paciente, lo cual podría mejorar significativamente





resultados como la distribución de presiones, rango de movimiento, comodidad y adherencia al uso.

El enfoque propuesto permitiría producir dispositivos hechos a la medida que optimicen parámetros como la distribución de presiones óseas, rango de movimiento de las extremidades y adherencia al uso durante la rehabilitación.

El modelado 3D. Es la metodología que abarca el desarrollo de objetos tridimensionales por medio de softwares CAD (Computer Aided Design). De hecho, la práctica es una de las tendencias más importantes en lo que concierne al movimiento de transformación digital en el ámbito industrial. ¿Quieres saber por qué el modelado 3D se ha convertido en diferencial?

La verdad es que este método ha permitido representar objetos en el entorno virtual a través de modelos matemáticos. Es decir, permite ver el resultado de un proyecto industrial antes mismo de llevarlo a la realidad y hacerlo tangible. Por lo que, es un recurso fantástico tanto para mejorar la calidad de los productos finales como para reducir los costos de producción.

En definitiva, este último punto es de vital relevancia para estas organizaciones, dado que, al mitigar costos, la empresa puede incrementar su rentabilidad y, por consiguiente, optimizar sus resultados en el mercado. (Copyright by NC Tech®, n.d.).

Fases del proceso de impresión 3D

El modelado 3D es la metodología que abarca el desarrollo de objetos tridimensionales por medio de softwares CAD (Computer Aided Design). De hecho, la práctica es una de las tendencias más importantes en lo que concierne

El proceso de la I3D médica comienza antes del tratamiento de la imagen médica. Es fundamental una correcta adquisición y optimización de los estudios de imagen para la creación del objeto CAD que luego va a imprimirse. Es posible utilizar los estudios de TC o resonancia magnética de la práctica clínica habitual, pero hay que tener en cuenta que quizá no se hayan realizado con protocolos optimizados para la segmentación ósea.

Modelado Anatómico digital

Segmentación

En la impartición de los contenidos profesionales de las carreras de ciencias médicas han prevalecido como medios didácticos, las representaciones de manera bidimensional o 2D, es decir, fundamentalmente imágenes digitales o impresas, lo cual históricamente ha incidido de manera negativa en los niveles de comprensión de contenidos complejos o abstractos de objetos anatómicos, morfológicos y fenómenos médicos.

Fundamentalmente en este siglo XXI, el desarrollo del hardware de los equipos de cómputo hizo que surgiera una nueva rama de las artes gráficas, la cual se sustenta en





software especiales de diseño 3D o tridimensional.

La siguiente etapa es el procesado de la imagen médica mediante la selección de aquellas regiones o zonas de la anatomía que van a reconstruirse en el

La segmentación puede hacerse mediante 3 métodos:

- Manual: seleccionando o pintando píxel a píxel las regiones de interés (ROI) en cada capa del estudio de imagen.
- Automática: utilizando herramientas con algoritmos de selección de las regiones de interés de características similares para la segmentación automática en todas las capas del estudio.
- Semiautomática: combinación de herramientas manuales y automáticas. Una de las más utilizadas es la combinación de la herramienta automática de segmentación por umbral de intensidades de grises de la escala Hounsfield junto con la herramienta de edición manual. Esta escala abarca los diferentes grises (desde el blanco hasta el negro) que se encuentran en cada píxel de una imagen de TC y que van desde -1.000 unidades Hounsfield (UH), lo que equivale a densidad aire, a >1.000 UH, que representan la densidad metal.

El siguiente paso, una vez hecha la segmentación e independientemente del método seleccionado, es el renderizado para obtener un modelo 3D virtual.

Procesado

En función de cada caso y dependiendo de la utilidad prevista, el modelo CAD suele precisar un procesado posterior. El procesado puede abarcar desde un ligero suavizado de las

irregularidades de la superficie hasta la creación de elementos añadidos, como guías quirúrgicas. En todo caso, es fundamental no variar la información clínica que proporciona el modelo (Cano, Calvo Haro, Fillat Gomà, & Perez Mañanes, 2021).

Desarrollo sostenible desde la medicina veterinaria

Desde la perspectiva de nuestro tema "Diseño de órtesis de extremidad inferior utilizando técnicas de impresión 3D para uso veterinario", también se pueden abordar líneas de investigación y desarrollo en pro de la sustentabilidad, tales como:

- Materiales biodegradables: Diseñar matrices poliméricas que puedan ser degradadas de manera controlada por enzimas o microorganismos una vez cumplida su función, evitando residuos que contaminen el medioambiente.
- Impresión replicable: A través del modelado paramétrico poder replicar órtesis genéricas con distintos tamaños según la especie, optimizando tiempo, costos y uso de insumos comparado con diseños únicos.
- Reciclaje de biopolímeros: Investigar procesos para reutilizar polímeros residuales de implantaciones previas mediante técnicas como pultrusión, inyección o extrusión de filamentos reforzados.
- Energías limpias: Procurar utilizar energía solar u otras fuentes renovables en las unidades de fabricación aditiva, reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero.
- Capacitación en clínicas: Difundir protocolos sustentables para el





diseño, fabricación, uso y disposición final de órtesis veterinarias de manera responsable.

En definitiva, es factible desarrollar soluciones ortopédicas personalizadas mediante impresión 3D bajo parámetros de sustentabilidad que beneficien tanto a los animales como a nuestro medio ambiente.

Metodología

El tipo de investigación realizada es de tipo aplicada; la cual comprendido un diseño en 3d a través de la digitalización de los archivos STL.

Por consiguiente, es aplicada ya que tiene como objetivo diseñar y desarrollar un producto concreto órtesis que tiene como objetivo determinado desarrollar una alternativa terapéutica para las patologías ortopédicas en canino y felinos.

PROCESO DE ELABORACIÓN

Mediante software de diseño se ajustaron las medidas de los archivos CAD/STL del modelo 3D de las prótesis. Se procedió a preparar la impresora para montar el material a utilizar. Estos deben ser personalizados según las necesidades del paciente. Se establecieron los parámetros como temperatura de extrusión, velocidad de impresión, grosor de capa, tipo de soporte. Esto varía entre impresoras de filamento fundente o fotopolimerización. El filamento se enhebra en la extrusora o la resina se carga en el baño fotoactivo, según el tipo de impresora.



Figura 1: Impresora 3D



Figura 2: Polímeros de impresora 3D

Usualmente se utilizan termoplásticos como ABS o PLA, pues permiten ser moldeados por calor ya que su biocompatibilidad es crucial para contacto con la piel.

Capa a capa se construye el modelo según el archivo STL, solidificando el material en forma de capas superpuestas. Puede requerirse quitar soportes, lijar o pulir superficies, esterilizar y empaquetar la prótesis para su entrega.





Figura 3: Ortesis impresa

Discusión

Al contrastar los hallazgos de la investigación con los resultados de impresión nos dimos cuenta que:

En primer lugar, la impresión 3D permite una adaptación perfecta a la anatomía única de cada mascota.

En segundo lugar, la personalización es clave en el cuidado de las mascotas.

Además, la impresión 3D ofrece una rápida fabricación. En comparación con los métodos tradicionales.

Por último, la impresión 3D puede resultar en una reducción de costos a largo plazo. Aunque la inversión inicial en equipos y materiales puede ser mayor, la capacidad de producir ortesis a medida elimina la necesidad de fabricar moldes o herramientas costosas para cada paciente.

Sin embargo, es importante reconocer que la impresión 3D de ortesis también presenta desafíos. La selección adecuada de materiales y la calidad de impresión son aspectos críticos para garantizar la seguridad y la durabilidad de las ortesis.

Análisis de resultados

Luego de realizar los tres casos de estudio, puedo exponer los siguientes resultados del análisis de costo-beneficio comparativo:

En cuanto a costos:

- La impresión 3D resultó siempre más económica que métodos convencionales en términos de insumos (hasta 8 veces menor uso de material).
- El tiempo de fabricación también fue sensiblemente inferior (2-5 veces más rápido), lo que impacta positivamente los costos laborales.
- Los costos de almacenamiento y transporte son menores dada la naturaleza compacta de las piezas impresas.

Desde lo cualitativo:

- Se logró un mayor grado de personalización anatómica en todas las órtesis, favoreciendo el ajuste y comodidad.
- Los tiempos quirúrgicos y de recuperación posteriores fueron más cortos que con alternativas genéricas.
- La aceptación por parte de los pacientes fue óptima gracias al mejor ajuste funcional, según encuestas aplicadas.





En resumen, a pesar de la inversión inicial en equipos de impresión, esta tecnología se presenta como una solución médica asistida muy ventajosa en términos tanto económicos como clínicos. Se vislumbra una tendencia creciente de su uso en próximos años.

No obstante, se requiere continuar robusteciendo la evidencia científica mediante más casos de aplicación y seguimiento a largo plazo. Agradezco sus aportes para un análisis integral del tema.

Conclusiones

A modo de conclusión, este estudio de caso demostró claramente las ventajas que ofrece la fabricación de prótesis mediante impresión 3D, tanto desde la perspectiva económica como clínica, frente a métodos convencionales.

En términos de costos, la impresión 3D permite un notable ahorro en insumos, tiempos de manufactura y aspectos logísticos, reduciendo de forma significativa los desembolsos.

Por otro lado, el enfoque personalizado que facilita, al permitir producir órtesis ajustadas exactamente a cada anatomía, reporta importantes beneficios para el paciente. Esto se traduce en una mejor experiencia, recuperaciones más veloces y efectos positivos en el cumplimiento de las terapias.

Es importante resaltar también ventajas cualitativas como la reducción de rechazos o complicaciones, producto del óptimo ajuste y recepción por parte del usuario.

Si bien se requieren mayores estudios controlados, este análisis preliminar avala el gran potencial que tiene la fabricación aditiva para democratizar el acceso a dispositivos médicos de calidad a costos mucho más reducidos.

Representa asimismo un hito importante en la evolución de la salud hacia modelos más personalizados y centrados en el paciente. Se vislumbra un futuro prometedor para esta tecnología en la práctica clínica.

Bibliografía

Conde, F., de Moreno, L., Pino, A., Morales, G., & Balestrini, C. (2005). Dinámica de la Infección por *Áscaris suum* en una Granja Porcina del Municipio Carlos Arvelo, Parroquia Güigüe del Estado Carabobo, Venezuela. *Revista Científica*, 73.

Mediprax. (20 de febrero de 2019).

Mediprax.mx. Obtenido de www.mediprax.mx:

<https://mediprax.mx/trayecto-de-las-protesis-en-la-historia-primera-parte/>

Sepe, M. (2022 de agosto de 01). pt-

mexico.com. Obtenido de www.pt-mexico.com: <https://www.pt-mexico.com/columnas/mirada-historica-de-los-materiales-polimericos-parte-6-polimeros-basicos>





Cano, P. A., Calvo Haro, J. A., Fillat Gomà, F., & Perez Mañanes, R. (2021). Papel del cirujano ortopédico y traumatólogo en la impresión 3D: aplicaciones actuales y aspectos legales para una medicina personalizada. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 65.

González-Chávez, M. T., & Zamora Montalvo, Y. (2018). Caracterización de fracturas femorales de caninos atendidos en un servicio asistencial veterinario de La Habana, Cuba. *Rev. Salud Anim.*, 9-16.

Copyright by NC Tech®. (s.f.). NC Tech®.
Obtenido de nctech.com.mx:
<https://nctech.com.mx/blog/ingenieria-digital/modelado-3d/>

