



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1362>

Ciencias técnicas y aplicadas  
Artículo de investigación

*Estudio de Materiales Compuestos Orgánicos para la Aplicación en la  
Fabricación de Prótesis de miembros inferiores. (Propiedades mecánicas vs  
materiales usados en la actualidad)*

*Study of Organic Compound Materials for Application in the Manufacture of  
Lower Limb Prosthesis. (Mechanical properties vs. currently used materials)*

*Estudo de Materiais Compostos Orgânicos para Aplicação na Fabricação de  
Prótese de Membro Inferior. (Propriedades mecânicas vs. materiais usados  
atualmente)*

Verónica Paulina López-Pérez<sup>I</sup>  
[v\\_lopez@esepoch.edu.ec](mailto:v_lopez@esepoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-7228-9761>

Wilson Andrés Ramírez-Montesdeoca<sup>II</sup>  
[wramirez@esepoch.edu.ec](mailto:wramirez@esepoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1931-0792>

Gonzalo Alexander Alarcón-Moyano<sup>III</sup>  
[gonzalo.alarcon@esepoch.edu.ec](mailto:gonzalo.alarcon@esepoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-2443-9160>

\***Recibido:** 19 de mayo de 2020 \***Aceptado:** 24 de junio de 2020 \* **Publicado:** 27 de julio de 2020

- I. Magíster en Diseño Mecánico, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- II. Magíster en Diseño Mecánico, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- III. Magíster en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial, Magíster en Ergonomía, Ingeniero en Producción Industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

## Resumen

El presente artículo resalta un estudio documental, en el cual se realiza un estudio de investigación acerca de cómo son empleados algunos materiales compuestos orgánicos para la aplicación en la fabricación de prótesis de miembros inferiores. A pesar de la dificultad que representa la pérdida de un miembro en cualquier parte del cuerpo, a lo largo de los años se han desarrollado diversas técnicas que desde el punto de vista quirúrgico, permiten efectuar distintos mecanismos que posibilitan la implementación de prótesis que suplementan la pérdida de alguna parte del cuerpo, de igual modo también resaltamos lo importante que en la actualidad se ha convertido el desarrollo de materiales compuestos orgánicos, y su utilización para la fabricación de prótesis, resaltando en este estudio las prótesis para miembros inferiores. Concluyendo con los resultados del estudio, que el uso de prótesis ayuda a mejorar significativamente la calidad de vida de las personas, por lo cual es de importancia desarrollar estudios que permitan brindar información sobre las prótesis inferiores con miras a garantizar la mayor calidad de vida y el mejor bienestar social para los seres humanos.

**Palabras claves:** Estudio documental; compuestos orgánicos; prótesis inferiores.

## Abstract

This article highlights a documentary study, in which a research study is carried out on how some organic composite materials are used for the application in the manufacture of lower limb prostheses. Despite the difficulty represented by the loss of a limb in any part of the body, over the years various techniques have been developed that, from the surgical point of view, make it possible to carry out different mechanisms that allow the implementation of prostheses that supplement the loss of some part of the body, in the same way we also highlight how important the development of organic composite materials has become today, and its use for the manufacture of prostheses, highlighting in this study the prostheses for lower limbs. Concluding with the results of the study, that the use of prostheses helps to significantly improve the quality of life of people, which is why it is important to develop studies that provide information on inferior prostheses in order to guarantee the highest quality of life and the best social welfare for human beings.

**Keywords:** Documentary study; organic compounds; lower dentures.

## Resumo

Este artigo destaca um estudo documental, no qual é realizada uma pesquisa sobre como alguns materiais compósitos orgânicos são utilizados para a aplicação na fabricação de próteses de membros inferiores. Apesar da dificuldade representada pela perda de um membro em qualquer parte do corpo, ao longo dos anos foram desenvolvidas várias técnicas que, do ponto de vista cirúrgico, possibilitam a realização de diferentes mecanismos que permitem a implantação de próteses que complementam a prótese. perda de parte do corpo, da mesma forma, destacamos também a importância do desenvolvimento de materiais compósitos orgânicos nos dias de hoje e seu uso na fabricação de próteses, destacando neste estudo as próteses para membros inferiores. Concluindo com os resultados do estudo, que o uso de próteses ajuda a melhorar significativamente a qualidade de vida das pessoas, por isso é importante desenvolver estudos que forneçam informações sobre próteses inferiores, a fim de garantir a mais alta qualidade de vida e o melhor bem-estar social para os seres humanos.

**Palavras-chave:** Estudo documental; compostos orgânicos; dentaduras inferiores.

## Introducción

Dando una mirada hacia el futuro con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas con un determinado tipo de amputación, se realiza un aporte para la rehabilitación de dicha población (Meier, 1999), enfocada principalmente en dar una nueva esperanza desde el punto de vista de la ingeniería electrónica, bio-ingeniería, nanotecnología, bio-mecánica, robótica y otras ciencias que ayudan a la creación de herramientas o dispositivos guiados por diferentes conceptos, leyes y teorías que conllevan la solución de un problema que se evidencia en la actualidad. (Vera, Arias, Espejo, & Martín, 2007; Ascencio, Gómez, Espejo, & Martín, 2007; Torres, 2005).

Por lo anterior, para lograr brindar una nueva esperanza a toda la población censada o a la mayoría de dichas personas, se desarrolló un estudio de los diferentes tipos de amputaciones para determinar las posibles modificaciones en el diseño de las prótesis, basándose en las prótesis mecánicas pero llevándolas hacia una prótesis electrónica con mejores funciones y una facilidad a la hora de modificar sus respectivas características como tamaño, color, contextura, centro de gravedad, alineación, marcha en la prótesis de pierna, manejo de los dedos en las prótesis de brazos con

criterios de médicos fisiatras, fisioterapeutas, teóricos, técnicos, electrónicos y prácticos (Salazar, 2012; Grosso & Tibaduiza, 2009; Ascencio, Gómez, Espejo, & Martín, 2007).

El artículo se enfocó en dar a conocer qué son las prótesis, qué tipos de prótesis existen y sus determinados usos en las personas. Por ello, primero se debe conocer que la palabra prótesis proviene del griego prothesis (προθεσις) formado de pro (προ) que significa antes y thesis (θεσις) de titheimi que significa yo pongo, en sentido de posición (Puglisi & Moreno, 2006), es decir, que las prótesis se crearon y desarrollaron como una extensión artificial que reemplaza total o parcialmente parte o partes del cuerpo que se han perdido, y la cual brinda versatilidad a la hora de ejercer sus tareas cotidianas, basándose en prótesis ya creadas actualmente, como lo son las de Ilimb y Michelangelo de las empresas Touchbionics y Otto Bock, respectivamente. (Flores & Dorador, 2009).

Desde hace más de dos mil años, se ha venido trabajando en el reemplazo de miembros humanos por elementos o aditamentos que puedan dar un tipo de función que se asimile a los movimientos o actividades cumplidos por estas extremidades (Díaz 2016). Haciendo un recorrido por la historia encontramos que en el año 1500 a.C. fue creada la primera pierna computarizada y se siguió evolucionando al pasar de los años (Gómez, 2006; en Díaz 2016). Hacia el año 1696, se creó la primera prótesis por debajo de la rodilla por el señor Pieter Verduyn, luego en el año 1800 se creó una prótesis de pierna de madera con encaje, articulación de rodilla en acero y pie articulado por el señor James Potts (Norton, 2007). En Ecuador existe un índice elevado de apuntaciones de miembros inferiores, según datos del INEC. (2001) en Guzhñay, Calle (2015)

## **Materiales y Métodos**

### **Referentes teóricos que sustentan el mantenimiento y la importancia del mismo para las organizaciones. Una revisión documental**

El remplazo de cualquier parte del cuerpo presenta una gran dificultad al momento de su reemplazo, y se ha notado que a lo largo de la historia han surgido diversos dispositivos que permiten compensar la pérdida del miembro, esta innovación llevo consigo la creación y diseños que le daba solución a diversas molestias para los usuarios de las prótesis; dichas variables se enmarcan dentro de la ergonométrica corporal, los grados de movilidad y patrones determinantes en la marcha del ser humano.

Estudio de Materiales Compuestos Orgánicos para la Aplicación en la Fabricación de Prótesis de miembros inferiores.  
(Propiedades mecánicas vs materiales usados en la actualidad)

---

Inicialmente los prototipos eran muy diferentes y deficientes tanto en el diseño como en la tecnología, ya que no permitían que el usuario tuviera los grados de libertad necesarios para desarrollar una marcha normal, porque no contaban con las especificaciones necesarias, materiales, condiciones de ergonomía no eran adecuadas y por lo tanto era allí donde se encontraban los problemas de acoplamiento. El desarrollo de las prótesis tuvo gran relevancia en el periodo de la segunda guerra mundial, con el incremento de índice de discapacidad ocasionando pérdida de miembros tanto superiores como inferiores, es por ello que se empezaron a implementar diseños con la finalidad de recuperar habilidades motrices.

Y es gracias a la tecnología y sus avances, se fueron desarrollando prótesis con principios mecánicos de alto desempeño y de materiales livianos, que mejoraban la acción de caminar, claro, apoyados en estudios antropométricos y en el uso de la videogrametría, la cual es una técnica derivada de la fotogrametría que permite el análisis del movimiento a través de imágenes que permiten reconstruirlo de forma bidimensional o tridimensional. La implementación de la mecatrónica en el desarrollo de prótesis ha ayudado al desarrollo de nuevos prototipos electromecánicos que proporcionan mayor movilidad, puesto que al tener incluido en su diseño un sistema electrónico de control, la prótesis se mueve con más naturalidad y hay menor gasto energético.

Para poder realizar un diseño de una prótesis se deben tener en cuenta varias consideraciones de carácter anatómico, medico, tecnológico, bio-mecánico, funcional, social y económico, para así poder guiar un diseño determinado tipo de población.

Las consideraciones para poder realizar una prótesis son:

- Biomecánicas y anatómicas
  - ✓ Marcha
- Nivel de amputación y estado del muñón
- Peso del paciente
- Características sociales
  - ✓ Condiciones del paciente
- Consideraciones tecnológicas
  - ✓ Pies protésicos
  - ✓ Tipos de rodillas

- ✓ Sistema de alimentación
- ✓ Sistema de suspensión
- ✓ Encaje
- ✓ Pilonos y acoples
- ✓ Rodilla
- ✓ Sistema de censado
- ✓ Mecanismos
- ✓ Materiales para el mecanismo de rodilla

### **Amputación**

La amputación se deriva del latín, amputare, donde su significado es cortar y separar un miembro o porción del cuerpo (DRAE, 2014). La amputación es probablemente el procedimiento quirúrgico más antiguo, estos procedimientos se vienen llevando a cabo desde el siglo XVI, esto según Valdivia, Otero, Ramos (2001)

### **Prótesis**

Una prótesis es un dispositivo que reemplaza o provee una parte del cuerpo que falta por diversas razones, tales como accidentes, malformaciones congénitas y enfermedades. Las prótesis se crearon y desarrollaron como una extensión artificial que reemplaza total o parcialmente parte o partes del cuerpo que se han perdido, y la cual brinda versatilidad a la hora de ejercer sus tareas cotidianas, basándose en prótesis ya creadas actualmente, como lo son las de Ilimb y Michelangelo de las empresas Touchbionics y Otto Bock, respectivamente. (Flores & Dorador, 2009). De igual manera tienen una clasificación de acuerdo con su función, acción, modo de control, y re-alimentación según Ramírez (2012), las prótesis de miembros inferiores son de clasificación motora, y están divididas en cadera, pierna y pies.

### **Tipo de prótesis de los miembros inferiores:**

- Prótesis para Amputaciones del Pie:
  - ✓ Prótesis para amputaciones de los dedos y transmetatarsianos.
  - ✓ Prótesis para amputación o desarticulación de Lisfranc.
  - ✓ Prótesis para amputación de Chopart.
  - ✓ Prótesis para amputación astragalina o de Pirogoff.

- ✓ Prótesis para amputación de Syme.
- Prótesis por debajo de la Rodilla
- Amputaciones por encima de la Rodilla.
  - ✓ Sistema Modular ó Endoesqueletal
  - ✓ Desarticulación de Cadera y Hemipelvectomía.
- Prótesis Provisional o Rehabilitadora.
- Prótesis inmediata para Amputaciones Transfemorales y Transtibiales.

#### **Tipo de prótesis de los miembros inferiores encontradas en Ecuador:**

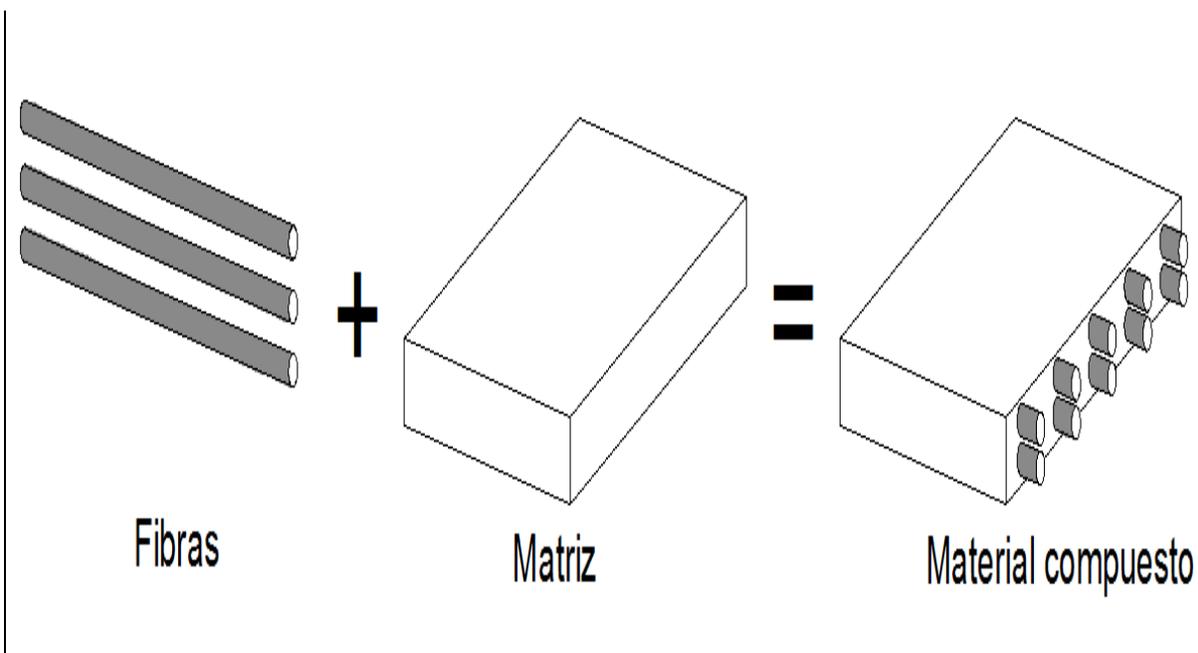
- TRITON HARMONY
- 1C30 TRIAS
- BIOM T2 ANKLE & FOOT SYSTEM
- BALANCE FOOT J
- LP ROTATE

#### **Materiales compuestos**

Un material compuesto es un material multifásico que adopta las propiedades de sus fases constituyentes, de tal manera que presenta mejores características y propiedades. Es por ello que al pasar de los años los materiales compuestos han cobrado gran importancia en las industrias aeronáutica, aeroespacial, automotriz y en la fabricación de generadores eólicos, en general, en la fabricación de objetos que poseen muy bajo peso, con una alta resistencia. Esto se debe a que estos materiales compuestos, comparados con el acero son cinco veces más fuertes, dos veces más rígidos y pueden llegar a ser cuatro veces más livianos.

Un material compuesto consiste de dos o más materiales (proporciones razonables >5%) que trabajan juntos y que cada uno contribuye estructuralmente un nivel macroscópico con sus propiedades. Esto resulta en una combinación y el material resultante tiene propiedades superiores a la de los constituyentes.

Estudio de Materiales Compuestos Orgánicos para la Aplicación en la Fabricación de Prótesis de miembros inferiores.  
(Propiedades mecánicas vs materiales usados en la actualidad)



### Componentes de los materiales compuestos

Un material compuesto es básicamente un sistema de materiales formado por dos o más fases distintas, cuya combinación proporciona propiedades que son diferentes y mejores a las de sus constituyentes.

### Principios metodológicos del estudio

Este artículo de investigación, se encuentra enmarcado en un proceso de tipo documental, que Hurtado de B., (1998) en (Fernández, 2007) lo definen como:

La modalidad de investigación cuyo objetivo es la verificación de datos e información exhaustiva y rigurosa, utilizando en forma precisa la documentación existente para ello. En este caso, las fuentes de información son documentos, archivos, informes, estudios, textos, memorias, anuarios, prensa, artículos, material cartográfico, entre otros.

De este modo, el presente trabajo de investigación basándose en la definición de los autores, realiza un estudio sobre las teorías correlativas de prótesis inferiores, y de materiales compuestos orgánicos que se puedan utilizar para la fabricación de las mismas.

## Resultados y Discusión

De la lectura y análisis de investigación, se obtuvo que la fabricación de prótesis a nivel mundial se ha venido llevando a cabo desde hace muchos años, tomando cada vez más importancia para el mejoramiento de la calidad de vida de seres humanos, que por alguna causa probable han tenido que perder algún miembro del cuerpo, y desde el punto de vista quirúrgico se han desarrollado diversas oportunidades para que estas personas puedan suplementar en cierta medida la pérdida que han tenido, destacando los materiales compuestos orgánicos que puedan ser utilizados para la fabricación de prótesis para miembros inferiores del cuerpo humano.

El uso de prótesis ayuda a mejorar significativamente la calidad de vida de las personas, mediante la adaptación y rehabilitación de un elemento protésico personalizado anatómicamente según estandarizaciones y normativas, brindando la oportunidad de seguir realizando sus labores cotidianas. Las prótesis, en correspondencia con una serie de teorías y criterios experimentales son creadas con veracidad y utilidad para la población con discapacidad, enfocadas a mejorar y cambiar un estilo de vida que fue afectado al momento de realizar una amputación, ya sea en una intervención quirúrgica o sufrida en un accidente, teniendo en cuenta que cada prótesis varía sus especificaciones para cumplir exitosamente con la necesidad de una determinada persona y que haga parte de su anatomía obteniendo un óptimo control y dominio en su proceso de rehabilitación, adicionando a las prótesis una variedad de elementos y aspectos a tener en cuenta en la creación de diferentes materiales y partes mediante la electrónica, la bioingeniería y la microelectrónica.

## Conclusión

De los distintos trabajos de investigación estudiados mediante la metodología desarrollada en el presente artículo, podemos concretar que: La discapacidad física afecta a miles de personas, entre las cuales están los amputados de los miembros inferiores, siendo esto su motivo para buscar la mejor manera de desenvolverse físicamente (caminar, trotar, saltar, entre otras) es por ello que la creación de prótesis son consideradas de gran importancia para ellos y así se crea algo que al pasar de los años evoluciona y mejora la calidad de vida de las personas afectadas.

## Referencias

1. Ascencio, O., Gómez, D., Espejo, A. y Martín, P. (2007). Diseño y modelamiento de pie para prótesis transfemoral con sistema de amortiguación. *Revista Épsilon*. 9. 7-18.
2. Calestani, D. Villani M., Culiolo M., Delmonte D., Coppedè N., y Zappettini A., “Smart composites materials: A new idea to add gas-sensing properties to commercial carbon-fibers by functionalization with ZnO nanowires,” *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 245, pp. 166–170, Jun. 2017.
3. Díaz, L., (2016). Prótesis electrónicas: Una nueva esperanza para mejorar la calidad de vida de las personas, Colombiana, Ingeniera Electrónica, Facilitadora Tecnoacademia Centro de innovación Nodo Cali, Regional Valle SENA. leidiazm@sena.edu.com
4. Fernández, I. (2007) *Diccionario de Investigación. Una Comprensión Holística*. Segunda Edición. Quirón, Sypal. Caracas, Venezuela.
5. Flores, R. y Dorador, J. (2009). Diseño de una mano mecatrónica para prótesis. *Memorias del XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, 223-232.
6. Gómez, J.L. (2006) *Las prótesis: Restauración del individuo. Ciencia y desarrollo, el conocimiento a tu alcance*. Rescatado de: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/196/Articulos/Lasprotesis/Lasprotesis01.htm>.
7. Grosso, J.M. y Tibaduiza, D. (2009) Diseño conceptual de un exoesqueleto para asistir la rehabilitación de miembro inferior. *Revista UNAB – II Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica*. 1(1), 1-6.
8. Guzhñay A, Calle L., (2015), Diseño y construcción de prótesis de miembro inferior monitoriado desde un computador personal, Universidad Politécnica Salesiana sede cuenta, Ecuador
9. Norton, K., (2007). Un breve recorrido por la historia de la protésica. *inMotion*, 17(7), 17-21.
10. Puglisi, L. y Moreno, H. (2006). Prótesis Robóticas. *Revista del Departamento de Automática e Informática Industrial*. 1-10.cgvfg
11. R. K. Chen, Y. Jin, J. Wensman, and A. Shih, “Additive manufacturing of custom orthoses and prostheses—A review,” *Addit. Manuf.*, vol. 12, Part A, pp. 77–89, Oct. 2016.

Estudio de Materiales Compuestos Orgánicos para la Aplicación en la Fabricación de Prótesis de miembros inferiores.  
(Propiedades mecánicas vs materiales usados en la actualidad)

---

12. Salazar, S. (2012). Alineación en prótesis de miembro inferior por encima de rodilla (trabajo de grado). Universidad CES, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Envigado, Medellín, Colombia.
13. Torres, Y. (2005). Evaluación cuantitativa de una prótesis de miembro inferior unilateral. *Tecnura*. 9(17). 77-86.
14. Valdivia R, Otero E, Ramos A. (2001), Estudios prospectivos en pacientes apuntados de miembros inferiores. Racionalización en el seguimiento. *Rev Cubana ortop traumatol* 2001
15. Vera, B., Arias, C., Espejo, A. y Martín, P. (2007). Diseño de un encaje para prótesis de miembro inferior con amputación por encima de la rodilla. *Revista Épsilon*. (9), 19-28.