



Diseño de un Prototipo Funcional tipo Caminador Electromecánico.

Autores

Maria Jose Escorcía lezama

Nikolls Andrea Coronell Gonzalez

Duvan Ochoa Ochoa

Trabajo de grado como requisito para la obtención del grado de Ingeniero Biomedico

Directores

Daniel Alcazar

Gisella Borja

Asesor Metodológico

Claudia Basto

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Biomedica

Barranquilla

2021

Diseño de un Prototipo Funcional tipo Caminador Electromecánico.

Maria Jose Escorcía Lezama

Nikolls Andrea Coronell Gonzalez

Duvan Ochoa Ochoa

Directores

Daniel Alcazar

Gisella Borja

Asesor Metodológico

Claudia Basto

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2021

Agradecimientos

En la realización y ejecución de este proyecto investigativo agradecemos primeramente a Dios por darnos la sabiduría y permitirnos llegar a este punto, a la Corporación Universitaria Reformada por el apoyo, a nuestra profesora y asesora metodológica Claudia Basto, por su tiempo, por motivarnos a continuar y a su vez orientarnos, a nuestros asesores Daniel Alcázar y Jair Villanueva por guiarnos para el desarrollo del presente. A todos los docentes que formaron parte del proceso, en especial a nuestro profesor José Navarro por atender nuestras dudas cada vez que se requería. Sin lo anteriormente dicho no hubiera sido posible la realización del mismo.

Tabla de contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	7
Introducción	8
Metodología	11
Diseño Mecánico	12
Diseño 3D	12
Diseño Electrónico.....	13
Identificación de los Componentes Electrónicos.....	13
Resultados	14
Diseño del Prototipo Final	14
Análisis de Resultados	15
Conclusiones.....	17
Referencias.....	18

Lista de figuras

Figura 1. <i>Diseño 3D, Vista Frontal</i>	12
Figura 2. <i>Diseño 3D, Vista Lateral</i>	14
Figura 3. <i>Diseño 3D, Vista Superior</i>	15

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Estatuta promedio de las personas en Colombia y en el mundo</i>	11
Tabla 2. <i>Componentes Electrónicos</i>	13

Diseño de un prototipo funcional tipo caminador electromecánico.

Design of a functional prototype type electromechanical walker.

Nikolls Andrea Coronell Gonzalez^a, María José Escorcía Lezama^b, Duvan Ochoa Ochoa ^c.

^aSeptimo semestre, Ingeniería biomédica, Corporación universitaria Reformada, maria.escorcía@unireformada.edu.co.

^bSeptimo semestre, Ingeniería biomédica, Corporación universitaria Reformada, nikolls.coronell@unireformada.edu.co.

^cSexto semestre, Ingeniería biomédica, Corporación universitaria Reformada, duvan.ochoa@unireformada.edu.co.

RESUMEN

Se realiza el diseño de un dispositivo funcional tipo caminador electromecánico, atendiendo a las necesidades de nuestra sociedad y del sin número de personas con dificultad de movilidad, dificultad en su marcha e inconvenientes en sus extremidades inferiores lo cual les dificulta mantenerse móviles, todo esto debido a que cada vez es más grande la problemática. En ese sentido, se propone modificar una solución ya existente que aporte a la movilidad, como se encuentra hoy día, por medio de bastones, caminadores en diversos modelos, prótesis, etc. La finalidad de este estudio pretende mostrar cómo el diseño y el posterior desarrollo de este prototipo puede contribuir a recuperar la movilidad. En el diseño propuesto se obtienen valores de estudio donde se determinaron componentes mecánicos y electrónicos basados en una estructura de aluminio de tres apoyos con tres ruedas, contando con un motor DC que le permita tener dos sentidos direccionales.

Palabras clave: Caminador, movilidad, miembro inferior, órtesis, discapacidad.

ABSTRACT

The design of a functional electromechanical walker type device is carried out, attending to the needs of our society and the countless number of people with mobility difficulties and difficulty in walking and inconveniences in their lower extremities, which makes it difficult for them to stay mobile. the problem gets bigger. In such a way that it is proposed to modify an existing solution, such as many of the aid that they contribute to mobility. The purpose of this study is to show how the design and subsequent development of this prototype can contribute to recovering mobility. In the proposed design, study values are obtained where mechanical components were determined and based on an aluminum structure with three supports with three wheels, with a DC motor that allows two directional senses.

Keywords: walker, mobility, lower limb, orthosis, disability.

1. Introducción

Los elementos de autosuficiencia (EAS) son aquellos dispositivos que permiten o facilitan la ejecución de las diversas AVD (Actividades de Vida Diaria) en los pacientes con algún problema de movilidad, que por su grado de afectación los requieran.

El caminador electromecánico es un dispositivo diseñado para la rehabilitación de personas que sufren la problemática o falencia de movilidad automotriz con el propósito de ser un elemento auxiliar que facilita. Este dispositivo facilita la independencia en la medida de lo posible, mejorando la calidad de vida de las personas, logrando así fortalecer habilidades que se ven limitadas por la patología. Llegando a un nivel de integración con su entorno más cercano que al que llegaría sin él. Por otra parte, “El empleo de dispositivos de movilidad, en particular, crea oportunidades educativas y laborales, y contribuye a mejorar la salud y la calidad de vida”. (Teerink, Et al., 2009).

La investigación se realiza con el objetivo de conocer y analizar las destrezas motoras que se podrían mejorar con el diseño y posterior desarrollo del caminador. Es relevante conocer que las destrezas motoras siguen una secuencia o procesos según la edad, y no pueden ser forzadas o evitadas, el diseño de implementos como el caminador para tratamiento de estas es muy útil ya que brinda una alternativa de movilización óptima.

Por otro lado, la teoría encontrada hace referencia a que la organización mundial de la salud (OMS), sostiene que: El uso de dispositivos de movilidad conviene a las personas que padecen la problemática como consecuencia de distintas afecciones, traumas y discapacidades. También son adecuadas para las personas mayores con dificultades para moverse. Los estudios realizados han puesto de manifiesto que, siempre que sean adecuadas para el usuario y su entorno, las tecnologías de apoyo o auxiliares tienen efectos importantes en el grado de independencia y participación al que pueden aspirar las personas con discapacidad. Estos sistemas reducen la necesidad de servicios de apoyo, así como el tiempo de los cuidadores y el esfuerzo físico que han de realizar. (OMS, 2011).

A su vez la dependencia funcional y enfermedades crónicas en ancianos mexicanos, explica que: Las características de las enfermedades en el anciano son pluripatología, cronicidad, presentación atípica y deterioro funcional. Este último es el punto final de muchas enfermedades en los ancianos, desde las más leves, hasta las más graves. Un amplio porcentaje de los ancianos pasa un tiempo más o menos largo de incapacidad previa a la muerte, especialmente las mujeres, cuya esperanza de vida es mayor a expensas de un mayor tiempo de dependencia funcional. En muchas ocasiones no hay una relación directa entre enfermedad y deterioro funcional, ya que un trastorno menor puede resultar en mayor deterioro que una enfermedad de peor pronóstico, más grave o crónica. Sin embargo, la dependencia funcional puede ser el síntoma inicial de un proceso patológico en los pacientes ancianos y, en algunas instancias, puede ser el único síntoma. Este deterioro puede afectar considerablemente la calidad de vida y puede tener influencia en los cuidados futuros. Ettinger evaluó a 3.654 pacientes mayores de 65 años y encontró que la causa más frecuente de deterioro funcional fue la enfermedad osteomuscular, seguida de la diabetes en ambos sexos. En la cohorte de Bootsmavan, se estudiaron 591

pacientes mayores de 85 años; las enfermedades crónicas que causaron mayor inestabilidad para la marcha fueron: enfermedad vascular cerebral (EVC), problemas cardíacos, diabetes mellitus y fractura de cadera. Black y Rush Ronald estudiaron el deterioro funcional y cognitivo en tres grupos étnicos mayores de 75 años, en los que incluían a hispanoamericanos que representaron 32.9% de la muestra. Las enfermedades que tuvieron asociación estadística con el deterioro funcional en el grupo de hispano fueron: fractura de cadera, EVC y diabetes. En otro estudio en la comunidad, en el que se evaluaron 275 ancianos, las enfermedades asociadas con mayor deterioro funcional fueron: la enfermedad de Parkinson, fractura de cadera y osteoporosis. Markides y colaboradores evaluaron el autorreporte del estado funcional de 3.050 ancianos, no institucionalizado, en el sureste de Estados Unidos. En este grupo de pacientes, las condiciones médicas con mayor asociación con el deterioro funcional fueron: enfermedad vascular cerebral y fractura de cadera. Peek y colaboradores evaluaron a ancianos mexicanoamericanos que residían en el sureste de Estados Unidos; el deterioro cognitivo y la alteración emocional fueron causas de alteración funcional en este grupo. (Barrantes, Et al., 2007).

En ese mismo contexto, El Tiempo máximo aceptable de trabajo para tareas ejecutadas con miembros superiores e inferiores, determinan en su investigación: La carga física de trabajo es uno de los principales factores de riesgo a los que se enfrentan los trabajadores. En la actualidad los métodos propuestos para evaluar la carga física dinámica contemplan el trabajo con todo el cuerpo y no discriminan por segmentos corporales. Objetivo: Determinar el tiempo máximo aceptable de trabajo cuando el trabajo se ejecuta con todo el cuerpo, con los miembros superiores o los miembros inferiores. Métodos: Se realizó medición de consumo de oxígeno mediante ergoespirometría y monitorización de la frecuencia cardíaca en 30 trabajadores expuestos a diversas cargas ejecutadas con todo el cuerpo, miembros inferiores y miembros superiores. Se determinó el umbral anaeróbico por coeficiente respiratorio, el cual sirvió de base para de determinación del tiempo máximo aceptable de trabajo. Resultados: Los tiempos máximos aceptables de trabajo fueron similares para tareas con todo el cuerpo y con miembros inferiores, pero significativamente menores para tareas realizadas con miembros superiores. Se halló un modelo de correlación exponencial negativo entre en tiempo de trabajo, el consumo de oxígeno, y la frecuencia cardíaca, $R > 0,9$ en todos los casos. Se plantearon 9 ecuaciones de regresión para determinar el tiempo máximo aceptable de trabajo. Conclusiones: El tiempo máximo aceptable de trabajo para miembros inferiores y para todo el cuerpo se comportan de manera similar. El tiempo máximo aceptables de trabajo con miembros superiores es significativamente inferior a los anteriores. La frecuencia cardíaca relativa parece ser el mejor indicador para medir el tiempo máximo aceptables de trabajo en campo. (Velásquez, J. C., 2015).

En efecto, encontramos en nuestra búsqueda investigativa la anatomía de la superficie del miembro inferior, la cual nos permite conocer que topográficamente, el miembro inferior se divide en seis segmentos: cadera, muslo, rodilla, pierna, tobillo y pie:

Cadera. Es el punto de unión del miembro inferior con el tronco. Tiene como límite superior al ligamento inguinal y la cresta iliaca, emitiendo una línea horizontal imaginaria en la parte posterior; abajo por el pliegue glúteo que en la porción anterior del muslo se prolonga en una línea horizontal imaginaria. Se deben distinguir tres regiones: glútea o posterior, inguiofemoral o

anterior y obturatriz o medial. Muslo: Su límite superior corresponde al inferior de la cadera, mientras que el inferior a una línea horizontal imaginaria 2 cm por encima de la rótula que sigue un trayecto circular. Se le considera una región anterior y una región posterior. Rodilla: Su límite superior corresponde al inferior del muslo y su límite inferior corresponde a una línea horizontal imaginaria que pasa por debajo de la tuberosidad anterior de la tibia y sigue un trayecto circular. Se pueden considerar dos regiones, una rotuliana o anterior y una poplíteica o posterior. Pierna: Su límite superior corresponde al inferior de la rodilla, mientras que su límite inferior corresponde a una línea horizontal imaginaria que pasa por la base de los maléolos y que sigue un trayecto circular. Se pueden considerar dos regiones: una anterior y otra posterior. Tobillo: Su límite proximal corresponde al inferior de la pierna, mientras que su límite distal corresponde a una línea imaginaria 2 cm. Pie: Es el último segmento del miembro inferior y se divide en dos regiones: una inferior o plantar y otra superior o dorsal. (López, Et al., 2015).

El presente trabajo pretende responder y aportar una posible solución a la población objeto de estudio en relación a la siguiente pregunta: ¿se puede diseñar y posteriormente desarrollar un dispositivo funcional tipo caminador electromecánico para tratamiento en persona con discapacidad en miembro inferior que brinde una alternativa de movilización óptima y mejore calidad de vida, por medio de un sistema de ayuda motorizado? La pregunta de investigación planteada lleva al proceso del diseño de un prototipo electromecánico dirigido a personas con discapacidad en miembro inferior. Las variables relacionadas son:

1. Diseñar un caminador electromecánico para tratamiento en personas con discapacidad en miembro inferior.
2. Su impacto en la población de estudio.

Los antecedentes descritos en los siguientes párrafos y el estudio sobre la literatura en torno a la discapacidad en miembro inferior dan sustento a la justificación de la presente investigación.

La propuesta de este proyecto se puede justificar teniendo en cuenta que las personas con dificultad de movilidad requieren asistencia técnica que les otorgue autonomía e independencia en las actividades de la vida diaria, por tal motivo es importante la presencia de las tecnologías de apoyo por el cual se hace referencia también al caminador electromecánico.

El desarrollo del proyecto va dirigido a la población con dificultad para moverse, pero más específicamente a las personas que necesitan rehabilitación en los miembros inferiores, puesto que este dispositivo les otorga autonomía e independencia para realizar actividades de la vida cotidiana y a su vez fortalecer habilidades que por diversas patologías asociadas son limitadas, teniendo en cuenta que este tipo de discapacidad implica una disminución de la movilidad total o parcial, la cual dificulta la realización de actividades motoras convencionales.

Debemos tener en cuenta que este dispositivo solo debe ser utilizado en terrenos planos, debido a que es movido por una velocidad de 10 RPM y la mayoría de las personas como consecuencia de la discapacidad motriz presentan movimientos incontrolados, dificultades de coordinación y alcance limitado; a su vez este caminador cuenta con un sistema de frenos que permite al paciente detenerlo cuando lo crea conveniente, esto con la finalidad de brindarle unas condiciones óptimas de seguridad.

Para diseñar un caminador electromecánico se planea cumplir con un objetivo general el cual es diseñar un prototipo funcional tipo caminador electromecánico del cual se derivan tres objetivos específicos que son:

1. Establecer la estructura del diseño de un prototipo funcional tipo caminador electromecánico.
2. Determinar componentes mecánicos y electrónicos para la elaboración de la estructura del diseño de un prototipo funcional tipo caminador electromecánico.
3. Elaborar y presentar diseño de un prototipo funcional tipo caminador electromecánico en 3D, utilizando software específico.

2. Metodología

Para la realización de lo planteado en el presente proyecto investigativo, se tuvo en cuenta principalmente todo lo que aborda la literatura existente sobre los dispositivos de movilidad. Dicho lo anterior, se realizaron los siguientes pasos:

2.1 Determinar la estructura

En primer lugar, se escogió el aluminio como material principal, el cual es uno de los materiales más utilizados para la construcción de los caminadores inteligentes por sus propiedades que cumplen con los requerimientos principales de un dispositivo de rehabilitación gracias a su baja densidad en comparación con otros metales, reduciendo considerablemente el peso de la estructura del caminador, además, es liviano y manejable.

Para determinar la altura de la estructura primero se realizó una revisión de las alturas promedio de los caminadores ya existentes, las cuales oscilan entre 64,8-90 cm. Seguido de esto, se tuvo en cuenta la estatura promedio tanto a nivel nacional como mundial. “Se realizó una revisión y se encontró un estudio que había sido hecho en el 1991 acerca de la estatura promedio. En la siguiente tabla se muestran los datos recolectados.” (Ordoñez, 1991).

Tabla 1

Estatura Promedio De Las Personas En Colombia Y En El Mundo

	Promedio	Hombre	Mujer
Colombia	165,0 cm	170,0 cm	159,9 cm
Mundo	1,65 m	1,83 m	1,65 m

Con base a lo anterior, se determinó la altura plegable de la estructura: de 76cm a 90 cm ajustable cada 1 pulgada. El ancho de la estructura fue diseñado de 56 cm, teniendo en cuenta el ancho de una puerta convencional que tiene 62.5cm.

2.2 Diseño mecánico del caminador:

Para establecer los componentes mecánicos del prototipo caminador electromecánico se identificaron los elementos necesarios. El diseño fue realizado con tres apoyos de tubos cilíndricos en material aluminio con dimensiones:

Armazón de la rueda: 3.17”

Tubo grueso: 1.81”

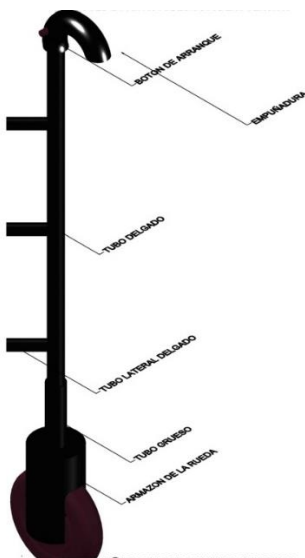
Tubo delgado: 0.96”

Para laterales dimensiones de: 0.78”

Para empuñadura dimensiones de: 1.81”

Figura. 1

Fotografía Frontal Del Tubo Con Rueda Trasera. AutoCAD 2019. Diseñado: Nikolls Coronell, Maria Escorcia, Duvan Ochoa.



Es importante considerar la movilidad del mismo por medio de las ruedas principalmente. Este diseño consta de 3 ruedas de 6 pulgadas (15.24 cm aproximadamente), la delantera será la giratoria, el grosor equivale a 1 pulgada (2,5 cm aproximadamente), las ruedas serán siliconadas, el material de los neumáticos es de cloruro de polivinilo (PVC), y, por último, la carga de 40-50 kg por rueda.

2.3 Diseño electrónico del caminador:

A continuación, estos serán los componentes electrónicos que se utilizarán para el diseño de un prototipo caminador electromecánico:

Tabla 2

Componentes electrónicos

Componentes	Consideraciones Técnicas
Motor	10.000 rpm 35-55W, 6V DC
Batería	4A-6V
Pulsador	Control de velocidad. Tipo switch

El motor DC será el encargado del funcionamiento del sistema, estará ubicado en la rueda delantera, ya que mejora la estabilidad y la movilidad. Poder llegar a recorrer distancias más largas es el mayor beneficio de los andadores con motor, es una ventaja en comparación a los andadores comunes sin ruedas o con ruedas, pero sin motor, ya que estos ofrecen movilidad y desplazamiento al mismo tiempo. Cabe destacar que, al contar con un motor, no se requiere ejercer mucha fuerza para su uso, y que con el mando del motor solo se necesita presionar un botón o mover la palanca para desplazarse.

El motor (NSD 550, RS550) tiene unas especificaciones de 6 V y 10,000 RPM (Esta frecuencia indica la rapidez con que trabaja el motor y es controlada por el mismo sistema reductor que tiene el motor de forma automática.). Trabaja por transferencia la cual le permite tener control de la velocidad, es decir, detiene el rodamiento, esto se da por la relación de piñón que poseen estos motores. La función de engranaje transmite un movimiento con una reducción de velocidad, el piñón casi siempre es la rueda conductora.

La seguridad es primordial y para eso se tienen en cuenta puntos claves como los son, la velocidad y potencia del motor que se ajusta a la altura deseada. Siempre se tendrá el control, no solo de la velocidad sino del freno, tanto manual como electrónico. La batería (GD, 640) Proporcionará la energía eléctrica necesaria para que el motor pueda arrancar, tiene una especificación de 6v-4A.

Por medio del pulsador se controlará la velocidad del sistema, el mismo es un operador eléctrico que cuando se oprime, permite el paso de la corriente eléctrica y cuando se deja de oprimir, la interrumpe. Esto permitirá al paciente facilidad y comodidad al momento de usar el caminador. Sólo deberá presionar el botón del pulsador y controlar la marcha del caminador. El pulsador irá ubicado en la parte superior del caminador para mejor manejabilidad por parte del paciente.

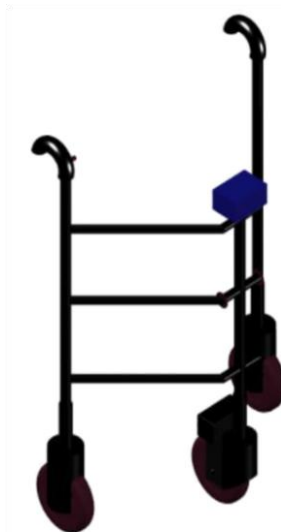
Por otra parte, el sistema de frenado será el del mismo motor, ya que por medio de la transferencia que se da en el (relación entre piñones por los cuales trabaja el motor) detiene la fuerza, es decir la marcha del caminador. Las conexiones de los componentes eléctricos del prototipo caminador electromecánico son una línea que conecta batería-motor por el negativo y otra línea que conecta batería-pulsador por el positivo. El motor conecta con el pulsador.

3. Resultados

Como resultado, después de revisar la literatura existente y el estado del arte se propone el diseño de un prototipo funcional tipo caminador electromecánico el cual marca gran diferencia, ya que se obtiene un prototipo motorizado, ajustable, graduable y de bajo costo. Una vez realizados los pasos que ayudan a desarrollar la metodología propuesta. El prototipo se basa en una estructura de aluminio de tres apoyos con unas dimensiones de 76 — 90 cm regulables en una pulgada en altura y 56 cm de ancho. Consta de tres ruedas de 6 pulgadas. Una rueda giratoria delantera y dos ruedas fijas traseras. El caminador cuenta con un motor DC que le permita tener dos sentidos, es decir que puede retroceder y avanzar. Tiene unas especificaciones de 6V— 10,000 RPM el cual está ubicado en la rueda delantera de la estructura, permitiendo un mejor recorrido. A su vez, el motor trabaja con una batería de 6 V — 4 A, ubicada en la parte superior del caminador como parte del diseño. Por último, cerca de la empuñadura del caminador se encuentra el pulsador, el cual permite al paciente controlar la velocidad del caminador más cómodamente.

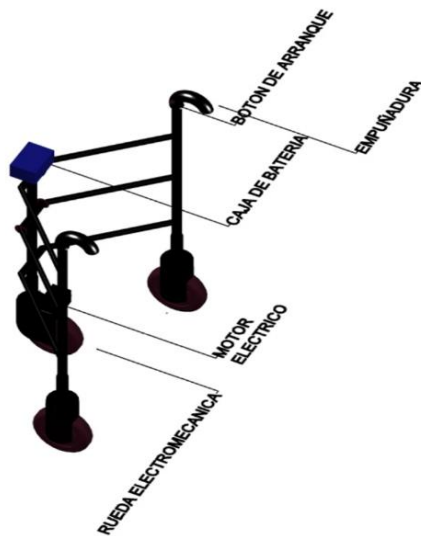
Figura. 2

Plano Frontal Del Caminador. AutoCAD 2019. Diseñado. Nikolls Coronell, Maria Escorcia, Duvan Ochoa.



En la figura 2 se tiene la parte frontal del diseño del caminador electromecánico, el cual contiene los tres apoyos con cada una de las ruedas un motor en la rueda delantera, una batería ubicada en la parte superior justo en el centro del caminador como parte del diseño, las empuñaduras y el botón pulsador.

Figura. 3 Parte Trasera Del Caminador. AutoCAD 2019. Diseñado. Nikolls Coronell, Maria Escorcía, Duvan Ochoa.



En la figura 3 donde aparece la parte trasera del caminador se puede observar las partes del caminador y el ángulo de la parte trasera donde se ubicaría el paciente para usar el caminador.

3.1 Análisis de resultados

Al revisar la literatura existente, hacer un estado de arte exhaustivo, una comparación con modelos de caminadores que disponen características similares, el primer modelo a comparar es un caminador triangular plegable de aluminio TM04003, el mismo, tiene tres apoyos fijos, posee una altura ajustable al usuario de 840-915 Mm, anchura de 510Mm. Comparando este modelo con el prototipo caminador electromecánico, se observa que su estructura es similar ya que ambos poseen tres apoyos y comparten la altura ajustable al usuario. Sin embargo, el modelo encontrado es fijo en su totalidad, convirtiéndose mecánico en todos sus aspectos. El segundo modelo a comparar es un caminador de tres ruedas - TM04011, el cual posee una estructura de acero cromado y tres apoyos, siendo la de la parte frontal totalmente libre. Dispone de una altura ajustable 735 - 915 Mm. Anchura de 660 Mm y adicionalmente cuenta con un ajuste de altura en los apoya brazos de 980 - 1130 Mm. Este modelo al contar en su estructura con 3 ruedas y altura ajustable es un poco similar al diseño del caminador electromecánico, pero su diseño es más tipo andadores rollators y aunque cuenta con ruedas, no posee de un sistema motorizado.

El modo de uso del caminador electromecánico es fácil. El usuario debe apoyarse en el caminador electromecánico y debe ubicar en la parte derecha de la empuñadura un pulsador el cual se encarga de encender, apagar y frenar el motor. Al momento de accionar este pulsador hace que el motor se encienda y comience a ponerse en marcha, si desea que se detenga solo

debe dejar de presionarlo para que esté no siga su marcha y así poder brindarle una ayuda asistida al usuario que en su momento lo esté utilizando y de esta manera poder caminar de manera autónoma.

Se pudo realizar el diseño mediante el software de AutoCAD 2019 utilizando unos componentes mecánicos, electrónicos y una estructura que fueron determinados mediante unos objetivos específicos los cuales se les dio cumplimiento durante la metodología. En la búsqueda de un motor y una batería que proporcionara alto voltaje y a su vez, el mismo sea de un peso ligero, se logró integrar un motor DC de 6v-10.000 rpm y una batería de 6V 4A. Esto permite que al momento de ser usado no haya necesidad de ejercer mucha fuerza para andar, ya que con el mando del motor solo se necesita presionar el pulsador para desplazarse.

4. Conclusiones

Al hacer la comparación con diferentes modelos se observa que pocos dispositivos cuentan con tres apoyos, incluyendo ruedas, ya que por lo general estas son fijas en su totalidad. Existen otros modelos similares, pero hacen parte del grupo de triciclos o rollators. Por tal motivo, no hay consideraciones de modelos con características similares en la clasificación de caminadores como lo plantea el diseño de este proyecto. Este diseño de prototipo brinda al usuario la posibilidad de contar no solo con una herramienta de apoyo, sino que también le permite el fortalecimiento de los miembros inferiores para así poder realizar con más autonomía las actividades motoras convencionales que por diversas situaciones le sean limitadas. Finalmente, se logró desarrollar el diseño de un prototipo caminador electromecánico que contiene los siguientes componentes mecánicos y electrónicos: tubos en aluminio, ruedas siliconadas, motor DC, batería y pulsor por medio del software de AutoCAD 2019.

Referencias

- Al Hasan, S. y Hoque, MZ (2008). Ortesis de miembros inferiores: una revisión. *Revista de la Asociación de Profesores de la Facultad de Medicina de Chittagong* , 19 (1), 33-36.
- Augé, M. (2018). *Por una antropología de la movilidad* (Vol. 309001). Editorial Gedisa.
- Barrantes-Monge, M., García-Mayo, E. J., Gutiérrez-Robledo, L. M., & Miguel-Jaimes, A. (2007). Dependencia funcional y enfermedades crónicas en ancianos mexicanos. *Salud pública de méxico*, 49, s459-s466.
- Bravo, L. C., & Granados, W. A. (2014). Diseño de un dispositivo para la movilidad de personas con discapacidad motriz usando el método función de calidad. *Ingeniería*, 19(1).
- Busquet, L. (2007). *Las Cadenas Musculares, (Tomo IV). Miembros inferiores (Bicolor)* (Vol. 4). Editorial Paidotribo.
- Chicaiza Inlago, L. B. (2016). *Implementación de ayudas técnicas y adaptaciones en personas con discapacidad física en las Comunidades de Huacsara, Pivarinsi, Censo Copacabana, Pucará Alto y Cuaraburo del Cantón Otavalo de la Provincia de Imbabura en el período 2015-2016* (Bachelor's thesis).
- Christiansen C.H., Schwartz R.K., Barnes K.J.: "Self care: Evaluation and Management". In DeLisa J.A. Rehabilitation medicine: Principles and practice. Ed. JB Lippincott. 1993.
- Dufour, M., & Pillu, M. (Eds.). (2018). Biomecánica funcional. Miembros, cabeza, tronco. Elsevier.
- Gómez-Aristizábal, L. Y., Avella-Tolosa, A., & Morales, L. A. (2015). Observatorio de Discapacidad de Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 33(2), 277-285.
- Hurtado Floyd, María; Aguilar Zambrano, Jaime; Mora Antó, Adriana; Sandoval Jiménez, Claudia; Peña Solórzano, Carlos; León Díaz, Andrés (Barranquilla, 2012). Identificación de las barreras del entorno que afectan la inclusión social de las personas con discapacidad motriz de miembros inferiores.
- Manchon, A. F., & Maria, F. A. (2005). Capítulo 3.2 Ayudas Técnicas para Estudiantes con Discapacidades Físicas y Sensoriales: Las Tecnologías de Ayuda. Valencia: Universidad de Valencia.
- Muñiz, A. L. (2008). "Anatomía topográfica humana". Universidad de Oviedo.
- Ordóñez, A., & Polanía, D. (1991). Cambios de estatura en Colombia durante el presente siglo.
- Paredes Beltrán, W. R. (2019). Diseño y construcción de la estructura de un caminador inteligente con sensores de movimiento y actuadores, para rehabilitación de pacientes con discapacidad motora en extremidades inferiores. 70 hojas. Quito: EPN.
- Saavedra, A. A. (2001). Discapacidad: Exclusión/Inclusión. *Revista Mad*, (5).

- Silguero, S. A. A., Martínez-Reig, M., Arnedo, L. G., Martínez, G. J., Rizos, L. R., & Soler, P. A. (2014). Enfermedad crónica, mortalidad, discapacidad y pérdida de movilidad en ancianos españoles: estudio FRADEA. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 49(2), 51-58.
- Velásquez, J. C. (2015). Tiempo máximo aceptable de trabajo para tareas ejecutadas con miembros superiores e inferiores. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 47(3), 313-323.
- Vélez Madrid, N. P., González Aguirres, C. D., & Velásquez Ramírez, A. P. (2016). Revisión de las barreras de acceso a los servicios de salud de la población con discapacidad en Colombia entre los años 2005 a 2015. *Revista CES Derecho*, 7(2), 72-83.
- World Health Organization. (2012). Documento de posición conjunta sobre suministro de dispositivos de movilidad en entornos con recursos escasos: un paso hacia la aplicación de la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad en materia de movilidad personal.