

OPTIMIZACIÓN PARA CAMINADOR GERIATRICO

Karen Gisela Arcila Mejía, Lina Marcela Rodríguez Cortes, Ana María Silva Ortiz.
karen.arcila@uao.edu.co, lina_mar.rodriguez@uao.edu.co, ana.silva@uao.edu.co
 Universidad Autónoma de Occidente

Resumen— El siguiente documento se centra en optimizar un caminador geriátrico para mejorar su eficiencia y comodidad mediante técnicas de ingeniería y simulación. Los objetivos principales son incrementar la fuerza de seguridad del andador y reducir el esfuerzo requerido para su uso. Para ello, se evaluarán y mejorarán diferentes aspectos del diseño, materiales y mecanismos de movimiento, utilizando herramientas como SolidWorks.

Palabras claves- Envejecimiento, caminador geriátrico, optimización, ingeniería, simulación.

I. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento de la población es un fenómeno global que plantea desafíos significativos en términos de salud y calidad de vida. Uno de los aspectos clave para mantener la independencia y la movilidad de las personas mayores es el uso de dispositivos de asistencia, como los caminadores geriátricos. Estos dispositivos proporcionan apoyo y estabilidad a quienes enfrentan dificultades para caminar debido a la edad o afecciones médicas. [1]

El objetivo de este estudio es optimizar un andador geriátrico existente para mejorar su eficiencia y comodidad. Para ello, se aplicarán técnicas de ingeniería y simulación, centrándonos en dos parámetros críticos: la fuerza de seguridad (fs) y el esfuerzo requerido durante el uso. La fuerza de seguridad se refiere a la capacidad del andador para soportar cargas sin deformarse o fallar, mientras que el esfuerzo necesario se relaciona con la facilidad con la que el usuario puede moverlo.

En esta investigación, exploraremos diferentes aspectos del diseño y la fabricación del andador, desde la elección de materiales hasta la optimización de los mecanismos de movimiento. Además, se realizarán simulaciones utilizando herramientas como SolidWorks para evaluar las modificaciones propuestas y validar su efectividad.

El resultado final será un andador más eficiente y ergonómico que contribuya al bienestar y la autonomía de las personas mayores. A través de este trabajo, esperamos aportar al campo de la ingeniería biomédica y mejorar la calidad de vida de una población cada vez más numerosa.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El envejecimiento de la población es una realidad innegable en todo el mundo. A medida que la esperanza de vida aumenta, también lo hace la necesidad de proporcionar soluciones que mejoren la calidad de vida de las personas mayores. Uno de los desafíos clave es garantizar que los adultos mayores puedan mantener su independencia y movilidad, incluso cuando enfrentan dificultades para caminar debido a la edad o afecciones médicas.

En este contexto, los caminadores geriátricos desempeñan un papel fundamental. Estos dispositivos de asistencia proporcionan apoyo y estabilidad a quienes requieren ayuda para caminar. Pero no todos los caminadores cumplen con los estándares óptimos en cuanto a eficiencia y comodidad. Por lo tanto, surge la necesidad de optimizar estos dispositivos para maximizar su funcionalidad y minimizar el esfuerzo requerido por los usuarios.

El objetivo de nuestro estudio es abordar esta problemática mediante la aplicación de técnicas de ingeniería y simulación. Nos centraremos en dos parámetros críticos:

- **Factor de seguridad (fs):** Esta medida evalúa la capacidad del andador para soportar cargas sin deformarse o fallar. Un andador seguro y resistente es esencial para la confianza del usuario y su seguridad durante el uso diario. [2]
- **Esfuerzo requerido:** El nivel de esfuerzo físico necesario para mover el andador es un factor determinante en la experiencia del usuario. Reducir este esfuerzo no solo mejora la comodidad, sino que también contribuye a la adherencia al uso constante del dispositivo. [3]

Para lograr estos objetivos, exploraremos diferentes aspectos del diseño del caminador. Consideraremos la elección de materiales, la ergonomía, los mecanismos de movimiento, el peso total y la facilidad de plegado. Además, utilizaremos herramientas de simulación, como SolidWorks, para evaluar las modificaciones propuestas y validar su efectividad.

III. METODOLOGÍA

A. Revisión de Literatura

Antes de abordar la optimización del andador geriátrico, realizaremos una revisión de la literatura científica y técnica relacionada con dispositivos de asistencia para personas mayores. Buscaremos investigaciones previas sobre caminadores, materiales utilizados, mecanismos de movimiento, ergonomía y optimización. Esta revisión nos proporcionará una base sólida para comprender los desafíos y oportunidades en nuestro estudio.

B. Análisis del Andador Existente

- **Selección del Modelo:** Evaluaremos el andador seleccionado (como el modelo de Gambimedic) en términos de su diseño, materiales, mecanismos de movimiento y ergonomía.
- **Medición de Parámetros:** Mediremos la altura, el peso, la resistencia y otros parámetros relevantes del andador.

C. Identificación de Objetivos de Optimización

Definiremos los objetivos específicos de optimización:

- **Factor de Seguridad (fs):** Buscaremos maximizar la capacidad del andador para soportar cargas sin deformarse o fallar.
- **Esfuerzo Requerido:** Minimizaremos el esfuerzo físico necesario para mover el andador.

D. Diseño y Simulación en SolidWorks

Utilizaremos el software de simulación SolidWorks para:

- Modelar el andador existente.
- Realizar análisis de elementos finitos (FEM) para evaluar la distribución de esfuerzos y deformaciones.

E. Optimización Iterativa

Basándonos en los resultados de las simulaciones, ajustaremos los parámetros del andador:

- **Materiales:** Investigaremos aleaciones de aluminio y otros materiales ligeros y resistentes.
- **Geometría:** Rediseñaremos partes críticas para mejorar la resistencia y reducir el peso.
- **Mecanismos de Movimiento:** Buscaremos minimizar la fricción y mejorar la maniobrabilidad.

IV. PLANTEAMIENTO

Inicialmente se diseña en SolidWorks el andador geriátrico con medidas reales, ver Figura 1 y 2, haciendo uso de operaciones como barrido se logra el modelado observado de la Figura 2.

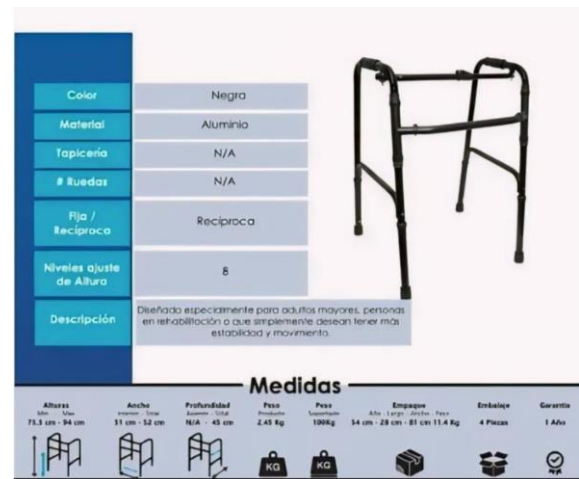


Figura 1. Caminador geriátrico referencia.

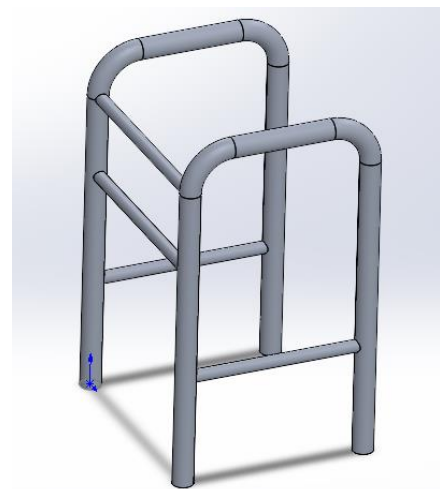


Figura 2. Caminador geriátrico sólido- Vista Isométrica.

Posterior al modelado, se realiza un nuevo estudio de simulación en análisis en donde se definen las sujeciones y la fuerza a la cual estará sometido el caminador, como se indica las Figuras n° 3 y 4. Considerando el material, una aleación de aluminio 1060-H12, el cual es un material común para construir estas ayudas técnicas. Debido a que esta aleación pertenece a la serie 1000 de aleaciones de aluminio, de alta pureza y excelente conformabilidad, por lo que es adecuada para aplicaciones donde se requiere resistencia moderada y facilidad de conformado, Ver Figura 3.

Physical Properties		Metric
Density		2.705 g/cc
Mechanical Properties		Metric
Hardness, Brinell		23
Tensile Strength, Ultimate		82.7 MPa
		75.0 - 110 MPa
		>= 70.0 MPa
		@Thickness 0.254 - 12.7 mm
Tensile Strength, Yield		>= 62.0 MPa
		75.8 MPa
		>= 28.0 MPa
		@Thickness 0.254 - 12.7 mm
Elongation at Break		6.0 - 12 %
		16 %
		@Thickness 1.59 mm
Modulus of Elasticity		68.9 GPa
Poissons Ratio		0.33
Fatigue Strength		27.6 MPa
		@# of Cycles 5.00e+8
Shear Modulus		26.0 GPa
Shear Strength		55.2 MPa
Electrical Properties		Metric
Electrical Resistivity		0.0000280 ohm-cm

Figura 3. Propiedades del Al 1060-H12.

Según la ficha técnica el peso soportado del caminador es de 100Kg [4], lo que refleja una fuerza de 980 N. Se supone para la simulación que se aplica una fuerza 490N en cada lado del caminador, (Mano izquierda y derecha)

$$F = 100 \text{ Kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 980 \text{ N}$$

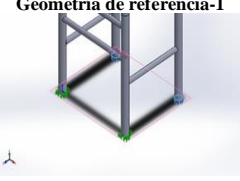
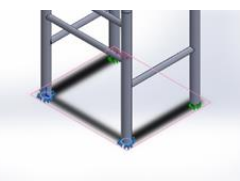
Nombre de sujeción	Detalles de sujeción
<p>Geometría de referencia-1</p> 	<p>Entidades: 2 arista(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Planta</p> <p>Tipo: Utilizar geometría de referencia</p> <p>Traslación: ---; ---; 0</p> <p>Rotación: ---; ---; ---</p> <p>Unidades: mm; rad</p>
<p>Geometría de referencia-2</p> 	<p>Entidades: 2 arista(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Planta</p> <p>Tipo: Utilizar geometría de referencia</p> <p>Traslación: 0; 0; 0</p> <p>Rotación: ---; ---; ---</p> <p>Unidades: mm; rad</p>

Figura 4. Sujeciones.

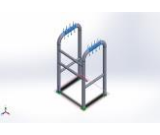
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 2 cara(s), 1 plano(s)</p> <p>Referencia: Planta</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza</p> <p>Valores: ---; ---; -.500 N</p> <p>Momentos: ---; ---; --- N.m</p>

Figura 5. Cargas.

V. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la simulación del caminador geriátrico utilizando el complemento SolidWorks Simulation. Se aplicó una fuerza específica al modelo con medidas reales, y se evaluaron varios aspectos clave de la estructura del andador, incluyendo la deformación, las tensiones, los desplazamientos, las deformaciones unitarias y el factor de seguridad.

Resultados del Andador Macizo

Al inicio, se diseñó un andador macizo, es decir completamente sólido, y se realizaron las simulaciones correspondientes. Este modelo arrojó los siguientes resultados detallados en términos de deformación, tensiones, desplazamientos, deformaciones unitarias y factor de seguridad.

Tabla 1. Resultados del análisis estático (macizo).

Nombre	Tipo	Mín	Máx
Tensiones 1	SY: Tensión normal de Y	- 1,480e+06N/ m^2 Nodo:26712	9,381e+05N/ m^2 Nodo: 298
Desplazamientos 1	URES: Desplazamientos resultantes,	0,000e+00m Nodo: 19	2,157e-02mm Nodo:21748
Deformaciones unitarias 1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1,262e-09 Elemento: 2843	2,037e-05 Elemento: 11053
Factor de seguridad	Automático	3,783e+01 Nodo: 147	5,028e+05 Nodo: 13339

Teniendo en cuenta los objetivos propuestos que se puede observar a continuación:

$$f_s \sim 2,0$$

$$\epsilon < 0,1\%L$$

Para evaluar que la deformación cumpla con el objetivo se mide la longitud y se obtiene el 0,1%. Para este caso $\epsilon < 0,25$ para confirmar esta comparación, tomamos el valor de UDRES (mm) de $2,157e - 02$. Lo que significa que comparación se cumple $0,02 < 0,25$

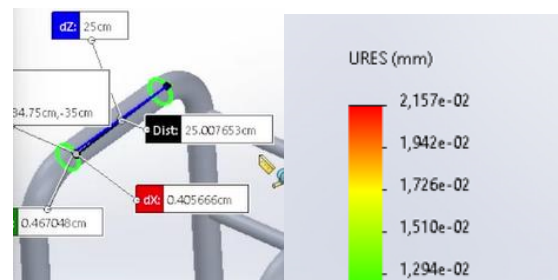


Figura 5. Datos para evaluar comparación.

• Resultados del Caminador Hueco

Luego se rediseñó el caminador puesto que para el caminador macizo SolidWorks estima su masa en 9346 gramos, lo que no es conveniente para el público objetivo para el cual va dirigido el andador. Además, que en la ficha técnica nos dice que la masa de este es de 2.5Kg, es ahí donde nace la necesidad de reducir esa masa, dejando el diseño con tubos para cumplir con las especificaciones de un principio.

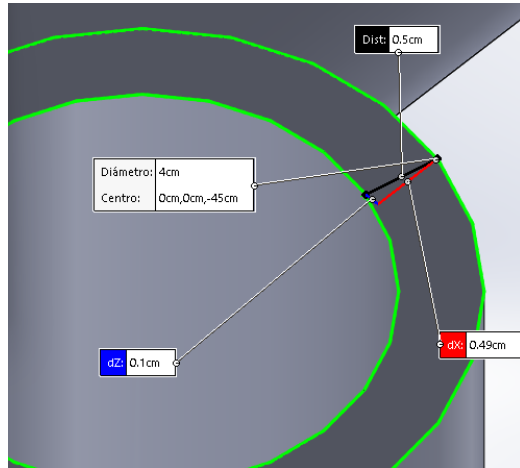


Figura 6. Espesor para caminador.

Por lo tanto, se realizaron las simulaciones correspondientes. Este modelo arrojó los siguientes resultados detallados en términos de deformación, tensiones, desplazamientos, deformaciones unitarias y factor de seguridad.

Tabla 2. Resultados del análisis estático (hueco)

Nombre	Tipo	Mín	Máx
Tensiones 1	SY: Tensión normal de Y	- 4,488e+06N/ m ² Nodo: 26063,	2,466e+06N/ m ² Nodo: 3515
Desplazamientos 1	URES: Desplazamientos resultantes,	0,000e+00m Nodo: 45	7,968e-02mm Nodo: 57407
Deformaciones unitarias 1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2,982e-08 Elemento: 31967	6,734e-05 Elemento: 19909
Factor de seguridad	Automático	1,279e+01 Nodo: 4866	3,287e+04 Nodo: 43532

Para evaluar que la deformación cumpla con el objetivo se mide la longitud y se obtiene el 0,1%. Para este caso para confirmar esta comparación, tomamos el valor de UDRES (mm) de $7,968e - 02$. Lo que significa que comparación se cumple $0,07 < 0,25$

VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

• Análisis de Caminador Geriátrico Macizo

Los resultados de tensión normal en el eje Y indican las tensiones de compresión y tracción que el andador experimenta bajo la carga aplicada. Los valores mínimo y máximo son indicativos de la capacidad del andador para manejar las fuerzas internas y externas sin comprometer su integridad estructural. Mantener las tensiones dentro de estos límites asegura que el material del andador no sufrirá deformaciones permanentes ni fallos estructurales bajo condiciones normales de uso.

En cuanto a los desplazamientos resultantes indican que el máximo desplazamiento en el andador es de 0,02157 mm en el nodo 21748, con un mínimo de 0 mm en el nodo 19. Estos desplazamientos son extremadamente pequeños, lo que sugiere que el andador es muy rígido y estable. Un desplazamiento máximo tan bajo es positivo, ya que indica que el andador mantiene su forma y funcionalidad bajo carga, proporcionando seguridad y estabilidad al usuario.

Además de los desplazamientos, las deformaciones unitarias equivalentes oscilan entre $1,262e-09$ en el elemento 2843 y $2,037e-05$ en el elemento 11053. Estos valores bajos indican que el material del andador experimenta deformaciones insignificantes bajo la carga aplicada. Esta baja deformación es beneficiosa, ya que asegura que el andador conservará su integridad estructural y durabilidad a lo largo del tiempo, sin riesgo de deterioro por deformaciones.

Finalmente, el análisis del factor de seguridad refuerza aún más la confianza en el diseño del andador, debido a que el factor de seguridad mínimo es de 37,83 en el nodo 147 y el máximo es de 502,800 en el nodo 13339. Lo que indica que el andador puede soportar hasta 37,83 veces la carga aplicada antes de llegar al punto de fallo del material. Este alto factor de seguridad proporciona una gran confianza en la robustez y fiabilidad del diseño del andador, asegurando que es seguro para su uso por parte de personas mayores o con movilidad reducida.

La combinación de pequeños desplazamientos, bajas deformaciones unitarias y un alto factor de seguridad demuestra que el andador ofrece un soporte seguro y confiable, garantizando la estabilidad y seguridad del usuario siempre.

• Análisis de Caminador Geriátrico Hueco

En cuanto a las tensiones, los datos indican que el caminador experimenta tanto tensiones de compresión como de tracción. La tensión mínima registrada es de $-4,488e+06$ N/m² en el Nodo 26063, lo que sugiere una compresión considerable en esa zona. Por otro lado, la tensión máxima es de $2,466e+06$ N/m² en el Nodo 3515, lo que indica una tracción significativa. Estos valores están dentro de un rango manejable, aunque es crucial que el material del caminador

esté diseñado para resistir tanto fuerzas de compresión como de tracción de manera eficaz.

Respecto a los desplazamientos, se observa que el caminador presenta desplazamientos muy pequeños bajo carga. El desplazamiento mínimo es de $0,000e+00$ mm en el Nodo 45, indicando que este nodo no experimenta ningún desplazamiento. El desplazamiento máximo registrado es de $7,968e-02$ mm en el Nodo 57407. Este valor, aunque el mayor registrado, sigue siendo muy pequeño, lo que es positivo para la estabilidad del caminador, asegurando que no se deformará de manera significativa bajo las cargas típicas de uso.

Las deformaciones unitarias también se han evaluado, proporcionando información sobre la deformación del material con relación a su longitud original. La deformación unitaria mínima es de $2,982e-08$ en el Elemento 31967, un valor extremadamente pequeño que indica una deformación casi insignificante. La deformación unitaria máxima es de $6,734e-05$ en el Elemento 19909, un valor que, aunque más significativo, sigue estando dentro de un rango aceptable para muchos materiales. Esto sugiere que el caminador mantendrá su integridad estructural sin sufrir deformaciones excesivas durante su uso.

Finalmente, el factor de seguridad ha sido calculado para asegurar la fiabilidad del caminador. El factor de seguridad mínimo es de $1,279e+01$ (12,79) en el Nodo 4866, lo que es un buen indicador de seguridad, sugiriendo que el caminador puede soportar cargas considerablemente mayores que las esperadas en uso normal. El factor de seguridad máximo registrado es de $3,287e+04$ (32870) en el Nodo 43532, un valor extremadamente alto que indica que, en este nodo, el caminador tiene un margen de seguridad muy amplio. Este alto factor de seguridad es esencial para dispositivos diseñados para personas mayores, asegurando su uso seguro y confiable.

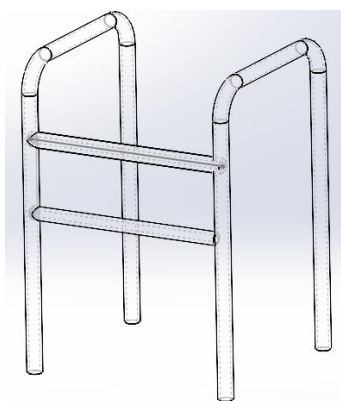


Figura n°4. Caminador geriátrico hueco.

VII. CONCLUSIONES

En conclusión, los datos sugieren que el caminador geriátrico posee un diseño robusto y seguro. Las tensiones y

desplazamientos están dentro de rangos manejables, y las deformaciones unitarias son mínimas, lo que garantiza que el caminador mantendrá su forma y funcionalidad bajo condiciones normales de uso. Además, los factores de seguridad extremadamente altos proporcionan un margen considerable que asegura la integridad y fiabilidad del dispositivo, haciendo del caminador una opción segura y confiable para los usuarios geriátricos.

REFERENCIAS

- [1] "Envejecimiento y salud", Who.int. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ageing-and-health>.
 - [2] Organización Mundial de la Salud, "World Report on Ageing and Health," World Health Organization, 2015. Disponible en: <https://www.who.int/ageing/events/world-report-2015-launch/en/>
 - [3] ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57334/analisisdeestabilidaddetaludes.pdf?sequence=11&isAllowed=y#:~:text=En%201%C3%ADneas%20generales%20e1%20Factor,Skempton%20y%20Hutchinson%2C%201969>
- "Andadera Caminadora Aluminio Plegable Adulto Ajustable," Gambimedic. [Online]. Available: <https://gambimedic.com/products/andadera-caminadora-aluminio-plegable-adulto-ajustable>.