



Diseño de un Mecanismo semiautomático para una silla de ruedas que permita pacientes con discapacidad en miembros inferiores ascender y descender andenes en la ciudad de San Juan De Pasto-Nariño. (septiembre de 2022)

Benigno Antonio Escallón Cortes y Brandon Stiven Guerrero Gómez

Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, San Juan de Pasto-Colombia

antonioescallon.c@gmail.com
brandonguerrero130@gmail.com

Resumen – En el presente artículo, se presentara los resultados obtenidos en el diseño de un mecanismo semiautomático para una silla de ruedas que permita a pacientes con discapacidad en los miembros inferiores ascender y descender andenes en la ciudad de San Juan de Pasto Nariño con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población que usa silla de ruedas , por lo tanto se hace hincapié en la necesidad de invertir en la experimentación diseño y ejecución de mecanismos o prototipos que mejoren las condiciones de movilidad de las personas con discapacidad.

Por lo tanto, se propuso adaptar un mecanismo automático que se incorpore a la silla de ruedas y que permita a los usuarios ascender y descender andenes, utilizando el software SolidWorks para someter nuestros diseños a condiciones reales y de esta forma poder entregar resultados de análisis estáticos confiables.

El propósito principal de este proyecto en una futura construcción, es que sea de bajo costo y asequible para que la población más vulnerable haga uso de una silla de ruedas

Sin la necesidad de realizar esfuerzos sobre sus brazos y sobre todo ascender y descender andenes ya que si no fuera por el mecanismo están limitados a buscar las rampas de acceso o de subida.

Abstract— In this article, the results obtained in the design of a semiautomatic mechanism for a wheelchair that allows patients with disabilities in the lower limbs to ascend and descend platforms in the city of San Juan de Pasto Nariño with the purpose of improving the quality of life of the population that uses a wheelchair, therefore emphasis is placed on the need to invest in experimentation, design and execution of mechanisms or prototypes that improve the mobility conditions of people with disabilities.

Therefore, it was proposed to adapt an automatic mechanism that is incorporated into the wheelchair and that allows users to ascend and descend platforms, using SolidWorks software to

subject our designs to real conditions and thus be able to deliver static analysis results. reliable.

The main purpose of this project in a future construction is that it be low cost and affordable for the most vulnerable population to use a wheelchair.

Without the need to make efforts on their arms and above all to ascend and descend platforms since if it were not for the mechanism they are limited to looking for the access or ascent ramps.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el 7.2% de la población colombiana presenta alguna dificultad funcional para realizar sus actividades diarias, lo que se traduce en cerca de tres millones y medio de personas con discapacidad (DANE, 2020). Aproximadamente un 60% de la población con discapacidad en Colombia padece de una limitación motora lo que inhabilita parcial o completamente su desplazamiento dentro de los centros urbanos o rurales del país. La discapacidad en Colombia ha sido un tema complejo dado el poco apoyo estatal que históricamente han recibido las personas con discapacidad para solucionar las necesidades de desplazamiento (Correa & Castro, 2016).

De igual manera, las personas que poseen algún tipo de discapacidad en sus miembros inferiores se han visto en una situación de vulnerabilidad social, puesto que la inhabilidad de desplazamiento y la falta de soluciones de movilidad, ha contribuido a que esta población no cuente con las condiciones adecuadas para mejorar su calidad de vida, esto se traduce en la deficiencia al momento de recibir servicios médicos asistenciales, educación y pérdida de ofertas laborales (Correa & Castro, 2016). Por lo tanto, los problemas que afrontan la población con discapacidad también requieren de soluciones

técnicas de personas particulares que contribuyan a reducir los efectos negativos del desplazamiento en su diario vivir (DANE, 2020; Minsalud, 2013).

En este sentido. Este trabajo de pregrado plantea la opción de adaptar un mecanismo automático a una silla de ruedas, que en un futuro permita a pacientes con discapacidad en miembros inferiores ascender y descender andenes en la ciudad de San Juan de Pasto sin requerir de un acompañante para desplazarse. De igual manera, se busca que este prototipo de silla de rueda garantice la seguridad y mejore las condiciones de vida de la población con discapacidad. Adicionalmente, el pretende ofrecer un precio accesible para aquellas personas que no pueden adquirir en la actualidad una silla automática por su alto precio en el mercado, esto significa que la población con discapacidad va a acceder a un mecanismo de costo barato que pueda ser adaptado a su silla de ruedas.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según cifras del Departamento Nacional de Estadística (DANE), la ciudad de Pasto en el año 2018 contaba una población de 24.903 personas con discapacidad o dificultad para el desarrollo de actividades cotidianas, lo que representa el 2% del total de la población de la ciudad, de las cuales 4.748 tienen dificultades para caminar, saltar o correr. La cantidad de personas para las cuales la dificultad de movimiento de cuerpo, manos, brazos o piernas puede ser identificada como su principal discapacidad, es decir, constituye su discapacidad más notable, es de 2.478 (Alcaldía de Pasto, 2019).

Pese a que en la actualidad existe una normatividad orientada a garantizar el desplazamiento de personas que usan silla de ruedas, no existe una solución acertada para mitigar estas deficiencias en cuanto a la movilidad, la ciudad de San Juan de Pasto y su gobierno local no han formulado políticas públicas eficientes y las existentes han sido acatadas, de forma parcial o, incluso se ha llegado a considerar que hay una omisión total de las directrices consagradas por el gobierno nacional y por las normativas colombianas (Alcaldía de Pasto, 2019; Correa & Castro, 2016).

A modo de ejemplo, cabe citar la Ley 361 de 1997, “mediante la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas en situación de discapacidad y se dictan otras disposiciones; en su artículo 47 donde se estipula que la construcción, ampliación y reforma de los edificios abiertos al público y especialmente de las instalaciones de carácter sanitario, se efectúan de manera que dichas instalaciones sean accesibles a todos los destinatarios objeto de dicha ley”. Para ese fin, el Gobierno debe dictar las normas técnicas pertinentes, las cuales deben contener las condiciones mínimas sobre barreras arquitectónicas a las que deben ajustarse los proyectos, así como los procedimientos de inspección y de sanción en caso de incumplimiento de estas disposiciones (MINCIT, 2005).

La ausencia de un adecuado acatamiento de la normatividad vigente, trae consigo que en el día a día se observen dificultades para el desplazamiento de personas en situación de discapacidad, particularmente los usuarios de sillas de ruedas, que poseen discapacidad en sus miembros inferiores,

son los más afectados por la ineficiencia en la aplicación y el acatamiento de esta normatividad. Lo anterior hace concluir que una solución al problema de movilidad de personas en situación de discapacidad, y en particular de usuarios de sillas de ruedas, en la ciudad de San Juan de Pasto, difícilmente puede ser mejorada con base en la normatividad existente, de esta manera, se hace necesaria la búsqueda de alternativas para el mejoramiento de las personas con discapacidad (Correa & Castro, 2016).

III. JUSTIFICACIÓN

Con el propósito de contribuir a mejorar la situación de desplazamiento que afrontan las personas en situación de discapacidad de miembros inferiores en la ciudad de Pasto. Nosotros nos hemos propuesto diseñar un mecanismo adaptable a las sillas de ruedas de las personas con discapacidad para ascender y descender andenes. Por lo tanto, se hace hincapié en la necesidad de invertir en la experimentación, diseño y ejecución de prototipos o mecanismo que mejoren las condiciones de desplazamiento de las personas con discapacidad en la ciudad de Pasto como en el resto del país. Puesto que, las actuales condiciones de infraestructura como en el transporte público, vías de acceso, edificios gubernamentales etc., en Pasto no son los adecuados para el desplazamiento seguro de las personas con discapacidad (Alcaldía de Pasto, 2019).

Por lo tanto, nosotros proponemos adaptar un mecanismo automático, a ser incorporado en la silla de ruedas, que permita a sus usuarios ascender y descender andenes; la realización de este objetivo contara con los estándares apropiados de funcionamiento y calidad propuesto por la normatividad actual. Este mecanismo puede ayudar a mejorar la calidad de vida de la población que usa silla de ruedas en la ciudad Pasto. La investigación de este trabajo es de suma importancia, ya que la población en situación de discapacidad necesita herramientas y alternativas de inclusión social.

IV. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo de grado es de carácter mixto porque usa métodos cualitativos y cuantitativos. En cuanto a los métodos cualitativos nosotros hicimos una revisión bibliográfica en bases de datos como Google Academic, y páginas web de diseño de sillas de ruedas para obtener documentos (artículos, capítulos de libros etc.) que nos permita indagar sobre los diseños, cálculos y variantes en la construcción de prototipos de silla de ruedas con mecanismos para ascender y descender escalones.

Por otro lado, los métodos cuantitativos se basan primero en una serie de cálculos y requisitos que muestran los pasos a seguir para el diseño tanto de la silla de ruedas y el mecanismo adaptable. De igual manera, se describen los pasos que son usados para la simulación en el software SolidWorks. La línea de investigación con la cual se sustenta este trabajo es la construcción de máquinas o equipos industriales, capacidades de ciencia, tecnología e innovación y desarrollo endógeno territorial. Esta línea de investigación permite brindar un

conocimiento acerca de las necesidades o problemática que existe en un territorio en este caso en el municipio de San Juan de Pasto, por lo tanto, este trabajo de grado pretende generar una innovación tecnológica ya que en el mercado no existe este tipo de mecanismos adaptables a las sillas de ruedas.

V. OBJETIVOS

Diseñar un mecanismo semiautomático adaptable a cualesquier sillas de ruedas que contribuya a mejorar el desplazamiento de las personas con discapacidad motora de las extremidades inferiores en la ciudad de San Juan de Pasto.

Objetivos específicos

- Diseñar un mecanismo semiautomático antropométrico adaptable a una silla de ruedas que permita al usuario ascender y descender andenes en la ciudad de San Juan de Pasto, garantizando que las condiciones de movilidad brinden al usuario estabilidad y autonomía de locomoción.
- Establecer los requerimientos técnicos y estructurales en la adaptación de un mecanismo, que permitan plantear parámetros adecuados a la necesidad de usuarios de silla de ruedas atendiendo las necesidades básicas de movilidad y estabilidad establecidas en la ley colombiana.
- Comprobar la funcionalidad del mecanismo semiautomático a través del software “SOLIDWORKS” que previamente se ha diseñado y consecuentemente emplear el cálculo ya realizado para tal fin.

VI. MARCO CONTEXTUAL

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la discapacidad motriz como la pérdida o alteración de una estructura o una función psicológica, fisiológica o anatómica. La discapacidad motriz se caracteriza por el impedimento de la movilidad voluntaria, resultante de una afección nerviosa, muscular u ósea (Egea & Sánchez, 2003).

Las sillas de ruedas forman parte de las ayudas técnicas, es decir, de los dispositivos físicos de aplicación que posibilitan o mejoran la realización de actividades del aparato locomotor, limitadas por deficiencias o discapacidades de tipo parcial o total (Gorgues, 2005).

En este sentido, las sillas de ruedas son vehículos individuales que favorecen el traslado de personas que han perdido, de forma permanente, total o parcialmente, la capacidad de desplazarse. Hay que tener en cuenta que la silla de ruedas debe ser adecuada de acuerdo al grado de deficiencia del usuario. Por tanto, las sillas de ruedas facilitan la movilidad a pacientes que no pueden caminar ni desplazarse por sí mismos con otros dispositivos, facilitando así su autonomía e integración a la sociedad (Egea & Sánchez, 2003).

El usuario debe llevar la silla de ruedas hasta el borde del andén, la acción de bajada inicia asentando la estrella de ruedas sobre el piso al cual se pretende descender y posteriormente los elementos de apoyo impulsaran hacia al frente la silla de ruedas. La estabilidad de la silla de ruedas al

ascender y al descender se garantiza mediante seis elementos: los dos elementos de apoyo y las dos estrellas de ruedas, adecuadamente separados entre sí, así como las propias ruedas de la silla de ruedas.

VII. CODIGO ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h> // librería lcd
LiquidCrystal lcd (7,8,4,10,11,12);
// Dibujos lcd byte a [8] =
{0b01110,0b01010,0b11011,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001};
byte b [8] =
{0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001};
byte e [8] =
{0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000};
byte f [8] =
{0b00110,0b01111,0b01111,0b00110,0b00000,0b00111,0b00111,0b11110};
byte g [8] =
{0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b11000,0b11000,0b00000};
byte h [8] =
{0b00110,0b00100,0b01000,0b01001,0b01000,0b00100,0b00110,0b00001};
byte i [8] =
{0b00110,0b00111,0b10111,0b11001,0b10001,0b00010,0b00110,0b11000};
byte j [8] =
{0b00000,0b11000,0b11100,0b01100,0b01100,0b01110,0b01110,0b00000};
```

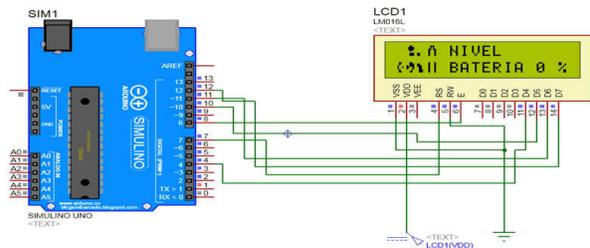


Ilustración 1 Placa ardino (ARCILIA, 2015)

VIII. TECNOLOGIAS UTILIZADAS

La silla de ruedas eléctrica Q100 R está en constante contacto con el entorno tanto en interiores como en exteriores. Gracias a su base de dimensiones ultra compactas y a un radio de giro súper reducido, incluso el espacio más pequeño te parecerá amplio.

Los ajustes de asiento incluyen:

- Profundidad de asiento de 41 a 51 cm
- Ángulo de respaldo: 0°, 4°, 8° y 12°
- Ángulo de asiento: 0°, 3° y 6°
- Ancho de asiento desde 42 a 54 cm
- Protector lateral ajustable en profundidad 5 cm
- Altura de reposabrazos 23 a 30,5 cm



Ilustración 2 Motorizada Q100 R

Para quienes necesitan ayuda para movilizarse o se movilizan de forma independiente, porque sabemos que puedes moverte libremente y no importa si eres un adulto o un niño, si te vas a mover con las manos, los pies o con ayuda de alguien; nuestras sillas están aquí para ayudarte.

Respaldo alto desmontable

Asiento Acolchado y respaldo color negro

Soporte para cabeza acolchado

Ajuste reclinable con soporte

Apoyabrazos abatible

capacidad de 100 kg

Ancho de asiento 46 cm".



Ilustración 3 Reclinable para trabajo pesado

La silla TP es nuestro Bipedestadora totalmente eléctrico. Este modelo está equipado con un sistema de tracción que le permitirá avanzar controlando la silla mediante un joystick, vaya a dónde quiera, cuando quiera.

Cada silla TP es confeccionada a la medida del usuario para asegurar máxima comodidad y seguridad al ponerse de pie; es totalmente diseñada y fabricada en México y se puede personalizar con distintos sistemas de sujeción, respaldos, cojines, etc.

Todos los componentes mecánicos y eléctricos como rodamientos, frenos, ejes, motores y baterías que se incorporan al diseño cuentan con certificaciones de calidad o conformidad ISO 9001, CE o en su defecto el correspondiente a la NOM.



Ilustración 4 Bipedestadora Eléctrica

La evolución de las sillas de ruedas ha cambiado el estilo de vida de los discapacitados que las necesitan para moverse. La evolución ha sido palpable: desde las pesadas sillas de madera en que se necesitaba la ayuda de otra persona para ir de un sitio a otro, a los nuevos modelos, que suben bordillos y son ultraligeras. Esta evolución técnica ha permitido a las personas con invalidez tener una vida independiente.

Hace sólo cincuenta años la silla de ruedas era un símbolo de esclavitud, de limitación y de barreras; hoy su significado es muy diferente: de autonomía. En cien años, las sillas de ruedas han pasado de ser unas máquinas torpes y pesadas, a convertirse en un vehículo que permite un nivel alto de movilidad, su peso ha descendido notablemente y hasta es capaz de subir bordillos.



Ilustración 5 Para Discapacitados

IX. DISEÑO DE DETALLE

Para los cálculos de la silla de ruedas se tienen en cuenta los siguientes cálculos.

Cálculos de los andenes.

Método para la selección de materiales.

Factor de seguridad.

Cálculo de engranajes.

Cálculo de los escalones.

Dimensiones de la silla.

Calculo de la carga puntual.

Calculo de la viga simétrica.

Calculo de engranajes 2.

Calculo del eje principal y secundarios.

Calculo motor.

Calculo pasador llantas delanteras.

X. SIMULACIÓN

se dio uso del software SolidWorks para someter nuestros diseños a condiciones reales de esta forma aumentar la calidad del producto al tiempo que se reducen los costos de la creación y sus pruebas físicas, de esta forma nos ayudará a saber durante la fase de diseño si el producto funcionará correctamente y la duración que tendrá existen diferentes modelos de simulación como son estática, flujo, movimiento, dinámica y de amortiguación, nosotros nos enfocamos en nuestro proyecto en la simulación estática y algo de movimiento. A continuación, se muestra algunos elementos que se le realzo el análisis estático.

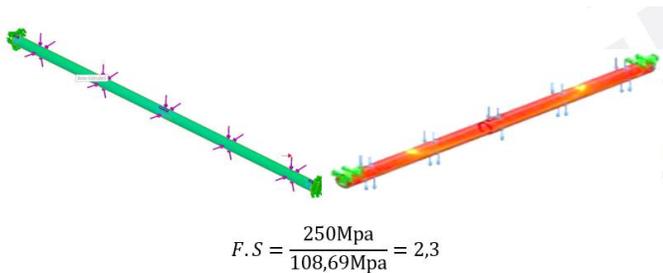


Ilustración 6 Simulación Estático Eje principal.

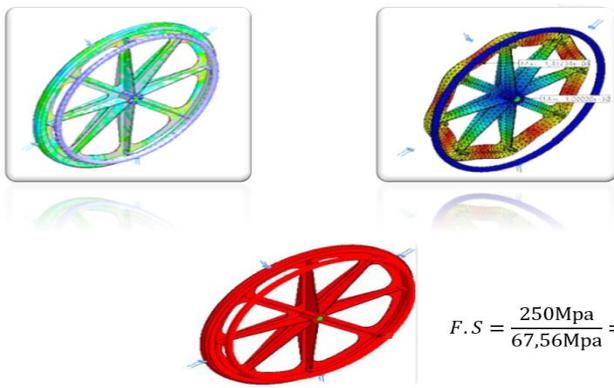


Ilustración 7 Simulación Estático Rueda.

Partes del cuerpo	Cantidad	Masa (Kg)	Peso (N)
Cabeza	1	7	68,6
Tronco	1	50	490
Brazos	2	11	107,8
Piernas	2	10,1	98,9
Total			765,38

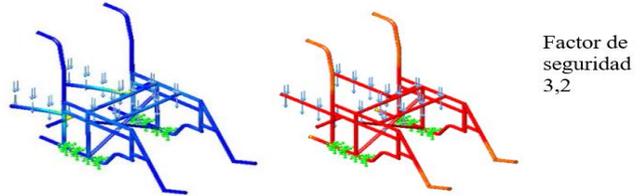


Ilustración 8 Análisis Estático Chasis.

XI. RESULTADOS

Como se evidencia en la ilustración 9 se realizó una investigación con el fin de encontrar el porcentaje de error haciendo una tabla comparativa, encontrando así el menor valor el cual es 5.4 y el mayor valor el cual es 8.6, esto nos indica que en el proyecto contamos con una confiabilidad para una futura construcción.

Tabla comparativa resultados por simulación estático y cálculo

Elementos	Factor de seguridad simulación estático	Factor de seguridad por calculo	% De Error
Eje principal	2,3	2,1	8,6
Ruedas	3,7	3,5	5,4
Estructura chasis	3,2	3	6,2

Ilustración 9 Tabla comparativa resultados por simulación estático y cálculo.



Ilustración 10 Diseño Final.

Para obtener resultados, se hace uso del programa SolidWorks donde se desarrolla una simulación estática, en algunos elementos de la silla de ruedas como son la estructura, el eje principal, la rueda, los engranajes una simulación virtual con cargas comunes de trabajo como es el peso de un paciente, la fuerza necesaria para subir un andén, el torque que se presenta en el mecanismo. Para lo cual se obtuvo resultados favorables

ya que las cargas y esfuerzos que nos entrega como resultado en cada punto son muy bajas y el acero seleccionado presenta una alta resistencia, por lo cual no abran fallas en el sistema mecánico, como fracturas, elongaciones o pandeo del material. Todo esto lo podemos observar en cada simulación estática que se realizó a lo largo de la investigación, donde se demuestra mediante imágenes y diferencia de colores cual es el punto más propenso a fallar y cuales la carga o esfuerzo que se encuentra en él, toda esta información la obtenemos gracias a SolidWorks cual nos ayuda a facilitar nuestro trabajo y entregar un proyecto total mente confiable.

XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se concluye que, con el avance de la industrialización y automatización de diferentes productos de uso cotidiano, como en este caso la silla de ruedas, va a existir un gran mercado de personas interesadas en la adecuación de este sistema ya que su costo es más bajo, por lo tanto, es más exequible y el funcionamiento que ofrece es al igual de eficiente que las sillas de ruedas automáticas más costosos del mercado.

- Se puede concluir que el sistema de automatización por sistema y el circuito de control es adecuado para que lo maneje desde un niño hasta un adulto mayor sin ninguna complicación ya que el sistema de mando por joystick o palanca de mando es de sencilla interpretación y lógica.

- Podemos concluir que la silla cuanta con las cubiertas y seguridad necesaria para evitar el contacto directo con el mecanismo y así se pueda evitar accidentes con el paciente que transite en esta silla y con terceros que puedan estar cerca de la misma.

Se recomienda:

- Cuando se impelente la silla de ruedas que baje y suba andenes, es necesario capacitar al cliente para no tener complicaciones al momento de desarrollar la función de la silla de ruedas.

- La silla está diseñada para soportar un peso de 100 kilos, por consiguiente, se debe evitar sobrecargas para impedir complicaciones.

- Se recomienda la revisión diaria del engrane para que el funcionamiento no se interrumpa por falta de engrase, lo que afectaría al movimiento mecánico.

- Para la limpieza de la silla se recomienda hacerlo con un paño de agua y engranaste, teniendo en cuenta que en las calles hay mucho polvo y se puede adherir a la palanca, ruedas, estrella y engrane lo cual con el tiempo va a bajar su rendimiento en los materiales y el mantenimiento se reduce.

XIII. REFERENCIAS

- AAT. (2015). Sistema trepador de escaleras. file:///C:/Users/PC/Dropbox/Mi PC (DESKTOP-RRIH1Q0)/Downloads/bda_c-max_u1_120_es.pdf
- Abdul Ghani, N. M., Tokhi, M. O., Nasir, A. N., & Ahmad, S. (2012). Control of a stair climbing wheelchair. *IAES International Journal of Robotics and Automation (IJRA)*, 1(4), 203–213. <https://doi.org/10.11591/ijra.v1i4.795>
- Aguilar, J. M. D. de. (2012). Silla de ruedas de bajo presupuesto capacitada para subir tramos escalonados. 110. <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/16933>
- Alcaldía de Pasto. (2019). Plan territorial de salud municipio de Pasto 2020-2023. In *Alcaldía de Pasto* (Vol. 53, Issue 9).
- Correa, L., & Castro, M. (2016). Discapacidad e Inclusión Social en Colombia. Informe alternativo de la Fundación Saldarriaga Concha al Comité de las Naciones Unidas sobre los derechos de las personas con discapacidad. In *Editorial Fundación Saldarriaga Concha*. https://www.saldarriagaconcha.org/wp-content/uploads/2019/01/pcd_discapacidad_inclusion_social.pdf
- DANE. (2020). Personas con discapacidad, retos diferenciales en el marco del covid-19. Dane, 1–9. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/2020-Boletin-personas-con-discapacidad-marco-COVID-19.pdf>
- Egea, C. G., & Sánchez, A. S. (2003). Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad. In *Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and Practice* (Vol. 28, Issue 2). <https://doi.org/10.1111/1468-0440.00224>
- Gorgues Zamora, J. (2005). Selección y adaptación de sillas de ruedas convencionales. *Offarm: Farmacia y Sociedad*, 24(8), 148–152.
- MINCIT. (2005). ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO. EDIFICIOS, ESPACIOS URBANOS Y RURALES. SEÑALIZACIÓN.



<https://www.mincit.gov.co/ministerio/ministerio-en-breve/docs/4144.aspx>

Minsalud, M. de S. (2013). ABECÉ DE LA DISCAPACIDAD ¿Qué es discapacidad? Ministerio de Salud.

<https://doi.org/10.1038/nrmicro2368Biology>

Tao, W., Xu, J., & Liu, T. (2017). Electric-powered wheelchair with stair-climbing ability. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(4), 1–13.

<https://doi.org/10.1177/1729881417721436>

XSTO. (2010). XSTO Stair Climbing Hand Truck. (2010). https://xstoclimbers.com/products/powered-stair-climbers/?gclid=Cj0KCQjww4OMBhCUARIsAILNdv634NqcORp1lZHGIv5YxNkLaf2B-bPm5ju_yWo7ls4Fuq83viM7RGwaAlSeEALw_wcB

PROHIBIDA SU COPIA