



DISEÑO DE UN ASCENSOR ASISTIDO PARA USUARIOS DE SILLA DE RUEDAS

DESING OF ASSISTIVE LIFT FOR WHEELCHAIR USERS

 *Geraldo César Rosário de Oliveira*¹

 *Víctor Orlando Gamarra Rosado*²

 *Carlos Aléxis Alvarado Silva*³

 *Fernando de Azevedo Silva*⁴



Fecha de recepción : 13/06/2021

Fecha de aprobación : 08/08/2021

Resumen

El objetivo de este trabajo consiste en proponer y diseñar un ascensor asistido de uso personal, según las normas de accesibilidad de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas ABNT NBR ISO 9386-1 y ABNT NBR 9050, con costo accesible. Este ascensor utiliza el mecanismo tuerca husillo y es accionado por un motor eléctrico. Debe alcanzar la altura máxima de cuatro metros (4 m) y ser utilizado por un usuario de silla de ruedas junto con un acompañante, teniendo en cuenta las normas técnicas. También se realiza un breve análisis estructural de la base de la cabina usando herramientas computacionales de elementos finitos.

Palabras Claves: Ascensor Asistido, Usuario de Silla de Ruedas, Personas Mayores y/o Discapacitadas.

Abstract

The objective of this work is to propose and design an assistive elevator for personal use, according to the accessibility standards of the Brazilian Association of Technical Standards ABNT NBR ISO 9386-1 and ABNT NBR 9050, with affordable cost. This lift uses the spindle nut mechanism, and actuated by an electric motor. It should reach a maximum height of four meters (4 m) and be used by a wheelchair user together with an accompanying person, taking into account the technical standards. A brief structural analysis of the base of the cabin is also carried out using finite element computational tools.

Key words: Assistive Lift, Wheelchair User, Elderly and/or People With Disabilities.

1. Introducción

El número de personas con discapacidad (PcD) ha aumentado en todo el mundo y principalmente en Brasil, motivo de gran preocupación. El Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) indica que los accidentes en la construcción civil y los de tránsito son los principales causantes para esta estadística. Y se estima que aproximadamente 45,6 millones de brasileños tienen algún tipo de

1 Maestría en Ingeniería Mecánica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Guaratinguetá, São Paulo, Brasil, geraldo.arquivos@gmail.com, Orcid <https://orcid.org/0000-0001-6357-7454>.

2 Doctor en Ingeniería Mecánica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Guaratinguetá, São Paulo, Brasil, victor.rosado@unesp.br, Orcid <https://orcid.org/0000-0001-8319-7897>.

3 Maestría en Ingeniería Mecánica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Guaratinguetá, São Paulo, Brasil, carlos.alvarado@unesp.br, Orcid <https://orcid.org/0000-0002-3588-8869>.

4 Doctor en Ingeniería Mecánica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Guaratinguetá, São Paulo, Brasil, fernando.azevedo@unesp.br, Orcid <https://orcid.org/0000-0003-1986-4418>.

discapacidad. También, indica que aproximadamente 5,6 millones utilizan silla de ruedas como forma de locomoción, de forma temporaria o permanente. Y pocos son los locales adaptados para facilitar el acceso de las personas mayores y/o con discapacidad, usuarias de silla de ruedas, aun conociendo la Ley Federal 5296/2004, que trata de la implantación de accesibilidad en los espacios públicos.

Brasil está lejos de ser un ejemplo en la atención dispensada a personas con discapacidad. Pero hay progresos en ese campo, lo que ha revelado un gran mercado, y con grandes oportunidades en diversos segmentos. Por ejemplo, en el desenvolvimiento de productos asistidos conforme normas de seguridad, y, además, conociendo el perfil y las necesidades de la PcD, aumentan las posibilidades de éxito de quien atiende a este público [1, 2]. Entre los obstáculos encontrados con mayor frecuencia están las construcciones antiguas y también los pequeños edificios, que generalmente utilizan solamente escaleras, y ante esta situación la solución indicada es el uso de ascensor.

Se espera que se presente la justificación del trabajo, expresando la necesidad de desarrollar una solución (Metodología, técnica, proceso, modelo, ecuación, etc.) al problema planteado por qué no hay soluciones planteadas, o por que las soluciones no son satisfactorias, o por la importancia, o por las consecuencias negativas que trae el problema.

En el mercado latinoamericano se encuentran plataformas de elevación, pero la gran mayoría de las PcD que utilizan silla de ruedas no pueden adquirir este producto debido al elevado costo de adquisición y mantenimiento, ya que éste es un producto importado [3,4]. También, existen esbozos de una plataforma de accesibilidad, y que se desplaza sobre rieles a lo largo de la escalera [5, 6]. Una búsqueda de patentes y diseños industriales mediante la herramienta de Patentes de Google demuestra que existen dos ramas diferenciadas en relación al tema abordado: ascensores adaptados para discapacitados y ascensores residenciales accionados por husillos:

- Los ascensores para discapacitados son ascensores como se ven en edificios comerciales con adaptaciones en el modo de control y herramientas de accesibilidad como asientos o entrada de comando modificada y se pueden ver en las patentes con los términos resultantes: "Ascensor para discapacitados y su método de control de ascensores"; " Ascensor para discapacitados"; "Dispositivo elevador para personas discapacitadas y método de conducción del mismo".
- Los ascensores residenciales son ascensores diseñados con carga reducida y ciclo de operaciones más corto, con maquinaria más grande que se utiliza de manera no asistida y operada por un sistema de husillo se ven en las patentes con los términos resultantes: " Disposición aplicada en ascensor residencial"; " Ascensor residencial de tornillo"; "Ascensor residencial"; " Ascensor residencial con husillo"; " Ascensor residencial de un solo husillo".

Por tanto, el objetivo de este trabajo trata del estudio y desenvolvimiento preliminar de un ascensor asistido para usuarias de silla de ruedas, sean personas con discapacidad y/o con dificultades de movilidad. Este proyecto debe seguir las normas técnicas ABNT NBR 9050 y NBR ISO 9386-1, respectivamente, de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas [7, 8], para usuarios de silla de ruedas, y que sea barato y de fácil adquisición. El ascensor debe utilizar el mecanismo conocido como tuerca husillo, un sistema que parece ser complejo a primera vista, con principio de funcionamiento bastante simple y actuado por un motor eléctrico. Y para finalizar, además de especificar y diseñar los componentes mecánicos del ascensor, el mecanismo y la motorización, también se realiza un breve análisis estructural de la base de la cabina usando herramientas de elementos finitos [9-11].

2. Ascensores en el Mercado Latinoamericano

Existe una variedad de ascensores con diversos sistemas de operación. Entre ellos, el modelo que utiliza cable de acero, ampliamente utilizado para fines comerciales, y con instalación compleja visto que hay la necesidad de espacio para la casa de máquinas [12]. También hay el ascensor hidráulico, que funciona con una bomba hidráulica, utiliza mangueras que soportan alta presión, y desplaza la cabina, como se muestra en la figura 1(a). Entre las ventajas de este modelo están la ubicación de la unidad hidráulica, que puede estar distante de la cabina del ascensor, diferente de los otros modelos que necesitan una casa de máquinas encima del lugar de instalación, conforme la figura 2(b). Así, el modelo hidráulico es el más utilizado para pequeños cursos y con mayores opciones en el mercado, así como puede ser instalado en lugares no accesibles para los otros modelos. Entre las desventajas, se tiene el

mayor consumo de energía con relación a los otros modelos, debido a las pérdidas de carga en las mangueras y pérdidas mecánicas que ocurren en la bomba. También, se debe considerar el mantenimiento y la sustitución periódica del aceite y mangueras, lo que genera residuos y probables impactos ambientales, principalmente si el descarte del aceite es incorrecto.

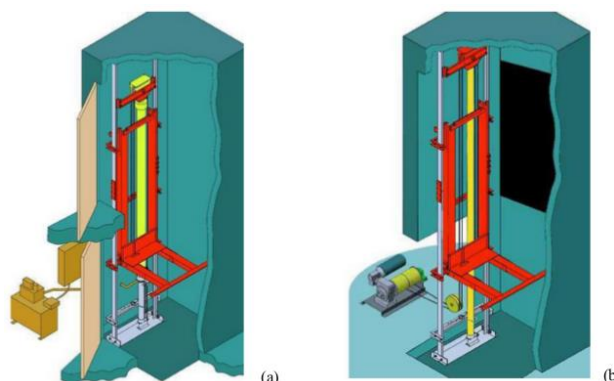


Figura 1. (a) Ascensor hidráulico. (b) Sistema de elevación con tambor de cable.
Fuente: Adaptado de www.tothetopelevators.com.

3. Ascensor Asistido

El modelo del ascensor asistido que se propone en este estudio es diferente de los otros modelos porque utiliza el mecanismo tuerca husillo, y tiene menor número de componentes en la transmisión. Este sistema además de tener bajo costo de mantenimiento, todos los componentes de reposición existen en el mercado. La principal característica de este ascensor es que, los desplazamientos verticales tanto de elevación como de retroceso durante las paradas son nulas, debido a que existe un bloqueo automático generado por la fricción del sistema tuerca husillo, característico en los perfiles cuadrado y trapezoidal. Así, este sistema no utiliza freno en el motor. Y el accionamiento del ascensor puede darse por medio de moto reductores, motores eléctricos, hidráulicos, neumáticos o manualmente. Así, se definen los requisitos y parámetros que deben ser atendidos en el proyecto del ascensor asistido, como, las normas técnicas de la ABNT que tratan de la motorización de plataformas de elevación para accesibilidad en espacios urbanos y residenciales [7]. El modelo, la perspectiva del ascensor y los componentes se muestran en la figura 2(a); y el mecanismo tuerca husillo, en la placa trasera de la cabina donde se fija la tuerca y los cojinetes guías donde se deslizan las barras del ascensor se muestran en la figura 2(b).

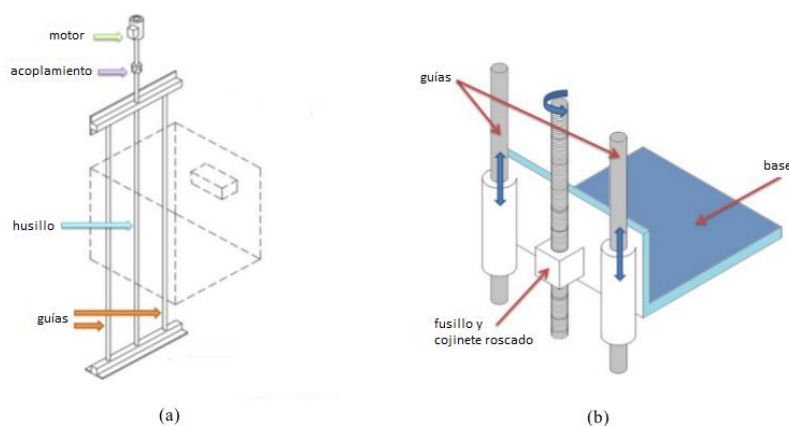


Figura 2. (a) Ascensor, husillo y guías, (b) Mecanismo de elevación, husillo, cojinete roscado y la base.

4. Parámetros del proyecto

El ascensor se caracteriza porque debe tener uso exclusivo para accesibilidad y no debe ser utilizado para atender el tránsito normal. Por lo tanto, se debe especificar la periodicidad de uso del ascensor por el usuario de silla de ruedas [13]. Además, se destaca el requisito de la menor área para su instalación y, así, la viabilidad en ser adaptado en cualquier inmueble. Otro requisito, es la altura máxima de desplazamiento que es de cuatro metros (4 m) y solamente ser utilizado por el usuario de silla de ruedas con un acompañante. El dimensionamiento atiende las normas técnicas ABNT NBR 9050: Accesibilidad a edificaciones, mobiliario, espacios y equipamientos urbanos; y ABNT NBR 9386-1: Plataformas de elevación motorizadas para personas de movilidad reducida – Parte 1: Plataformas de elevación vertical [7,8]. De esta manera, se definen los parámetros antropométricos según el Módulo de referencia (MR) de la norma NBR 9050, que dice: "Se considera como MR la proyección de 0,80 m x 1,20 m (0,96 m²) área del piso, ocupada por el usuario de silla de ruedas". El MR es el área mínima necesaria para la base de la cabina del ascensor. Entretanto, se debe considerar también la necesidad del acompañante, así el área debe ser modificada según la norma ABNT ISO 9386-1, que dice:

- "Se recomienda que las dimensiones del piso de la plataforma, para acomodar una silla de ruedas estándar ISO, sean iguales o mayores que aquellas definidas conforme la tabla 1";
- "El área de la base de la plataforma no puede ser mayor de 2 m²".

Así, de las normas y la tabla 1, se adoptan las dimensiones, 1,4 m x 1,4 m para la base del ascensor. Área igual a 1,96 m², menor que 2 m², área mínima para la utilización de un usuario de silla de ruedas con más un acompañante, lo que atiende a unos de los requisitos.

Tabla 1

Dimensiones mínimas de la plataforma

Uso principal	Dimensiones mínimas [mm]	Área [m ²]
Cuando las puertas están a 90° entre sí (acompañando al lado de la silla de ruedas)	1.100 x 1.400	1,54
Escolta de pie detrás del usuario en silla de ruedas.	800 x 1.600	1,82
Solo para usuarios, tanto de pie como en silla de ruedas	800 x 1.250	1,0

Fuente: Adaptado de ABNT ISO 9386-1.

También se especifican otros dos parámetros importantes, conforme la norma ABNT [8], que dice: "la velocidad nominal de la plataforma debe ser menor o igual a 0,15 m/s; y la carga nominal del ascensor no podrá ser inferior a 250 kg". Así, los parámetros especificados son:

- Velocidad del ascensor: 0,15 m/s;
- Carga mínima: 250 kg;
- Área de la base del ascensor: 1,4 m x 1,4 m = 1,96 m².

5. Especificación del Husillo

Para el dimensionamiento y especificación del husillo se utiliza el Catálogo de husillos trapezoidales A.T.I. [14]. Se considera la altura máxima de desplazamiento, igual a cuatro metros (4m). Como, se debe considerar la capacidad de carga superior a 300 kg. Para esto, se considera aproximadamente el peso de la estructura de la cabina de 150 kg, y se adiciona la carga nominal del proyecto (250 kg, previsto en la norma), así, la Carga máxima que se especifica es 440 kg. Del catálogo A.T.I. [14], con el valor de la carga máxima se obtiene el Torque máximo igual a 33,28 Nm (3,47 kgf.m). Y de esta manera, se especifica el Husillo TR40x7, con rosca trapezoidal. Las características son, Diámetro: 40 mm, Rendimiento: 0,37, Carga máxima: 440 kg, Momento torsor necesario en la subida: 33,28 Nm, y Longitud: 4 m. Del catálogo, con el diámetro del husillo (40 mm) y el tipo de rosca

trapezoidal, es posible obtener el código de compra BMTR40X4000, que indica el sentido de la rosca a la derecha (comúnmente utilizada) y las especificaciones:

- Diámetro = 40 mm;
- Paso = 7 mm;
- Longitud L = 4 m;
- Peso = 32,28 kg.

También hay informaciones de la fabricación del husillo especificado: Acero 11SMnPb37 con resistencia de 460 MPa y Dureza HB120. La Tuerca también se especifica, y se utiliza el diámetro y el paso del husillo. Así, la tuerca debe ser de material con desgaste mayor que el husillo, y por este motivo, el material de la tuerca debe ser: Bronce (CuSn12) UNI 701372. Se destaca que, la principal característica del husillo es el Autobloqueo y se verifica con la ecuación 1,

$$\mu \geq \left(\frac{L_a}{\pi d_p} \right) \cos \alpha \quad (1)$$

Donde, el coeficiente de fricción (μ) debe ser mayor o igual que la expresión dada por el avance L_a , el diámetro primitivo d_p , y el ángulo de la rosca α . Se sabe que, "el coeficiente de fricción entre el husillo y la tuerca lubricada es $0,15 \pm 0,05$ ". Sustituyendo los valores el resultado es, $0,15 \geq 0,058$. Lo que verifica la característica de auto-bloqueo del husillo especificado [15].

6. Especificación del Motor

Para especificar el actuador se utiliza el Catálogo de motores WEG [16]. Se utilizan los datos del husillo especificado: carga máxima (440kg) y longitud total (4m); y la ecuación 2 para el cálculo del trabajo para mover el ascensor:

$$W = f \times L \quad (2)$$

donde, f es la carga máxima y L es la longitud del husillo. Así, $W = 17.600 \text{ Nm}$.

Con la longitud del husillo (4 m), velocidad (0,15 m/s), y el rendimiento de la transmisión (0,37) se obtiene el tiempo que la tuerca lleva para recorrer el husillo: $t = 27 \text{ seg}$. La Potencia mecánica se obtiene de la ecuación 3,

$$P_{mec} = (f \times L)/t \quad (3)$$

Y usando el rendimiento de la transmisión $\eta=0.37$, se obtiene la potencia del motor igual a 2,4 cv. Con este valor se usa el Catálogo de motores WEG, y se considera el valor más próximo que es 3 cv. Así, se especifica y selecciona el motor, Modelo TFVE - B14D, que tiene las características:

- Potencia: 2.2 kW (3 cv);
- Conjugado nominal: 2,48 kgf.m, que corresponde al 100 %;
- Torque requerido para la subida del ascensor: 3,47 kgf.m que representa el 140 %;
- El motor puede generar un momento torsor máximo de 5,62 kgf.m que corresponde a 229%.

7. Especificación del Acoplamiento

Para la transmisión de potencia entre el motor y el husillo se deben utilizar acoplamientos elásticos, que son elementos mecánicos que sirven para absorber o reducir sobrecargas y vibraciones [17], que ocurren principalmente en el arranque o en la parada del ascensor debido a la inercia del sistema. Y de esta forma, evitar daños en el husillo, y también evitar un mínimo de desalineación del mecanismo [15]. Se utiliza el Catálogo de acoplamientos elásticos Madeflex GR con garras, y para esto, se selecciona el

Factor de servicio F_s en función del tipo de máquina accionada [17]. Después, se selecciona el Factor de servicio F_t en función del número de horas por día que el sistema trabaja. Y finalmente, el Factor de servicio F_p en función del número de partidas por hora. Estos factores seleccionados se utilizan para calcular el Factor de servicio F_c dado por la ecuación 4:

$$F_c = F_s \times F_t \times F_p \quad (4)$$

Con los factores seleccionados se obtiene, $F_c = 2 \times 0,9 \times 1 = 1.8$. Con este dato y con la potencia del motor (cv), se especifica el acoplamiento. En el catálogo, referente al motor con 08 polos, el valor del factor de servicio F_c está entre 1,5 y 2. Así, se especifica el valor $F_c = 2$. Y junto con la potencia del motor (3 cv), y se especifica el acoplamiento elástico GR 082 [17]. Sin embargo, del catálogo y la figura 3, se observa que las dimensiones del acoplamiento especificado GR 082 tienen diámetro $f_{\text{máx.}} = 38\text{mm}$, y el diámetro del husillo especificado es 40 mm. Por tanto, para atender los parámetros del proyecto, se especifica el modelo de acoplamiento GR 097, el cual acepta diámetro con, $f_{\text{máx.}} = 45\text{mm}$.

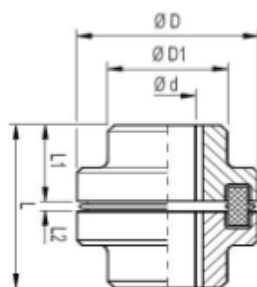


Figura. 3. Acoplamiento elástico.
Fuente: Adaptado de Madeflex GR.

8. Especificación del Rodamiento

Para especificar el rodamiento, se utiliza el Catálogo de rodamientos NSK [18] junto con la ecuación 5 de la Capacidad de carga dada por:

$$C = \frac{f_h \times P}{f_n} \quad (5)$$

Donde, f_h es el coeficiente de vida de la máquina, P es la carga en el rodamiento, y f_n es el coeficiente de velocidad. Del husillo especificado, se utiliza la carga máxima que actúa en el rodamiento axial (440 kg) más el peso del husillo (32,28 kg), igual a 4.722 N. El Coeficiente de vida f_h en función de la aplicación, es 4. El coeficiente de velocidad f_n a partir del número de revoluciones máximas del husillo (217 rpm) y el tipo de rodamiento axial de bolas. Así, el valor de f_n es 0,55 [18]. De esta forma, se obtiene la Capacidad de carga dada por, $C = 34.348 \text{ N}$.

De la tabla 2 y la figura 4, respectivamente, y con la capacidad de carga (34.348N) más el diámetro interno (40 mm), se especifica el Rodamiento axial de bolas 51208, con capacidad de carga lo suficiente para atender los requisitos del proyecto.

Tabla 2

Datos del rodamiento axial de bolas NSK.

d	dimensiones (mm)					capacidad de carga básica (N)				límite de rotación (rpm)		
	D	T	T ₃	T ₄	r _{min.}	C _a	C _{0a}	C _a	C _{0a}	grasa	aceite	asiento plano
40	60	13	—	—	0.6	27 100	63 000	2 770	6 400	3 600	5 300	51108
	68	19	20.3	23	1	47 500	98 500	4 850	10 000	2 800	4 300	51208
	78	26	28.5	31	1	70 000	135 000	7 100	13 700	2 200	3 400	51308

Fuente: Adaptado de NSK.

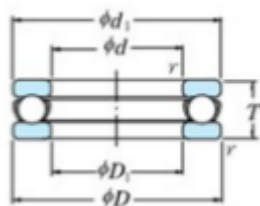


Figura. 4. Diseño del rodamiento axial de bolas NSK.
Fuente: Adaptado de NSK.

Los fabricantes proporcionan varios formatos para el extremo del husillo, por lo que se puede elegir la mejor configuración en el montaje del rodamiento axial en el extremo del husillo, según dimensiones especificadas, y que mejor se adapte en este proyecto.

10. Análisis Estructural

Se realiza un breve estudio analítico y numérico teniendo en cuenta las cargas que actúan en la cabina, así como los esfuerzos que actúan en el husillo y el comportamiento de la base en relación a la deflexión. Para esto, se utiliza el Criterio de Fallo de Von Mises, y se realizan simulaciones usando los softwares Autodesk Fusion y Ansys.

10.1. Tensiones actuantes en el husillo

En el husillo actúan dos tipos de esfuerzos simultáneamente: la compresión generada por el peso de la cabina y la torsión generada por el motor cuando opera el sistema, conforme la figura 5.

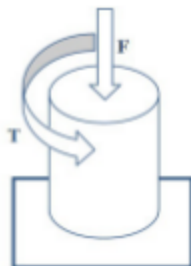


Figura. 5. Esfuerzos que actúan en el husillo.

La tensión de compresión en la vertical (σ_y) se calcula con la ecuación 6, y para esto se considera la carga máxima (440 kg) y el peso del husillo (32,28 kg) [14], donde, F es la fuerza de compresión y d es el diámetro del husillo, respectivamente. Así,

$$\sigma_y = \frac{4F}{\pi d^2} \quad (6)$$

La tensión cortante (τ) se obtiene usando la ecuación 7. Se utiliza el máximo momento torsor realizado en el husillo, que ocurre en la subida del ascensor y especificada por el fabricante con el valor de 33,28 Nm,

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (7)$$

Donde, T es el momento torsor que actúa en el husillo; e d es el diámetro del husillo. Así, $\tau_{xy} = 2,7$ MPa. Para determinar las tensiones máximas se utiliza la ecuación 8, la tensión de compresión (σ_y), y cortante (τ_{xy}), respectivamente, [19],

$$\sigma_1, \sigma_2 = \left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right) \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + (\tau_{xy})^2} \quad (8)$$

Por lo tanto, $\sigma_1=1,4$ MPa, y $\sigma_2=-5,2$ MPa. Con el Criterio de Fallo de Von Mises, de la Máxima Energía de Distorsión [20], se obtiene la tensión según la ecuación 9,

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - (\sigma_1 \times \sigma_2) + \sigma_2^2} \quad (9)$$

Siendo, $\sigma'= 6$ MPa. Y finalmente, se obtiene el Factor de seguridad del husillo n , con la ecuación 10 [21], donde S_e es la tensión de elasticidad del material suministrado por el fabricante. Así, $n = 76,7$. Lo que muestra que el ascensor estará operando con un margen de seguridad bastante suficiente. La Figura 6 ilustra los resultados numéricos obtenidos de la simulación de la carga del husillo utilizando las mismas cargas en el software Ansys. El coeficiente de seguridad obtenido en la simulación fue 15, que es el valor más alto mostrado por el software [22]. El tensión de Von Mises obtenido fue de 9.13 MPa, un 34% más alto que en el método analítico.

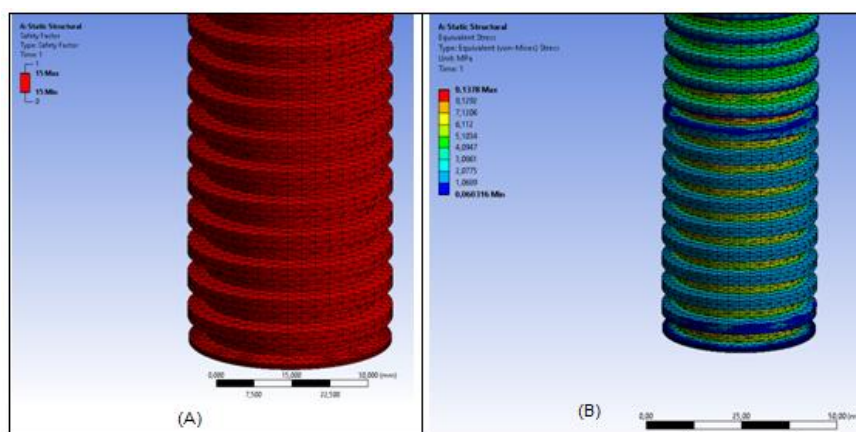


Figura. 6. Coeficiente de seguridad (A) y tensión de Von Mises (B) en el husillo.

10.2. Deflexión en la Base de la Cabina

Se realiza un breve análisis estructural relacionado con la deflexión de la base de la cabina, la cual ocurre debido a los esfuerzos actuantes en el ascensor. Se considera la base de la cabina como una viga engastada y en balance, y se verifica la amplitud de la deflexión que ocurre debido a estas cargas [21].

Tabla 3

Propiedades del Acero 1020.

Módulo de elasticidad	2,07E11	N/m ²
Coefficiente de poisson	0,29	-
Límite elástico del acero	3,52E8	N/m ²

Se realizan simulaciones con los softwares Autodesk Fusion y Ansys, se utiliza como material la Liga de Acero 1020 (ver tabla 3), conocido comercialmente como Metalon. Así como, se aplica en la base de la cabina en reposo la carga de 250 kg, y de esta forma se obtienen las tensiones que actúan en la estructura. Como se esperaba, se observa que cuanto mayor sea el número de elementos de barras de Metalon con perfil rectangular (50 mm x 30 mm) fijados en la base de la cabina, menor la deflexión de las extremidades, opuestas al engaste de las barras. Así, después de varias simulaciones se decide utilizar siete (07) barras en la base de la cabina, y aun así, se observa que ocurre en la base una deflexión de 3,80 mm conforme figura 7. Cuantas más barras en la base, mayor será el peso de la cabina. Y la carga máxima en el husillo no puede exceder los 440 kg, según las especificaciones. Así, la solución fue agregar a la base, dos barras verticales de Metalon aumentando el área de engaste de la base y soporte lateral de la cabina conforme figura 8. También se observa, que los cojinetes de deslizamiento en conjunto con el husillo restringen la deflexión del extremo de la cabina.

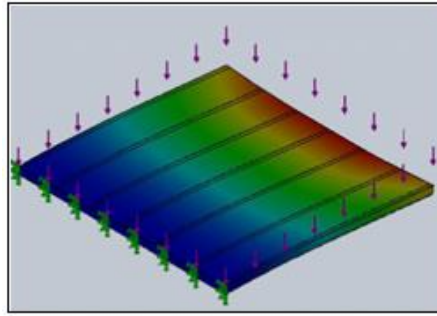


Figura. 7. Deflexión en la base da cabina.

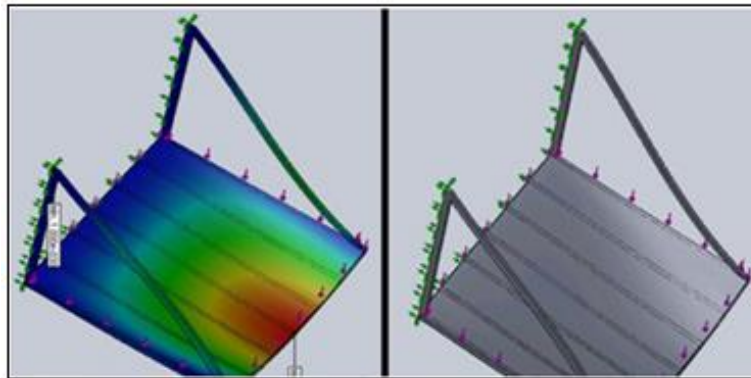


Figura. 8. Base modificada de la cabina.

Con las modificaciones realizadas en la base de la cabina, y utilizando el material especificado, resulta una deflexión aproximada de 0,7 mm (ver tabla 4). Se utiliza aproximadamente 134 kg de Acero 1020 en la base de la cabina (ver tabla 5). Por tanto, considerando la carga de la cabina: 250 kg + 134 kg = 384 kg, lo que equivale al 87,3 % del límite máximo de carga del husillo que es de 440 kg. De esta manera se atienden a todos los requisitos del proyecto. La simulación base también se realizó con las cargas previstas en el software Ansys. Los resultados obtenidos fueron tensión Von Mises igual a 38,45 MPa y coeficiente de seguridad igual a 6,5 en la base, los cuales se ilustran en la figura 9.

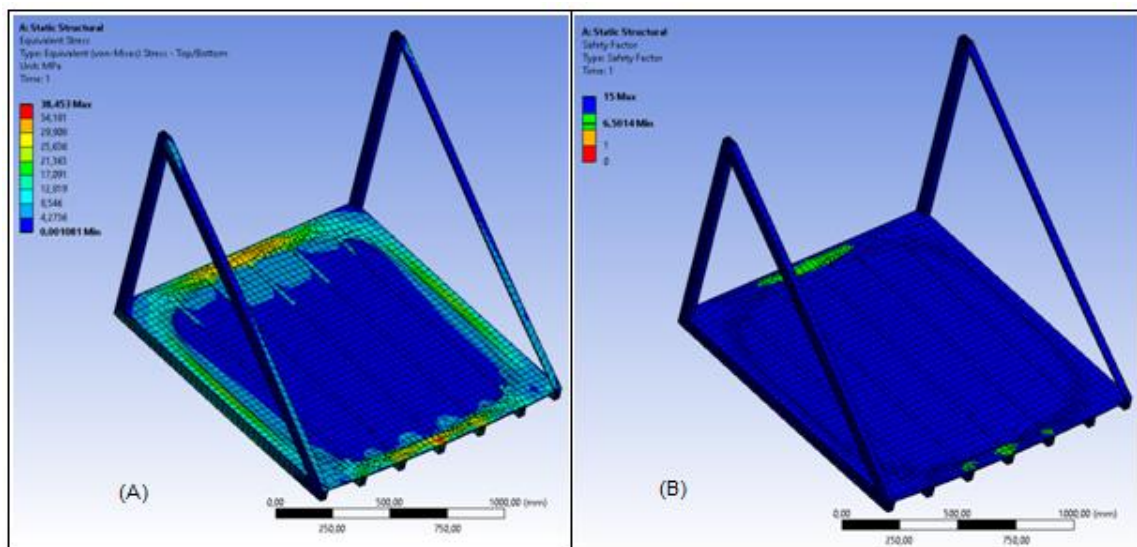


Figura. 9. Tensión de Von Mises (A) y Coeficiente de seguridad (B) en la base.

Tabla 4

Deflexión resultante en la base de la cabina.

Min	Max
0 mm	0,700 mm

Tabla 5

Propiedades de la base y material utilizado.

Material	Masa	Volumen
AISI 1020	133,951 kg	0,00169 m ³

11. Conclusiones

El objetivo de este estudio que consiste en diseñar y dimensionar un ascensor asistido de uso personal [8] para personas usuarias de silla de ruedas, y que sea de fácil adquisición por parte de la población de bajos ingresos fue atendido. El ascensor asistido es ilustrado na figura 10 y utiliza un motor eléctrico junto con un mecanismo tuerca husillo. Todos los componentes mecánicos del ascensor asistido son especificados según normas técnicas. También, se realiza un análisis estructural de la base de la cabina usando herramientas de elementos finitos. Y la altura máxima para la cual será utilizado son cuatro metros (4m) y sólo deberá ser utilizado por un usuario de silla de ruedas junto a un acompañante. Por lo tanto, el estudio contribuye con la reducción de barreras impuestas a las PcD, y entre las principales ventajas de este modelo de ascensor está su costo, simplicidad, seguridad, fácil mantenimiento, no necesitar casa de máquinas, y su instalación viable en residencias con espacio limitado. En el análisis estructural se obtiene un cálculo bastante aproximado de la masa de la cabina, lo que justifica el material de construcción a ser utilizado. Y se verifica la importancia de estos factores en la especificación de la carga máxima del husillo y el costo de producción relacionado con los tubos utilizados en la estructura de la cabina. Existe la posibilidad de uso de otros materiales en la construcción de la cabina, tales como aluminio, plástico o acrílico, teniendo en cuenta la reducción de peso que restringe el torque y la potencia necesaria para el funcionamiento del ascensor. También se evidencia que el precio de fabricación e instalación del ascensor se muestra competitivo, según la estimación del presupuesto, visto los elevados costos en el mercado nacional [23]. Según [23] el costo de este equipo con la instalación varía entre 2.000 y 3.000 dólares y el equipo comercial varía de 5.000 a 12.000 dólares en Brasil.

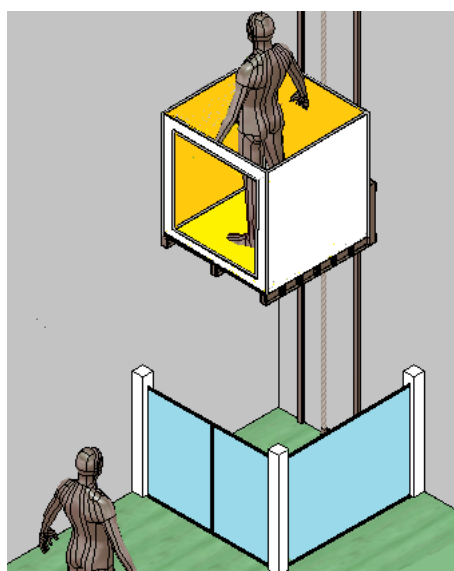


Figura 10. Ascensor asistido.

Agradecimientos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referencias

- Cohen, R.; Duarte, C. R. Segregação e Exclusão Sócio Espacial: A questão dos portadores de deficiência física. In. Anais do VI Encontro Nacional da ANPUR, Brasília, 1995.
- Roque, W. Livre de preconceitos. Oportunidades de negócios PE&GN. Editora Globo, No 175, São Paulo, p. 32-33, Agosto 2003.
- Concord Elevator. Stair lifts and chair lifts. [Citado enero de 2001]. Disponible en: <http://www.concordelevator.com>
- Garaventa: Stair Lifts – Inclined platform. [Citado enero de 2001]. Disponible en: <http://www.garaventa.ca>
- Gamarra Rosado, V. O. Concepção e dimensionamento de equipamentos assistivos para PcD no ensino do curso de Engenharia Mecânica. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Brasília, 2004.
- Gamarra Rosado, V. O.; Guimarães Filho, A. C. Concepção preliminar de uma plataforma de acessibilidade para usuários de cadeira de rodas. In: III Workshop Cooperação Universidade Empresa, Taubaté-SP. UNITAU, UNEM 2007.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9386-1: plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - requisitos para segurança, dimensões e operação funcional. Parte 1: Plataformas de elevação vertical. Rio de Janeiro, 2013.
- Lanoue, F., Vadean, A., & Sanschagrín, B. (2009). Finite element analysis and contact modelling considerations of interference fits for fretting fatigue strength calculations. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 17(10), 1587–1602. doi:10.1016/j.simpat.2009.06.01710. AutoCAD Software. Autodesk . 2000.
- Provenza, F. Projetista de Máquinas: Protec. 71 Ed. São Paulo: 1996.
- EHLS Elevators, lifts, accessibility. Disponible en: <http://www.tothetopelevators.com/residential-elevators-liftingsystems>
- Montele Elevadores. Elevadores e normas de acessibilidade. Disponible en: <http://www.montele.com.br>
- A.T.I. Brasil. Artigos técnicos industriais. Disponible en: <http://www.atibrasil.com.br/categoria-produto/fusos-eporcas-trapezoidais/barras-roscatrapezoidal>
- Norton, R. L. Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. 4. ed. Porto Alegre: Bookman Ed, 2013.
- WEG Motores. [Citado enero de 2001] Disponible en: <http://www.weg.com.br>
- MADEFLEX Acoplamento. Disponible en: <http://pt.scribd.com/document/328396633/Catalogo-AcoplamentoMADEFLEX>
- NSK. Motion and Control. Rolamentos. Disponible en: [http://www.nsk.com.br/upload/file/Cat%20A1logo%20Geral%20NSK\(1\).pdf](http://www.nsk.com.br/upload/file/Cat%20A1logo%20Geral%20NSK(1).pdf)
- Beer, F. P.; Johnston Junior, E. R. Mecânica vetorial para engenheiros: estática. 5. ed. Rio de Janeiro: Makron Books, 1999.
- Shigley, J. E.; Mischke, C. R. Projeto de engenharia mecânica. Rio de Janeiro: Bookman, 2005.
- Gere, J. M.; Goodno, B. J. Mecânica dos materiais. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- AL-KHAZRAJI, Kahtan; KADHIM, Jawad; AHMED, Payman Sahbah. Tensile and fatigue characteristics of lower-limb prosthetic socket made from composite materials. In: Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey. 2012. p. 847-852.
- G.C.R. Oliveira; F.A. Silva; V.O.G. Rosado. Modelagem e simulação de um elevador assistivo residencial. Anais do 3º Workshop de Engenharia Mecânica e de Produção: Energia, materiais, projetos, gestão e otimização, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP, 01-02 de outubro de 2019, Guaratinguetá, Brasil.