



Construcción de una Silla bipedestador para el prototipo móvil “LILIBOT”



Michael Geovanny Morillo Pabón ⁽¹⁾, Ing. Diego Ortiz ⁽²⁾.

geovannymorillo@hotmail.com, dlortiz@utn.edu.ec.

⁽¹⁾ Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica.

⁽²⁾ Tutor de la tesis de grado y coordinador de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

Abstract- According to the National Council for the equality of disabilities (CONADIS) in Ecuador, there are 196.758 people with physical disabilities, from these, 25% have motor immobility at the level of lower limbs. This type of patient has many health problems such as: renal, bone fragility, loss of muscle mass, bedsores, among others. One of the solutions for this problem is the change of sitting position to bipedal. For this reason, we present a new prototype of wheelchair type scooter which contains a system of clamping on the knees and chest, prevents injury at the time of bipedestar. In Addition, the system is coupled to a stabilizer platform that ensure the balance of the chair when standing on sloping surface. With the mentioned prototype persons with paraplegia improve their performance and quality of life; since, the device allows to change sitting position to bipedal and patient improve blood circulation, and their health. In addition, they could reach objects which are in high places. Some experimental test in a male patient with 20 years of disability (paraplegia). For this, a group of engineering and health professionals evaluated the mechanical chair performance and biological reaction of patient. It is concluded that a low pressure occurs when a patient stands on in the points of support (knee and chest), that will not cause side effects, such as fractures. Chair bipedestador could change the position of sitting to bipedal of people with paraplegia to improve their quality of life.

I. RESUMEN

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) en Ecuador existen 196.758 personas con discapacidad física, de los cuales un 25% posee inmovilidad motriz a nivel de extremidades inferiores. Este tipo de paciente posee muchos problemas de salud tales como: renales, fragilidad ósea, pérdida de masa muscular, escaras, entre otras. Una de las soluciones para esta problemática es el cambio de posición sedente a bípeda. Por tal motivo, se presenta un prototipo novedoso de sillas de ruedas tipo scooter que contiene un sistema de sujeción en las rodillas y pecho, que impide lesiones al momento de bipedestar. Adicionalmente, el sistema se encuentra acoplado a una plataforma estabilizadora móvil que garantiza el equilibrio de la silla bipedestadora cuando se encuentra en superficies inclinadas. Con el mencionado prototipo las personas con paraplejía mejoran su desempeño y calidad de vida; ya que, el dispositivo permite cambiar la posición de sedente a bípeda para que el paciente mejore su circulación sanguínea, y su salud. Además, puede alcanzar objetos que se encuentren en sitios altos. Se hicieron pruebas experimentales en un paciente masculino con 20 años de discapacidad (paraplejía). Para ello, un grupo de profesionales de la ingeniería y salud evaluaron el desempeño mecánico de la silla y biológico del paciente. Se concluye que al bipedestar se genera una baja presión en los

puntos de apoyo (rodilla y pecho) que no causarán efectos colaterales, tales como fracturas. La silla bipedestado realizara el cambio de posición de sedente a bípeda de la persona con paraplejía para mejorar su calidad de vida

II. INTRODUCCIÓN

El bipedestadora “LILIBOT” es un proyecto de investigación que mejorara la calidad de vida de las personas con paraplejía de la Asociación Venciendo Barreras de la ciudad de Ibarra, los cuales tienen problemas en el cuerpo como son: úlceras por presión (UPP), problemas endócrinos, alteraciones óseas y la falta de circulación en miembros distales todos estos problemas se mejoran con el cambio de posición sedente a bipedestación mediante la silla bipedestadora. Por lo tanto, mantener la calidad de vida de las personas con paraplejía es una prioridad para el gobierno ecuatoriano, esto encontraremos en la constitución de su Objetivo 3 del Plan Nacional para el Buen Vivir. La silla bipedestadora está orientada por una visión potencial para la Asociación Venciendo Barreras de la ciudad de Ibarra, de acuerdo con las necesidades, los recursos y las diversas experiencias de la población de personas con paraplejía. La máquina ayudará a mejorar las actividades instrumentales de la vida diaria, de una persona parapléjica para que pueda pararse, cambiara las barreras individuales y estructurales que interfieren con su cambio de posición, y brindará beneficios a la persona parapléjica en sus actividades instrumentales de la vida diaria como son: ir de compras, compromisos sociales, cocinar, cuidar de su salud y su seguridad personal, esto hace que tenga una vida alegre, integrándose a la sociedad. Existen algunas empresas internacionales que se dedica a diseñar bipedestadora para producir beneficios a la salud de las personas con discapacidad. Sin embargo, estos productos no son apropiados para la mayoría de las personas con paraplejía en el Ecuador, debido a que sus adaptaciones no cumplen con el área geográfica de nuestro país, y la falta de recursos para poder traer un bipedestadora al Ecuador hace que las personas se mantengan en una sola posición, por eso con el prototipo “LILIBOT” queremos que las personas con paraplejía puedan tener una máquina bipedestadora que cumpla con sus necesidades y se adapte al medio en el que se moviliza. La investigación propuesta tiene como necesidad crear una silla bipedestadora para hacer cambios de posición sedente a bípeda y así mejorar su condición postural, para poder relacionarse con el medio en que se encuentran las personas con paraplejía.

III. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en la investigación se inscribió dentro del paradigma cualitativo/cuantitativo, fue inductiva y flexible, se aplicaron una serie de técnicas, métodos e instrumentos sobre las personas con paraplejía. Para ello se utilizaron los métodos inductivos/deductivo, así como el analítico para completar el procesamiento de la información de forma objetiva. Para la investigación empírica se tomaron en cuenta un instrumento: a) La entrevista, a las personas con paraplejía. Se llevaron a cabo en base a las personas de asociación buena vida de la ciudad de Ibarra. La mayoría de los entrevistados manifestaron todas las dolencias que les causa estar en la silla de ruedas y el bajo autoestima que les causa la misma.

IV. DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA SILLA BIPEDESTADORA

A. sistemas de bipedestación.

1. Primera Propuesta:

Se utilizará dos pistones de diferente longitud para una diferencia de alturas para realizar la bipedestación, se usará dos motores uno para cada pistón con un sistema de control para cada uno, como se observará en la figura 1.

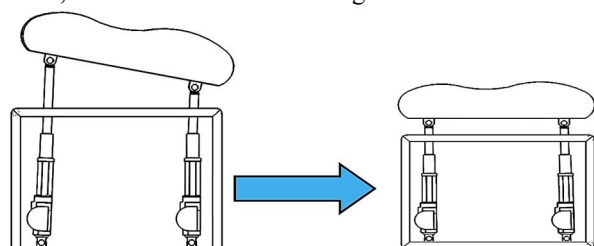


Fig. 1. Bipedestación con dos actuadores

2. Segunda Propuesta

Para este sistema se utilizará polipasto y un motor, mediante un cable en un extremo del polipasto está transmitirá el movimiento para la bipedestación, y el otro cable con un giro inverso del motor se invertirá el movimiento del motor para que el sistema regrese a su posición inicial como se observará en la figura 2.

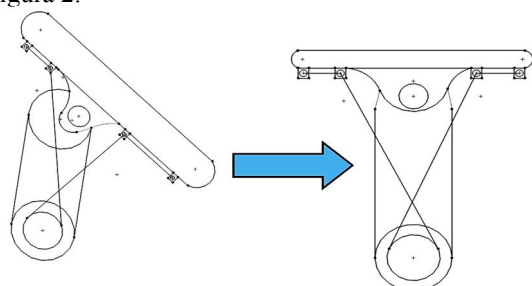


Fig. 2. Bipedestación con poleas

3. Tercera Propuesta:

Se utilizará un solo actuador lineal para generar el movimiento de bipedestar con un sistema tipo bisagra en la parte delantera del asiento, el actuador tendrá un ángulo de inclinación para realizar la bipedestación como se indicará en la figura 3.

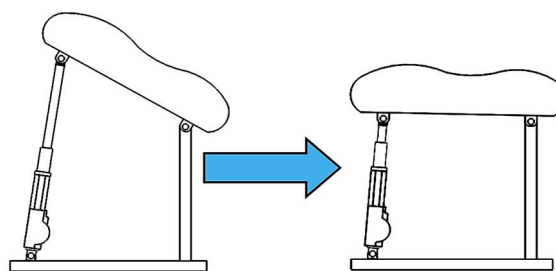


Fig. 3. Bipedestación con un actuador

4. Cuarta Propuesta:

Esta propuesta tendrá la opción de un tornillo sin fin más un sistema de brazo que se conectará al eje del sin fin y al asiento tendrá una bisagra en la parte delantera, cuando se gire el motor, el brazo hará que el asiento se incline para la bipedestación y girando el motor a la inversa el asiento volverá a su posición inicial como se observará en figura 5.4.

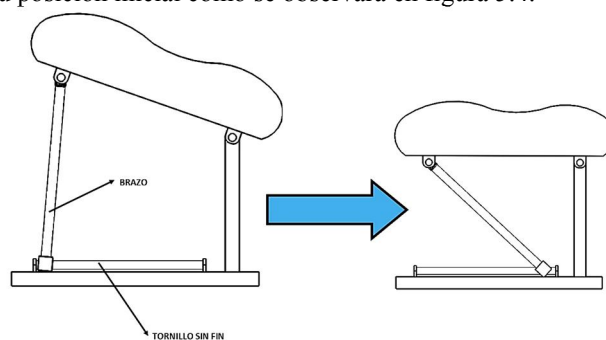


Fig. 4. Bipedestación con un tornillo sin fin

B. Matriz de ponderaciones:

Al considerarse varias alternativas es necesario emplear un método que determine la propuesta más óptima para la bipedestación. La matriz de ponderaciones se basa en que cada criterio o solución, se le asignará los siguientes valores.

- 1: si el criterio es superior.
- 0.5: si el criterio es equivalente.
- 0: si el criterio es inferior.

Se procederá a plantear los criterios de valoración para cada propuesta, estos fueron las más relevantes como robustez para el sistema de control de la bipedestación, fácil mantenimiento para sistema de bipedestación, y bajo costo, después procederá la respectiva evaluación descriptiva en la tabla 1.

Criterio	Robustez	Mantenimiento	Funcionalidad	Seguridad	Bajo costo	$\Sigma + 1$	Ponderación	Promedio
Primer P.	1	0	0,5	0	0	2,5	0,17	17%
Segunda P.	0,5	0	0	0	0,5	2	0,13	13%

Tercera P.	1	0,5	1	1	1	5,5	0,37	37%
Cuarta P.	1	0,5	1	1	0,5	5	0,33	33%
					+	15	1,00	100%

Tabla 1. Evaluación de las propuestas para la bipedestación

Se concluyó que el sistema de elevación de bipedestación que se utilizará es la tercera debido a que propuesta cumplirá con los beneficios de mayor eficiencia, en robustez, mantenimiento, funcionalidad, seguridad, y bajo costo entonces la silla bipedestadora utilizará un mecanismo de un actuador lineal para realizar el cambio de posición de sedente a bipeda.

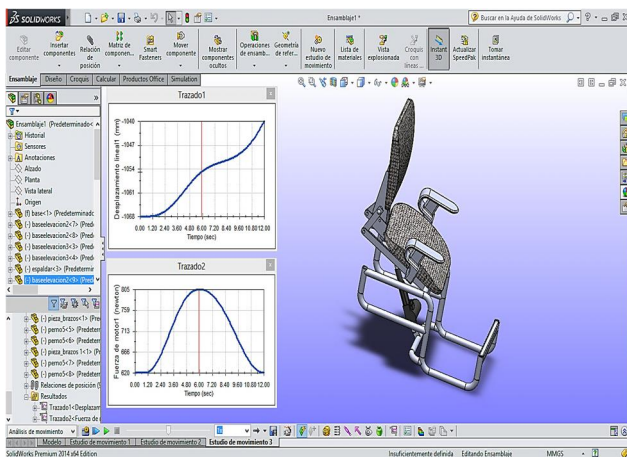


Fig. 5. Diseño de ensamblaje de la silla bipedestadora

C. Análisis de resultados

En base al boceto, para una persona con paraplejía de 150 kg de peso corporal máximo, que equivale a 1500 N/m, la geometría de la silla bipedestadora se indicará en la figura 6, y este diseño es el que cumplirá la función de bipedestar.

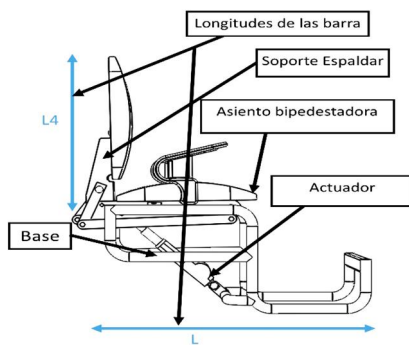


Fig. 6. Geometría de la silla bipedestadora

Para realizar el análisis mecánico se realizó un diagrama de cuerpo libre donde se observará las fuerzas que actúan como se muestra en la figura 7.

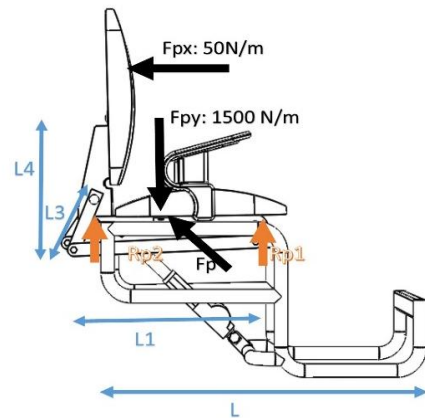


Fig. 7. Diagrama de cuerpo libre de la silla bipedestadora

Donde:

Fpy= fuerza del peso de la persona con paraplejía que soporta el asiento bipedestador.

Fpx= Fuerza del peso de la persona con paraplejía que soporta el espaldar.

Rp2 y Rp1 = Reacciones que se genera en la silla bipedestadora.

L3, L, L1, L4 = Longitud de la base.

Fp: Fuerza del pistón

Después de verificar el diagrama de cuerpo libre se realizará un análisis estático de la silla bipedestadora que están sometidos a las fuerzas descritas anteriormente generadas debido al peso de la persona con paraplejía.

Donde los diagramas de cuerpo libre del asiento y el espaldar se indicarán en la figura 8 y 9.

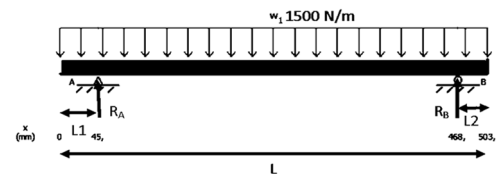


Fig. 8. Diagrama de cuerpo libre del asiento.

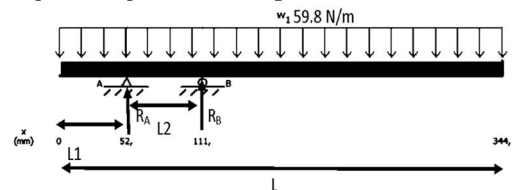


Fig. 9. Diagrama de cuerpo libre del espaldar.

Para el análisis del asiento y el espaldar se utilizará un análisis de momento en el punto A

$$\sum (\pm) Ma=0 \quad (1) \text{ Sumatoria de momentos en A}$$

$$-W_1 * L \left(\frac{L}{2} - L1 \right) + Rb * (L - (L1 + L2)) = 0$$

$$R_B \uparrow = 368.33 \text{ N}$$

$$-w * L3 * \left(\frac{L3}{2} - L4 \right) + R_c * L5 = 0$$

$$R_c \uparrow = 41.84 \text{ N}$$

$$L = 503 \text{ mm}$$

$$L1 = 45 \text{ mm}$$

$$L2 = 35 \text{ mm}$$

$$L3 = 344 \text{ mm}$$

$$L4 = 52 \text{ mm}$$

$$L5 = 59 \text{ mm}$$

$$\sum y=0 (\uparrow+)$$

(2) Fuerzas en Y

$$R_A + R_B = W_1$$

$$R_A \uparrow = 386.17 \text{ N}$$

$$R_c + R_d = w$$

$$R_d \downarrow = 21.27 \text{ N}$$

Después de obtenerse los datos de las reacciones y los momentos se procederá a realizar los diagramas de fuerza cortante y momento flector que se indicará en la figura 10 y 11.

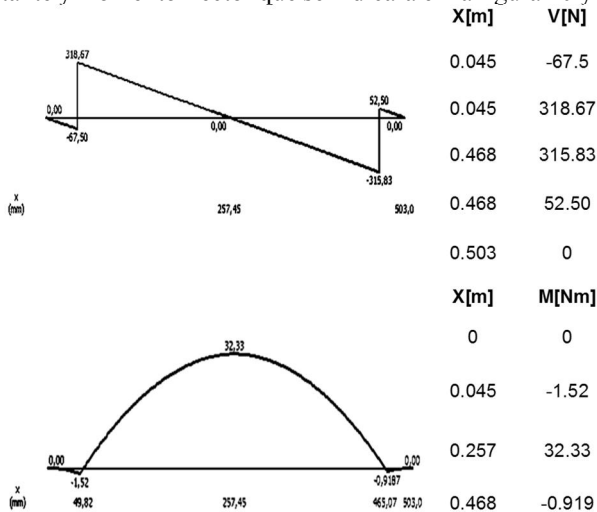


Fig. 10. Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante del asiento.

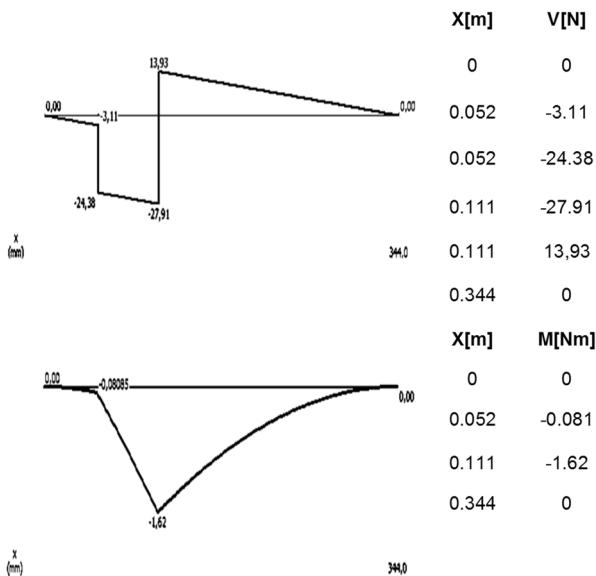


Fig. 11. Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante del espaldar.

Donde M es momento máximo determinados en la figura 10 y 11, se encontrará el esfuerzo diseño o permisible mediante el factor de seguridad, está expresado por la siguiente ecuación

$$\sigma_d = \frac{S_y}{n} \quad (3) \text{ Esfuerzo de diseño}$$

$$\sigma_d = \sigma_{per} = \frac{S_y}{n} = \frac{250 \text{ MPa}}{2} = 125 \text{ MPa}$$

Entonces Para el cálculo del esfuerzo por flexión se utilizará la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S} \quad (4) \text{ Esfuerzo normal}$$

Entonces el esfuerzo máximo del asiento será el siguiente, donde b representa el espesor de la placa de 3 mm y h la altura de 70 mm.

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} = \frac{6 * M}{b * h^3} = 13.2 * 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{max} = 13.2 \text{ Mpa}$$

Y para el espaldar se procederá a realizarse el mismo calculo donde b representa el espesor es de 3 mm de la placa y h la altura es de 90 mm.

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} = \frac{6 * M}{b * h^3} = 4 * 10^5 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{max} = 0.4 \text{ Mpa}$$

Para la comprobación se utilizará lo siguiente donde: $\sigma_{max} \leq \sigma_{per}$ después se procederá a realizar el análisis de deflexión y la deformación que tiene el asiento y el espaldar.

$$y_{max} = -\frac{w * L^4}{8 * E * I} \quad (5) \text{ Deflexión}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad (6) \text{ Inercia}$$

Entonces se reemplazará los datos de la ecuación y se obtendrá la siguiente deflexión del asiento

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{30 \text{ mm} * 70 \text{ mm}^3}{12} = 8.575 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$y_{max} = -\frac{1500 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 503 \text{ mm}^4}{8 * 200 * 10^9 * 8.575 * 10^{-7} \text{ m}^4} = -7 * 10^{-4} \text{ m}$$

$$y_{max} = -0.03 \text{ in}$$

Y para el espaldar se realizará la misma ecuación.

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{3 \text{ mm} * 90 \text{ mm}^3}{12} = 1,823 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$y_{max} = -\frac{59.8 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 503 \text{ mm}^4}{8 * 200 * 10^9 * 3.038 * 10^{-7} \text{ m}^4} = -2.872 * 10^{-6} \text{ m}$$

$$y_{max} = -1.131 * 10^{-4} \text{ in}$$

Después se procederá al cálculo de deformación del asiento y el espaldar

Según el libro de resistencia de Materiales de Mott nos dice que: "La deflexión se considera una deformación permisible cuando la relación deflexión máxima con respecto a la longitud de la viga se encuentra en el intervalo 0.005 o 0.002 in/in (0.5 % o 0.2%)" [20, p. 35]

$$\epsilon = \frac{y_{max}}{L} \quad (7) \text{ Deformación}$$

Entonces se reemplazará los datos de la ecuación 7 para la deformación del asiento.

$$\epsilon = \frac{0.03 \text{ in}}{19.8 \text{ in}} = 0.001391$$

Y para el espaldar se realizará la misma situación anterior.

$$\epsilon = \frac{0.0001131 \text{ in}}{13.54 \text{ in}} = 0.000008348$$

El valor determinado del asiento se encuentra en el intervalo de, $0.14\% \leq 0.2\%$ y el espaldar su intervalo es $0.001\% \leq 0.2\%$, esto significa que el perfil seleccionado para la silla y el espaldar cumple con esta condición, garantizando así la confiabilidad por deformación.

Para comprobar los resultados se realizará un análisis CAE del asiento y el espaldar de la silla bipedestadora esto se observará las figuras 12 y 13.

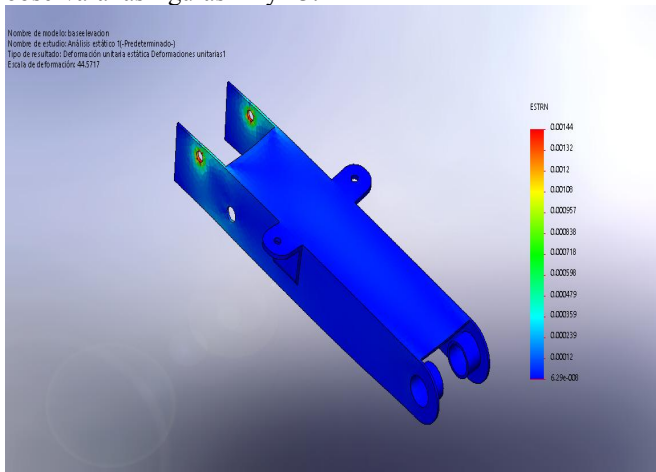


Fig. 12. Deflexión del asiento de la silla bipedestadora

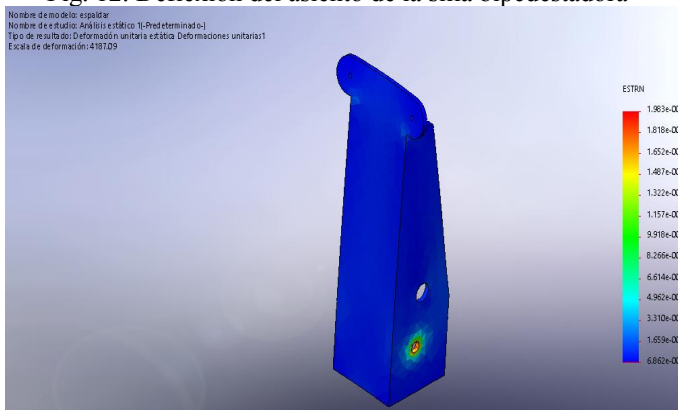


Fig. 13. Deflexión del espaldar de la silla bipedestadora

En la siguiente tabla se indicará las deformaciones de las gráficas anteriores.

Deformación Máxima			
Asiento silla bipedestadora		0.0014	0.14%
Espaldar silla bipedestadora		0.0002	0.02%

Tabla 2. Deformaciones máximas de la silla bipedestador

La grafica del diagrama esfuerzo – deformación se indicará en las figuras 14 y 15.

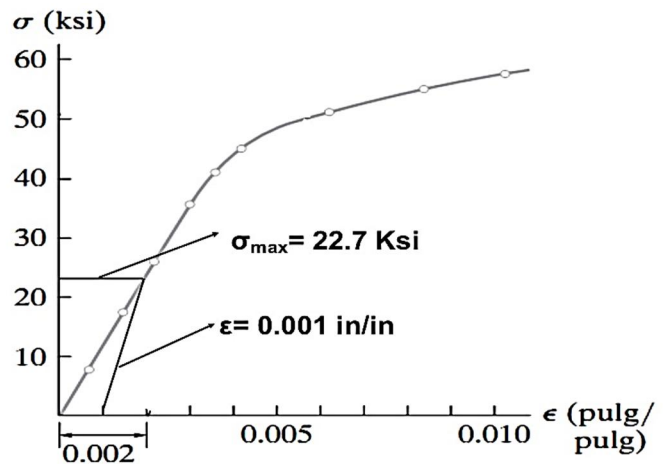


Fig. 14. Esfuerzo – deformación del asiento de la silla bipedestadora.

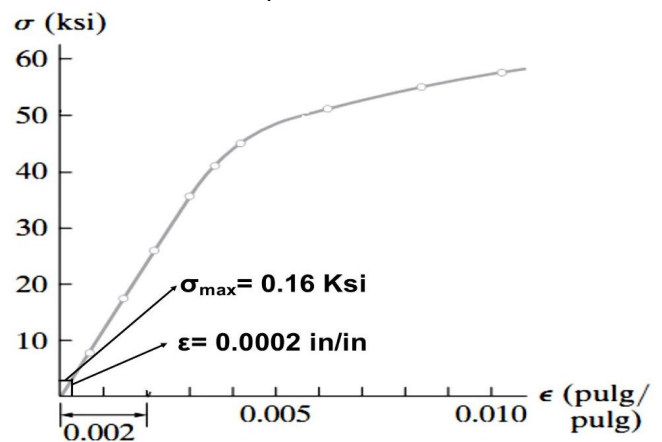


Fig. 15. Esfuerzo – deformación del espaldar de la silla bipedestadora.

En conclusión, el valor determinado de la deformación máxima del asiento es de 0.14% y el espaldar es de 0.02% entonces estas dos deformaciones son menores al 0.2%, esto significará que el perfil seleccionado cumple con esta condición garantizando así la confiabilidad por deformación de toda la silla bipedestadora, garantizando resistir el peso de la persona con paraplejía.

Después de finalizar los cálculos mecánicos se procederá a la construcción de la silla bipedestadora que se indicará en la figura 16.



Fig. 16. Construcción de la silla bipedestador

D. Prueba de funcionamiento de la silla bipedestadora.

Las pruebas de funcionamiento que se realizará al paciente son de acuerdo [22], nos dice que para el estudio y análisis del

movimiento cuerpo humano se aplican los principios de la mecánica y biomecánica de una persona, la mecánica se utilizará en el estudio de fuerzas y sus efectos que producen dichas fuerzas, mientras que la biomecánica se apoyará en el estudio de los principios de la antropometría de la persona y los movimientos que se observará en la figura 17.

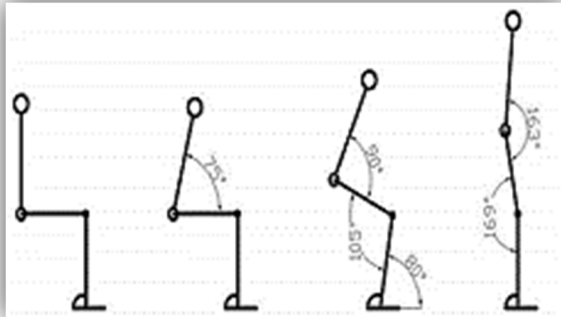


Fig. 17 Biomecánica de la bipeDESTACIÓN
Fuente: [22]

Mediante esta figura 17 se procederá a bipeDESTAR y realizar las pruebas de funcionamiento de la silla bipeDESTADORA

1. subir a una persona que no tenga ninguna discapacidad y realizar la bipeDESTACIÓN para verificar los ángulos de biomecánica de la bipeDESTACIÓN como se observará en la figura 18.



Fig. 18. BipeDESTACIÓN de una persona no parapléjica

2. Después de realizar esta prueba se realizó una prueba con la persona con paraplejía para ver qué resultados tiene y si le produce algún mareo o alguna dolencia en su cuerpo como se observará en la figura 19.



Fig. 19. BipeDESTACIÓN

Al cumplir estas normas de bipeDESTACIÓN del cuerpo humano se estará garantizando una mejor calidad de vida de la persona con paraplejía claro que esto se realizó con profesionales de la salud también se deberá asegurarse que el interruptor donde se encuentra está bien ubicado para la

persona con paraplejía (derecha). Entonces se procederá a realizar una caja negra de banco de pruebas que se observará en la tabla 3

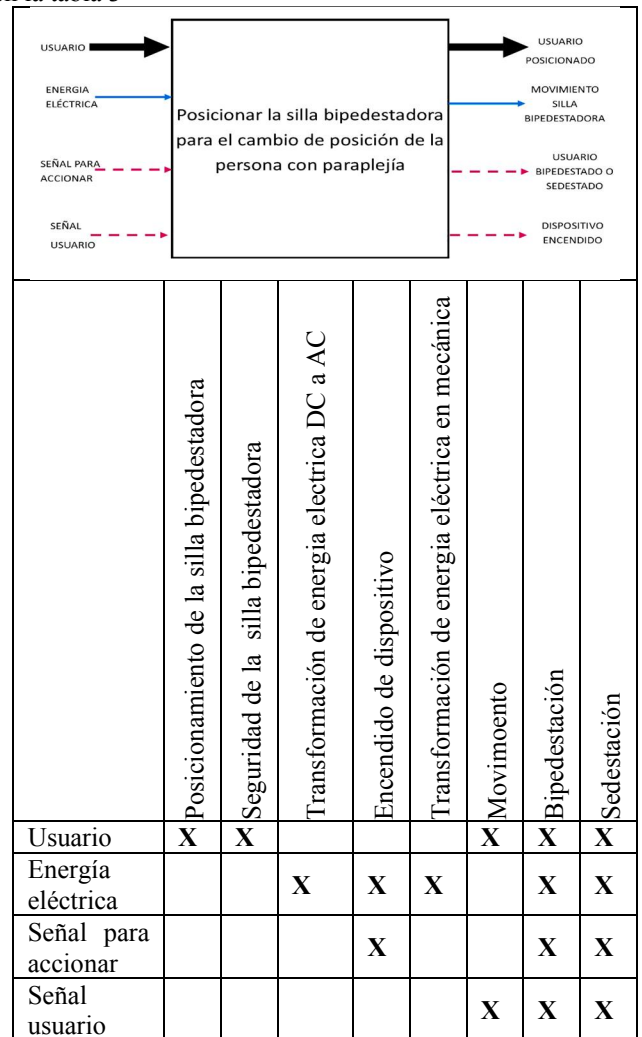


Tabla 3. Caja negra banco de pruebas.

Entonces la silla bipeDESTADORA cumplirá con los requerimientos de cambiar la posición de la persona con paraplejía cumpliendo los parámetros descritos en la caja negra. Estos son los procesos que se realizó para verificar el correcto funcionamiento de la silla bipeDESTADORA con la persona con paraplejía y nos da como resultado que el proyecto ayudará a la persona discapacitada a su cambio de posición sedente a bípeda.

V. CONCLUSIONES

- Los cálculos analíticos fueron consistentes con el modelo de elementos finitos utilizado para diseño de la silla bipeDESTADORA, con lo cual se puede validar la utilización de la herramienta computacional SOLIDWORKS para el diseño de este tipo de quipos bajo las condiciones de operación críticas.
- Con la ayuda del Software SOLIDWORKS, se pudo ensamblar todas las piezas utilizadas en el prototipo y no se encontró ninguna interferencia entre los elementos para montaje del sistema, por lo tanto, se pueden realizar los planos mecánicos para su construcción de la silla bipeDESTADORA.
- Cuando se realizó el funcionamiento del prototipo se concluyó que la silla cumple con las necesidades de cambiar la posición de la persona con paraplejía, sin

causarle ninguna dificultad debido a que cumple los ángulos de la biomecánica de la bipedestación.

- Se concluyó que es necesario tomar las medidas antropométricas de la persona con paraplejía y las medidas de una silla de ruedas normal para el diseño adecuado de la silla bipedestadora.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para un nuevo diseño de la silla bipedestadora se utilice aceros de alta resistencia y menor peso para que soporte cargas elevadas de las personas con paraplejía.
- Es importante que la carrera de ingeniería en mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte incentive a los estudiantes a innovar proyectos que ayuden a mejorar la calidad de vida de las personas que se encuentran en nuestro país.
- Se recomiendo que se haga un rediseño del sistema de bipedestación para que pueda existir un control el sistema de elevación de los dos actuadores y suban juntos sin un desfase de velocidad.

VII. REFERENCIAS

- [1] M. S. L. José Avilés Martínez, Guía de práctica clínica para el cuidado de personas con úlceras por presión o riesgo de padecerlas, Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria de Sanitat, 2012.
- [2] U. d. B. A. F. d. Medicina, Catedra Oficial de Ortesis y Prótesis "BIPIDESTADORES", ARGENTINS: ESCUELA DE KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA .
- [3] C. L. LSA, «MANUAL DE LA SILLA DE BIPEDESTACIÓN MÁS LIGERA.».
- [4] P. ANDAR, «INCLUSIÓN SOCIAL, EVOLUCION DE LA SILLA DE RUEDAS,» [En línea].
- [5] I. F. Cordero, *Tesis Doctoral de la Universidad de Valencia departamento de Medicina.*
- [6] G. Y. HALL, TRATADO DE FISIOLOGÍA MEDICA, ELSEVIER SAUNDERS, 2007.
- [7] CONADIS, CIUDADES ACCESIBLES.
- [8] Hollister, VIVIR DESPUES DE UNA LESIÓN DE LA ESPINAL GUIA PARA PERSONAS CON LECIONES RECIENTES, ESTADOS UNIDOS: Hollister Incorporated. , 2006.
- [9] S. Verswyvel, UNA CIUDAD PARA TODOS, COLOMBIA: Catalina Martínez - Felipe Chávez.
- [10] CEDAL, Catalogo de Perfiles de Aluminio, Ecuador, 2008.
- [11] DIPAC, Catalogo de Aceros, Ecuador, 2015.
- [12] E. J. Domínguez, Circuito de Fluidos Suspensión y Dirección, MACMILLAN, 2014.
- [13] R. G., Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Mexico: McGraw-Hill, 2008.
- [14] R. Mott, Diseño de Elementos de Máquina, PERASON, 2010.
- [15] POWERTEAN, Productos, sistemas y herramientas hidráulicas para trabajo pesados de alta capacidad, SPX, 2015.
- [16] C. Matiax, Mecanica de Fluidos y Maquinas Hidraulicas, Madrid: Castillo, 1993.
- [17] SHAUM, Diseño de Máquinas, McGRAW-HILL, 1971.
- [18] F. Beer, Mecánica Vectorial para Ingenieros, Mexico: McGraw-HILL, 2007.
- [19] T. III, Manual SKF de rodamientos, COPYRIGHT.
- [20] K. Saha, Introduccion a la Robotica, McGraw-HILL, 2010.
- [21] Lab-Volt, Fundamento de la Hidraulica, Canada: Canada, 2006.
- [22] J. I. C. Rodriguez, Diseño de Maquinaria Industrial, España: INTI, 2013.
- [23] R. Mott, Resistencia de materiales, PEARSON, 2006.
- [24] Singer, Resistencia de Materiales, Mexico: Alfaomega, 2008.
- [25] Hibberler, Ingeniería Mecánica Estática, Mexico: PEARSON, 2010.
- [26] INEGI, Clasificación de Tipo de Discapacidades, INEGi, 1980.
- [27] Y. H. P. B. S. Karla Strassburguer Lona, Lesión Medular:Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica, MADRID: MADRID, ASPAYM, 2004.
- [28] E. d. I. Universidad de Antioquia, *Diseño de silla bipedestadora de baño para pacientes con discapacidad de miembro inferior*, Antioquia: Editorial Univesidad de Antioquia, 2012.
- [29] ISO9001, Normas Internacionales, 2008.
- [30] INEN, CATALOGO DE NORMAS TECNICAS ECUATORIANAS, INEN, 2013.
- [31] D. Gonzales Maestre, Ergonomía Y Psicosociología, FC EDITORIAL, 2007.
- [32] U. T. Universidad de Jaume, *Evolución Ergonomica de las Sillas*, 1998.
- [33] CONADIS, Ciudades Accesibles, 2010.
- [34] SALTRA, Manual de Medidas Antropometricas, Costa Rica: www.saltra.una.ac.cr, 2014.
- [35] F. P. B. y E. R. J. Jr, Mecánica de Materiales, Mexico : Mc GrawHill, 2010.
- [36] Universidad Nacional Autónoma de México, Diseño y fabricación de una silla de ruedas eléctrica modular para un paciente con Amelia Congenita, Mexico: Mexico.
- [37] REHAB, «Rehah,» 2017. [En línea]. Available: www.rehab.com.ar.
- [38] N. Wireszen, Biomecanica de la Marcha Humana, Mexico: Mc Graw HILL, 2006.
- [39] LEVOUSA, «www.levousa.com,» 2017. [En línea].
- [40] Matiarobotics, «Matiarobotics,» 2017. [En línea]. Available: www.matiarobotics.com.
- [41] Matiarobotics, «Matiarobotics,» 2017. [En línea]. Available: www.matiarobotics.com.
- [42] LINAK, «LINAK,» 2017. [En línea]. Available: www.linak.com.