



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**

Mejoramiento de la Autonomía de Desplazamiento de Personas  
Paraplégicas, Mediante la Adaptación de las Sillas de Ruedas  
Convencionales

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA

**AUTORES:**

Pastor Espinoza, Fernando André (ORCID: 0000-0003-0718-1062)

Rodríguez Flores, Jhon Anthony (ORCID: 0000-0001-9648-8167)

**ASESOR:**

Ing. Julca Verastegui, Luis Alberto (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

A nuestras madres (María Inés Flores Narro y Judith Rosario Espinoza Balvín), por su apoyo incondicional, por su gran ejemplo de nunca rendirse, sus valores y por la motivación que nos ha permitido seguir adelante y ser una persona de bien.

A nuestros padres (Walter Félix Rodríguez Vázquez y Luis Fernando Pastor Magan) por sus buenos consejos y por confiar en nosotros.

Y también va dedicado a toda nuestra familia y personas en la cual nos brindaron un aliento para seguir adelante. Ya que, sin su apoyo este proyecto no hubiera sido concluido.

**Los autores**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad César Vallejo por proporcionarnos el ambiente adecuado para poder tener una mejor preparación como profesionales, sus valores y por haber implementado buenos cursos en la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica por haber realizado un excelente trabajo como docentes, por sus consejos y lo más importante por habernos brindado sus conocimientos académicos.

**Los autores**

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE FIGURAS .....	6
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
I. INTRODUCCIÓN .....	9
II. MARCO TEÓRICO .....	12
III. METODOLOGIA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	20
3.6. Método de análisis de datos .....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS .....	22
V. DISCUSIÓN .....	35
VI. CONCLUSIONES.....	37
VII. RECOMENDACIONES .....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PARTES DE UNA SILLA DE RUEDAS .....	14
TABLA 2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	20
TABLA 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL DE EsSALUD .....	22
TABLA 4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA APLICADA A LOS DISCAPACITADOS .....	23
TABLA 5. RESULTADOS DE ENTREVISTA APLICADOS A ESPECIALISTAS EN PARAPLEJIA: .....	24
TABLA 6. MATRIZ DE SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	25
TABLA 7. TABLA DE RESULTADOS DE FUERZAS A DISTINTA POSICIÓN .....	26
TABLA 8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ACTUADOR.....	27
TABLA 9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR .....	28
TABLA 10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MANDO JOYSTICK.....	29
TABLA 11. TENSIÓN DE VON MISES EN POSICIÓN 0° .....	30
TABLA 12. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE EN POSICIÓN 0° .....	30
TABLA 13. FACTOR DE SEGURIDAD EN POSICIÓN 0° .....	31
TABLA 14. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN POSICIÓN 30° .....	31
TABLA 15. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN POSICIÓN 60° .....	32
TABLA 16. RESULTADOS DE SIMULACIÓN EN POSICIÓN 60° .....	33
TABLA 17. PRESUPUESTO FINAL PARA LA FABRICACIÓN DE LA SILLA MEJORADA; <b>¡ERROR!</b>	

**MARCADOR NO DEFINIDO.**

## ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1. SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL .....	14
FIGURA 2. SILLA DE POSICIONAMIENTO .....	15
FIGURA 3. SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA .....	15
FIGURA 4. SILLA BIPEDESTADORA CON PROPULSIÓN MANUAL .....	16
FIGURA 5. SILLA BIPEDESTADORA CON PROPULSIÓN ELÉCTRICA .....	16
FIGURA 6. MOTOR ESTÁNDAR .....	16
FIGURA 7. MOTOR INTEGRADO A LA RUEDA .....	16
FIGURA 8. MOTOR SIN ESCOBILLAS .....	17
FIGURA 9. SISTEMA DE TRASMISIÓN DE ENGRANAJES .....	17
FIGURA 10. ACTUADOR LINEAL.....	18
FIGURA 11. JOYSTICK .....	18
FIGURA 12. BATERÍA Dc 24V .....	18
FIGURA 13. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	20
FIGURA 14. ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO .....	27
FIGURA 15. MOTOR ELÉCTRICO .....	28
FIGURA 16. CONTROL AUTOMÁTICO JOYSTICK .....	29
FIGURA 17. MEDIDAS DE UNA SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL.....	56

## RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito, el rediseño de una silla convencional con la capacidad de bipedestación hasta un peso de 120 kg para personas con limitaciones de desplazamiento motriz en los miembros inferiores.

La autonomía es una parte fundamental en las personas porque ayuda a que estas sean independientes y puedan desarrollar distintas actividades, lo cual en la silla convencional no se pueden realizar.

Este trabajo se originó investigando el mecanismo que desarrollara la bipedestación en la silla mejorada, cumpliendo la lista de exigencias y requerimientos, lo cual se seleccionó un actuador lineal y un motor para el mecanismo de desplazamiento.

Para poder adecuar los distintos elementos tales como eléctricos, electrónicos y estructura se aplicó alternativas de diseño en una matriz morfológica, que muestra tres modelos diferentes, lo cual ayudo optar por el mejor diseño.

Obteniendo todos esos datos, se calculó el sistema de transmisión y elevación y con la ayuda del software CAD SolidWorks se simuló los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad para un diseño óptimo.

Se realizó el presupuesto para la elaboración de la silla mejorada, obteniendo buenos resultados económicos comparados con otros diseños, y por último se obtuvo un costo beneficio

**Palabras claves:** autonomía, bipedestación, rediseño, parapléjico, autonomía de desplazamiento

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to redesign a conventional chair with the capacity to stand up to a weight of 120 kg for people with limitations of motor displacement in the lower limbs.

Autonomy is a fundamental part in people because it helps them to be independent and to carry out different activities, which in the conventional chair cannot be done.

This work originated investigating the mechanism that developed the standing position in the improved chair, fulfilling the list of demands and requirements, which selected a linear actuator and a motor for the displacement mechanism.

In order to adapt the different elements such as electrical, electronic and structure, design alternatives were applied in a morphological matrix, which shows three different models, which helped to opt for the best design.

Obtaining all these data, the transmission and elevation system was calculated and with the help of the SolidWorks CAD software, the stresses, deformations and safety factor were simulated for an optimal design.

The budget for the elaboration of the improved chair was made, obtaining good economic results compared to other designs, and finally a cost benefit was obtained

Keywords: autonomy, standing, redesign, paraplegic, autonomy of movement



## I. INTRODUCCIÓN

En el siglo XXI, se está viviendo en un mundo donde los accidentes, la pobreza, el sicariato, la extorsión, las enfermedades, la falta de atención en los centros de salud, los medicamentos, las transfusiones, los peligros expuestos en el trabajo, las discapacidades hereditarias y el envejecimiento, son las principales causas por lo cual las personas quedan discapacitadas (Hesperian Foundation, 2009-Maxwel, Belser y Darlena,1941).

En todo el mundo más de mil millones de habitantes padecen de algún tipo de discapacidad y esto equivale al 15% de personas en el planeta, de estos casi doscientos millones de personas tienen inconvenientes notables en su funcionamiento. también se recalca que en los siguientes años la discapacidad será un tema de mayor preocupación, debido a que el envejecimiento, las enfermedades crónicas como el cáncer, la diabetes, enfermedades cardiovasculares, los trastornos de salud mental, etc. están aumentando, y la probabilidad de discapacidad va hacer mayor (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2011).

El (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI],2017), según el censo realizado, declaró que 3051612 habitantes en nuestro país sufren de algún tipo de discapacidad. Esta cantidad representa el 10,4% de las personas con discapacidad a nivel nacional, donde el 48,3% tiene problemas para ver, el 15,1% para caminar o moverse, el 7,6% para escuchar, el 4,2% para comprender, el 3,2% presenta problemas para vincularse con los demás, el 3,1% para dialogar o comunicarse y el 18,2% son personas que presentan habilidades especiales y tienen 2 o más tipos de discapacidad.

A nivel nacional, hay más mujeres discapacitadas que hombres, ya que, tienen una cantidad de 1 739 179, representando el 57%, y discapacitados masculinos hay una cantidad de 1 312 433, teniendo el 43% (INEI, 2012) (anexo 01). Lo cual de acuerdo al censo realizado por (INEI, 2012), se obtuvo el porcentaje de discapacitados de acuerdo al tipo de limitación, descrito específicamente en el (anexo 02). La Libertad cuenta con 160 012 personas con ciertas características de discapacidad, redactada específicamente en el (anexo 03).

Por ende, la falta de trabajo para las personas con discapacidad es alta, ya que, según Roberto Villamil, especialista en actividades para empleadores en la (Organización Nacional de Trabajo [OIT], 2018), señala que cuando estas personas con discapacidad van en busca de trabajo, muchas veces son negadas y subestimadas, debido a que la población no tiene la suficiente capacidad para diferenciar la discapacidad con la incapacidad, siendo una de las grandes desventajas que afrontan estas personas.

Como es el caso mencionado en el diario La República del día 4 de agosto del 2019, de una persona con discapacidad llamada Olga Saavedra de la ciudad de Lima, lo cual cuenta que ha sido discriminada muchas veces al ir a las entrevistas de trabajo, manifestando que “cuando va a una entrevista y observan que es una persona con discapacidad, inmediatamente lo rechazan y no le dan la oportunidad de demostrar de lo que es capaz”.

A pesar que la falta de trabajo es una de sus desventajas, la comodidad y accesibilidad de realizar una actividad es otro factor que les juega en contra, como es el caso que ocurrió en Chile, difundido en el diario Dinamo, publicado el 9 de agosto del 2018, anunciando que unos jóvenes con discapacidad fueron a ver el partido del Colo Colo vs Corinthians en el estadio monumental David Arellano, ubicado en Santiago de Chile, donde estos hinchas discapacitados no lograron ver el partido, debido a que la multitud se mantuvo de pie durante todo el juego, sin percatarse que ellos estaban en la parte posterior.

Al Perú se le puede llamar como un país que carece de infraestructura para discapacitados, ya que según la (Norma A.120, Accesibilidad para Personas con Discapacidad y de las Personas Adultas Mayores), nos detalla las condiciones y especificaciones técnicas de diseño para la elaboración de proyectos y ejecución de obras de edificación, teniendo como puntos importantes, las rutas accesibles, barreras arquitectónicas, señalización, señales de acceso y servicio de atención al público.

Al no cumplir con las normas, nuestro país no está adecuado para estas personas, por ende, hay zonas que no cuentan con pistas, es ahí donde estas personas sufren para movilizarse de un lugar a otro, ya que necesitan de mayor esfuerzo en los brazos, o necesitan de personas terceras para ser movilizadas. Por otra parte, una silla de ruedas no solo es utilizada por personas con discapacidad, también son usadas por personas mayores, ya que, al pasar los

60 años de edad, pierden fuerza muscular y ya le es difícil trasladarse de un lugar a otro, por lo cual necesitan de una movilidad (Congreso de la República, 2015).

Derivado de la realidad problemática definimos como **problema científico**:

¿Cómo mejorar la autonomía de desplazamiento de personas parapléjicas?

El informe de investigación tiene como **justificación**, mejorar a una silla de ruedas convencional, para así lograr autonomía de elevación y traslado. Lo cual será de gran ayuda para las personas parapléjicas, ya que, con la autonomía de esta silla de ruedas mejorada, podrán realizar actividades tales como: alcanzar objetos a cierta altura, desplazarse sin esfuerzo físico, etc. Por ende, nuestro estudio, pretende encuestar al discapacitado y entrevistar a especialistas en paraplejia, para así obtener información específica y determinar cuáles son los puntos óptimos para lograr el funcionamiento de la silla mejorada.

Para dar solución al problema, se propuso como **objetivo general** de la tesis: Mejorar la autonomía de desplazamiento de personas parapléjicas, mediante la adaptación de sillas de ruedas convencionales.

Para lograr el desarrollo del objetivo general, se propuso los siguientes **objetivos específicos**: (1) Recopilar información de las sillas convencionales, de sus usuarios y determinar los alcances máximos y parámetros cinemáticos de traslado y elevación. (2) Seleccionar la mejor alternativa de solución aplicando metodología de diseño mecánico. (3) Calcular sistema de transmisión y elevación de la silla mejorada y simular la estructura soporte demostrando en un análisis de elementos finitos empleando el software CAD SolidWorks. (4) Evaluar costo beneficio de la silla mejorada frente a otras sillas de importación.

## II. MARCO TEÓRICO

La investigación tiene como fundamento científico los **trabajos previos** a nivel internacional, nacional y local.

Ante el problema planteado, se desarrollaron varias investigaciones: Arcia (2015), desarrollo un proyecto para dar solución al problema de movilidad o desplazamiento de personas con discapacidad motriz a través de la creación de una silla de ruedas eléctrica económica, controlada por medio manual y móvil con sistema operativo Android, asegurando el acceso económico. Lo cual pretendió responder a las limitaciones actuales que presentan las personas con discapacidad motriz, mejorando las condiciones de vida y facilitando la adquisición de un mecanismo de bajo costo y fácil manejo, sin disminuir la calidad del producto. Teniendo como resultados el correcto funcionamiento del sistema motriz, sistema de mando, hardware, software como un solo sistema y la parte de la estructura pudo soportar 150 kilogramos en la simulación.

Por otra parte, López (2014), diseñó el prototipo de una silla de ruedas eléctrica con sistema de ascenso y elevación para personas especiales, y procuró resolver estas dificultades implementando unos mecanismos que permitan resolver estas tres necesidades, trasladarse sin la ayuda de otra persona, ascender un escalón y alcanzar objetos a la altura promedio de una persona. Teniendo como resultado que la silla de ruedas a través de un gato mecánico, pudo elevar a una persona. mientras Jacóme (2018), desarrolló un modelo de silla de ruedas que disminuya las limitaciones que una persona con discapacidad sufre al pasar únicamente sentada en una silla, por ende, propuso obtener una silla equipada con mecanismos que le permita al paciente cambiar de posición y realizar otro tipo de actividades. Lo cual tuvo como resultado la realización de pruebas con distintos pesos para ver el consumo de energía y eficacia del sistema, lo que resultó que el diseño es apto para este tipo de sillas.

Bedón (2017), Gutiérrez y Hernández (2016), realizaron investigaciones similares, diseñando un sistema de control para la movilidad, ascenso y elevación, teniendo como preocupación el desempleo laboral de las personas discapacitadas, ya que sufren este tipo de discriminación esto debido a que no cuentan con un espacio adecuado para poder laborar. En base a eso diseñaron un sistema de control para movilidad y extensión de una silla de ruedas de bipedestación, ya que esto permite a que el usuario pueda bipedestar de acuerdo

a sus necesidades. estos dos investigadores tuvieron como resultado la realización de pruebas y simulaciones, obteniendo un buen funcionamiento de la silla pudiendo movilizar a una persona de 100 kg.

Suazo (2013), sostuvo que en su país hay tres grandes desventajas, lo cual primero: No cuentan con una buena infraestructura para personas discapacitadas, teniendo edificios sin rampas de accesos o sin los espacios mínimos para que se desplace una persona en silla de ruedas, estacionamientos no aptos; segundo: Se pierde cierto grado de autonomía para desplazarse ya sea en distancias medias, extensas o en lugares de difícil acceso, por ejemplo, sectores con pendientes; tercer punto: El cual consiste en un elevado costo de sillas de ruedas autónomas – eléctricas, por ende realizó el diseño y análisis práctico de un diseño motorizado con control adaptable a una silla de ruedas convencional, para facilitar el desplazamiento de personas discapacitadas, teniendo como resultado una silla de ruedas de menor costo utilizando accesorios adecuados.

Esta tesis se complementa con **teorías relacionadas al tema**, entendiendo que una persona con discapacidad, es llamada aquella con deficiencias sensoriales, mentales y físicas, ya que, al interactuar con el entorno no puede ejercer sus derechos en la sociedad y no tenga las mismas condiciones que las demás, describiendo la clasificación de la discapacidad en el (anexo 04). (OMS, 2012).

Por lo tanto, esta investigación está relacionada con las personas con discapacidad motriz, definiéndose que son las personas que tienen dificultades para caminar, manipular objetos y de coordinación de movimientos para realizar actividades en la vida cotidiana, (OMS, 2012).

Las sillas de ruedas brindan la facilidad de poder movilizar y su propósito es dar autonomía a las personas que no pueden caminar ni trasladarse independientemente, lo cual necesitan un esfuerzo realizado por un tercero, facilitando así su autonomía e integración social, (Armstrong 2007).

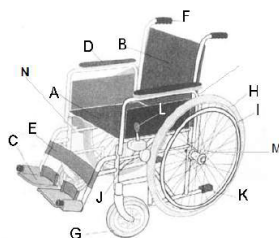
Figura 1. Silla de ruedas convencional



Fuente: Innomed,2004

En la siguiente tabla se detalla las partes de una silla de ruedas convencional.

Tabla 1. Partes de una silla de ruedas



A. Asiento	B. Respaldo	C. Reposapiés	D. Reposa brazos	E. Reposapiernas
F. Mangos de empuje	G. Ruedas giratorias delanteras	H. Ruedas traseras propulsoras	I. Aros propulsores	J. Barras de cruceta
K. Barras de inclinación	L. Frenos de estacionamiento	M. Rayos	N. Chasis	

Fuente: organización mundial de la salud, 2008

Sillas de posicionamiento: Estas cumplen como función poder realizar posiciones de forma independiente lo cual se pueden adaptar distintos accesorios, también se pueden reclinar las diferentes partes, como el asiento, espaldar y reposapiés, esto ayuda a la fisiología articular, (Adoti, 2013).

Figura 2. Silla de posicionamiento



Fuente: Adoti, artículos ortopédicos

Silla de ruedas eléctrica, es una tecnología, lo cual contiene componentes eléctricos y electrónicos que facilitan al discapacitado en su desplazamiento sin hacer ningún esfuerzo físico al trasladarse, esta técnica de propulsión eléctrica tiene muchas ventajas para poder desplazar a la persona en pendientes o distancias lejanas. (Boninger, 2008).

Figura 3. Silla de ruedas eléctrica



Fuente: Federación nacional Aispaym

Silla bipedestadora, su función de esta silla es alcanzar, trasladar y tener fácil accesibilidad a los puntos más altos donde llega una persona de tamaño promedio, lo cual le permite realizar distintas actividades y sin apoyo de terceros. Existen tipos de mecanismos: tenemos el manual, en este se aplica un esfuerzo para poder bipedestarlo (figura 4), mientras el eléctrico se propulsiona a través de un sistema eléctrico o automatizado (Figura 5), (Sunrise Medical, 2018),

Figura 4. Silla bipedestadora con propulsión manual



Fuente: Ortopedia plaza,

Figura 5. Silla bipedestadora con propulsión eléctrica



Fuente: Cargamedic

Por lo general en la silla de ruedas eléctricas cuentan con dos motores, uno en cada extremo que aplican la dirección de la silla de ruedas.

por lo tanto, hay tres tipos de motores: Motor estándar: Estos desarrollan la transmisión mediante una caja reductora de engranajes que aplican la fuerza necesaria para poder trasladar la silla. Su voltaje de estos motores es de 24v que absorben de las baterías que están en la parte posterior del asiento (Guía Movilidad, 2009)

Figura 6. Motor estándar



Fuente: Guía movilidad

Motor Integrado en la rueda: Toda la transmisión se encuentra dentro de la rueda, y se emplean más en las sillas convencionales o las que tienen aro con rayos (Guía Movilidad, 2009).

Figura 7. Motor integrado a la rueda



Fuente: Guía movilidad



Motor sin escobillas: Mayormente están provistos de escobillas, los componentes electrónicos realizan la función de poder hacer funcionar el motor evitando las escobillas. (Guía Movilidad, 2009).

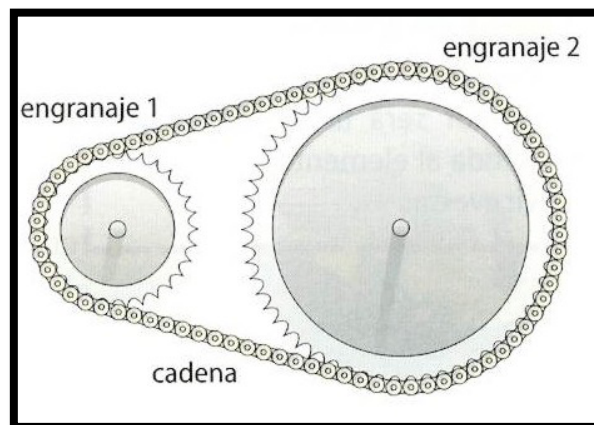
Figura 8. Motor sin escobillas



Fuente: Guía movilidad

Transmisión por cadena, (Moot, 2006), sustenta que cuando se trasmite potencia entre ejes giratorios, la cadena entra en ruedas dentadas correspondientes llamadas catarinas transmitiendo movimiento de un eje al otro y dependiente de los diámetros varían el rpm. Estos sistemas son ventajosos debido a que la relación es exacta y no existe deslizamiento. Pero a su vez son un poco ruidoso que las fajas estas realizan la misma función, pero manteniendo contacto con las poleas.

Figura 9. Sistema de transmisión de engranajes



Fuente: Mecanismos y Circuitos

Un actuador lineal es un componente que transforma el desplazamiento rotacional de un motor DC en movimiento lineal. Su salida es de forma recta lo que es posible impulsar o jalar diferentes tipos de objetos tan solo con presionar un botón, es fácil de instalar y con mayor accesibilidad para donde requieras ubicarlo. (Regner, 2016).

Figura 10. Actuador lineal



Fuente: Direct Industry

El joystick es un dispositivo que controla distintas direcciones y tareas mediante botones, dependiendo como esté programado y según las exigencias. También se configura parámetros como aceleración, el frenado, la velocidad y la sensibilidad al manipular el mando, etc. (Guía Movilidad, 2009).

Figura 11. Joystick



Fuente: Guía movilidad

Las baterías son aplicadas mayormente en las sillas de ruedas eléctricas estándar, existen de tipo GEL y AGM, los de plomo son usado en este caso para sillas de menos potencia ya que cuentan con menos amperaje y las de gel son más rápida en el momento de cargarlas utilizando menos energía, pero llevando a cabo su mayor eficiencia para la silla de ruedas y tenga un buen funcionamiento, estas requieren baterías de entre 40 y 60Ah para su normal funcionamiento.

Figura 12. Batería Dc 24V



Fuente: Mundo Dependencia

### III. MÉTODOLÓGIA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de esta investigación: **aplicada**, definiendo como una investigación que tiene como objeto estudiar el problema destinado a la acción, donde se pueden aportar nuevas informaciones. Donde su mayor centro de atención es en las posibilidades concretas de llevar las teorías generales a la práctica, donde puedan resolver el problema de la sociedad, y también esta investigación no solo puede ser única, sino también puede integrar a una teoría ya antes vista (Baena, 2014). Esta investigación es aplicada, ya que, a través de teorías, métodos de elementos de máquinas, resistencia de materiales, maquinas eléctricas, electrónica y diseño mecánico, estamos implementando un diseño de una silla de ruedas bipedestadora, con la finalidad de obtener las características técnicas para lograr autonomía de elevación y traslado de personas parapléjicas.

El diseño de investigación: **No experimental transversal**, definiendo que una investigación no experimental o también llamado transeccional, es la que se ejecuta sin manipular variables, es decir no se varían intencionalmente las variables independientes. Lo que ejerce esta investigación es estudiar fenómenos tal y como se dan en su ambiente natural, no se crea ninguna situación, sino se estudian las situaciones ya existentes, no inventadas por el investigador y se recolectan datos al instante, en un único tiempo. Su propósito es detallar las variables y su incidencia de interrelación en un momento dado. Es como si estuviera pasando algo y se toma una fotografía de ese suceso. Rodríguez M. y Vargas D. (2013). considerándose una investigación no experimental transversal, ya que, para poder estudiar este tema, no es necesario recolectar datos continuamente y no se va a manipular ninguna variable, no se va hacer experimentos.

#### 3.2. Variables y operacionalización

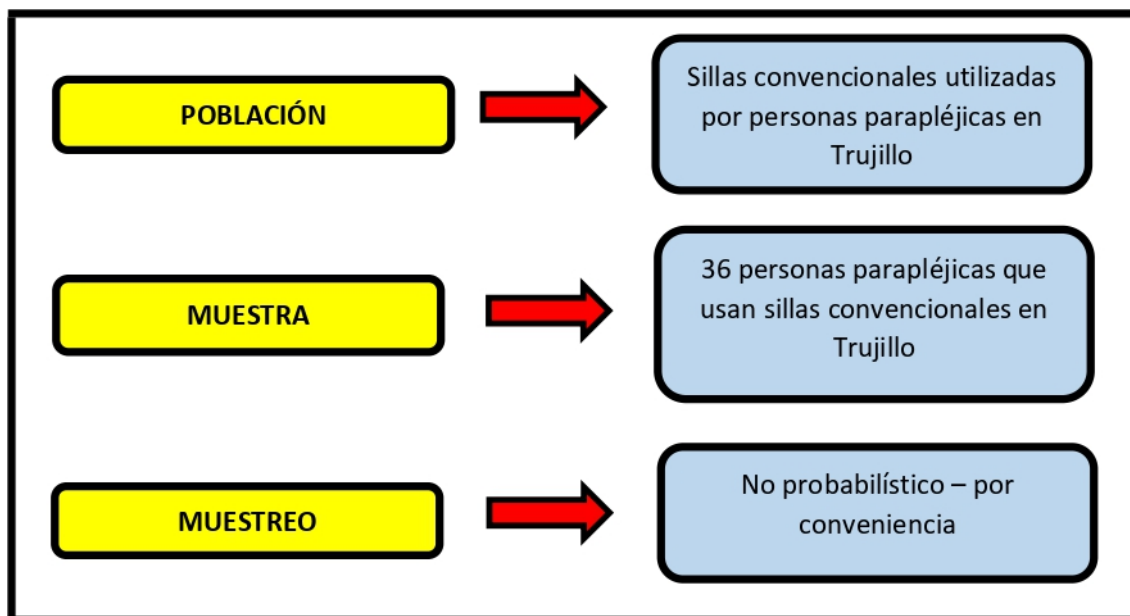
Variable dependiente: personas discapacitadas

Variable independiente: autonomía de desplazamiento

La operacionalización de variables se muestra en el (anexo 05).

### 3.3. Población, muestra y muestreo

Figura 13. Población, muestra y muestreo



Fuente: elaboración propia

De acuerdo al cálculo aplicado (anexo 06) para encontrar la población, se obtuvo el siguiente resultado:

$$n = \frac{25762 * 1.645^2 * 0.161 * 0.839}{(25762 - 1) * 0.10^2 + 1.645^2 * 0.161 * 0.839} \quad [2.1]$$

$n = 36$  personas con dificultad  
para moverse o caminar

De la ecuación [2.1], se obtuvo que la población para esta investigación es de 36 personas de la libertad.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Encuesta	Cuestionario
Entrevista	Guía de entrevista

Fuente: elaboración propia

En la (tabla 3), se presenta las técnicas e instrumentos de recolección de datos: La encuesta es un método que permite indagar cuestiones que hacen a la subjetividad y a la información de una cantidad de personas, permitiendo reconocer opiniones públicas (Grasso, 2006), esta encuesta detallada en el

(anexo 07), fue aplicada a las personas discapacitadas, para lograr obtener una lista de exigencias para la elaboración de la silla mejorada.

La entrevista es un método de recolección de datos, teniendo un margen de libertad para formular la interrogante (Sabino, 1992), esta técnica se elaboró para especialistas en paraplejía, detallándose en el (anexo 08).

### **3.5. Procedimiento**

El procedimiento de la investigación se basa en una recolección de datos aplicados a los discapacitados y a especialistas en paraplejía, lo cual nos brinda como resultados una lista de exigencias que nos ayuda a proponer alternativas de solución para luego analizarlas en una matriz morfológica aplicando los criterios de selección, y poder elegir la mejor alternativa mediante una puntuación previa. Al tener la mejor alternativa se realizará el cálculo del sistema de transmisión y elevación de la silla mejorada, se simulará la estructura soporte demostrando en un análisis de elementos finitos empleando el software CAD SolidWorks y se evaluará el costo beneficio de la silla mejorada frente a otras sillas de importación. Este procedimiento se detalla en un flujograma en el (anexo 09).

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los datos recolectados de la entrevista y encuesta se insertaron en tablas y gráficos para poder obtener resultados puntuales. para luego realizar el análisis estático y dinámico de los componentes de la silla bipedestadora y se utilizó el método de elementos finitos a través del software Solidworks, permitiendo obtener los esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad del diseño.

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación presenta los principales aspectos éticos: Laboral, se destaca ya que muchas personas con discapacidad son discriminadas por su condición física y accesibilidad. Aspecto económico, monto requerido para obtener un sistema de accesibilidad. Riesgo humano, personas discapacitadas peligran cada vez que necesitan realizar una actividad a una cierta altura. Veracidad, Aspecto que refleja la información verdadera en la investigación. Objetividad, analiza la situación encontrada basada en criterios técnicos.

#### IV. RESULTADOS

En este capítulo se mostrara tablas de recopilación de datos de sillas convencionales para llegar a la selección que se desarrollara en el rediseño de la silla mejorada, también aplicaremos una encuesta para los discapacitados y así cumplir con ciertas exigencias, por siguiente mostraremos una matriz morfológica para seleccionar una de las tres alternativas planteadas, con su descripción y definición de criterios, seleccionando los componentes eléctricos y electrónicos, para calcular y simular la estructura de soporte, sistema de transmisión y elevación, analizando esfuerzos, cargas y deformaciones determinando un buen diseño, detallando los costos de los materiales que emplearemos para así poder evaluar costo beneficio de la silla mejorada comparando con otras sillas de importación.

Para la recopilación de información de la silla de ruedas convencional se optó por sintetizar información de cada uno de los componentes como el chasis, aros, ruedas delanteras, ruedas posteriores, reposabrazos, reposapiés y frenos, detallados en el (anexo 10).

Para la investigación se recopiló información brindada por EsSalud publicada en febrero del 2019, titulada “ficha técnica de mobiliario clínico”, lo cual nos brinda las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 3. Especificaciones técnicas de silla de ruedas convencional de EsSalud

<b>Especificaciones Técnicas De Las Sillas De Ruedas Convencionales</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Características específicas</b>
<b>Chasis</b>	Material: aluminio Diámetro tubular: 20mm - Espesor: 2.0 mm
<b>Aro</b>	Material: aluminio
<b>Ruedas delanteras</b>	Diámetro: 8” Material: jebe
<b>Ruedas posteriores</b>	Diámetro: 24” Material: jebe
<b>Reposabrazos</b>	Fijos- almohadillado
<b>Reposapiés</b>	Desmontables, Material: aluminio
<b>Frenos</b>	Tipo: palanca - Longitud: 150mm

Fuente: EsSalud 2019

Para recopilación de información del discapacitado, se aplicó encuestas a 36 discapacitados de los diferentes distritos de la libertad, lo cual, debido a esta pandemia, se llevó a cabo la comunicación a través de vía internet, sin embargo, la encuesta se detalla en el (anexo 07), y los datos obtenidos en el (anexo 11). Obteniendo que la edad promedio es de 37 años y peso promedio de 68 kg.

Los resultados obtenidos de las encuestas procesados, lo valores promedios son:

Tabla 4. Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los discapacitados

<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
<b>Posición de inclinación</b>	Vertical
<b>Tipo de terreno</b>	Superficie pulida
<b>Velocidad de desplazamiento</b>	Moderado
<b>Control de desplazamiento, frenado y elevación</b>	Automático
<b>Giro de la silla mejorada</b>	360°
<b>Tipo de material de faja de sujeción, espaldar, apoya brazos y asiento de silla mejorada</b>	Acolchonado forrado de tela microfibras

Fuente: elaboración propia

La información procesada de la recolección de información se dio a través de una entrevista que esta descrita en el anexo (08), que fue aplicada a 5 especialistas en paraplejia, donde nos brindaron información específica para poder desarrollar el diseño de la silla mejorada, a continuación, se presenta el cuadro de resultados.

Tabla 5. Resultados de entrevista aplicados a especialistas en paraplejia:

<b>Característica</b>	<b>Valoración</b>
Discapacitados que tienen la condición de usar la silla mejorada	Causas agudas y crónicas
Discapacitados que no tienen la condición para usar la silla mejorada	Las personas que presentan: <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Fracturas o tienen competitiva osteoporosis.</li> <li>❖ Problemas cardiacos o respiratorios.</li> <li>❖ Secuelas de daño cerebral.</li> <li>❖ Personas con paraplejia espástica.</li> </ul>
Grado de inclinación	90° a 180°
Peso máximo del discapacitado	100 kg
Ubicación de la faja de sujeción	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ nivel toracolumbar (nivel torácico).</li> <li>❖ En las partes articulares</li> <li>❖ Cadera, rodillas y tobillos</li> </ul>
Material de fajas de sujeción, asientos y espaldar	Acolchonadas
Mejora en su tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Mejora la circulación de la sangre</li> <li>❖ Mejora la oxigenación de la sangre</li> <li>❖ Mejora la presión respiratoria</li> <li>❖ Mejora el sistema intestinal</li> <li>❖ Mejora en su salud emocional y calidad de vida</li> <li>❖ Disminuye la formación de cálculos</li> <li>❖ Disminuye la pérdida de masa ósea</li> <li>❖ Disminuye la formación de las úlceras sacras</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia



Para obtener el diseño, se propuso tres alternativas de solución mostradas en una matriz morfológica (anexo 16), donde se especifica cada una de sus características, para luego aplicar los criterios (anexo 17) y seleccionar el mejor diseño.

en la (tabla 17), se establece los puntajes a cada una de las alternativas de solución de acuerdo a criterios, este puntaje será multiplicado por el puntaje de cada criterio mostrado en el (anexo 17), en la cual se tendrá un resultado por cada alternativa, y el puntaje mayor será la alternativa seleccionada.

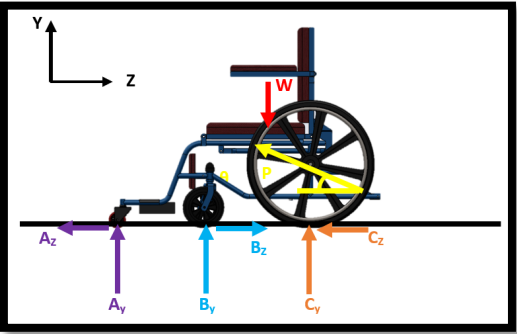
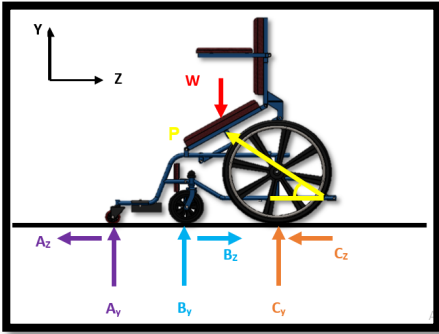
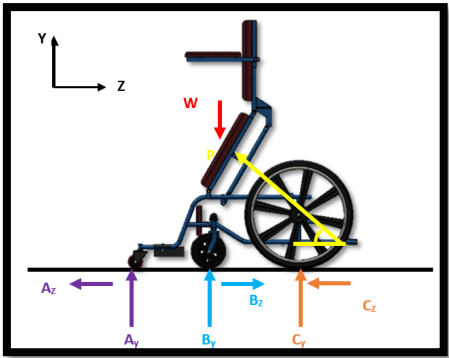
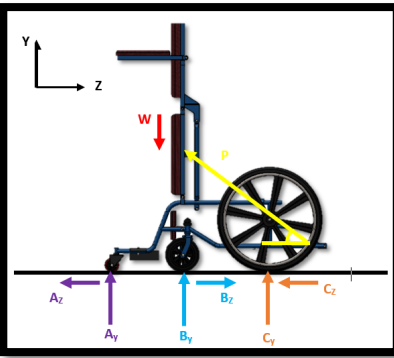
Tabla 6. Matriz de selección de la mejor alternativa de solución

Criterio	Puntaje de criterio	Puntaje	Puntaje	Puntaje	Resultado de	Resultado	Resultado
		obtenido de	obtenido de	obtenido de	alternativa	de	de
		alternativa	alternativa	alternativa	1	alternativa	alternativa
		1	2	3		2	3
<b>Seguridad</b>	5	7	9	5	35	45	25
<b>Ergonomía</b>	4	5	8	6	20	32	24
<b>Capacidad de bipedestación</b>	3	5	9	7	15	27	21
<b>Costo</b>	2	8	6	7	16	12	14
	1	8	5	7	8	5	7
<b>RESULTADO FINAL</b>					<b>94</b>	<b>121</b>	<b>91</b>

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos a través del cálculo previo mostrado en el (anexo 19). Lo cual las ecuaciones son planteadas considerando que el pistón soportaría toda la carga generada.

Tabla 7. Tabla de resultados de fuerzas a distinta posición

<p style="text-align: center;"><b>Posición 0°</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Posición 30°</b></p> 
Resultado: P = 0 N	Resultado: P = 735 N
<p style="text-align: center;"><b>Posición 60°</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Posición 90°</b></p> 
Resultado: P = 751 N	Resultado: P = 645 N

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla determinamos que la posición  $60^\circ = 751 \text{ N}$  es la que ejerce mayor fuerza para verticalizar la silla, lo cual se tomó como factor de seguridad ( $f_s = 4$ ), obteniendo una carga de 3004

Se selecciona el actuador a través del cálculo analizado anteriormente, por ende, se propuso tres alternativas y se escogió la alternativa 2 y tiene las siguientes especificaciones técnicas:

Figura 14. Actuador lineal eléctrico



Fuente: Alibaba

Tabla 8. Especificaciones técnicas del actuador

<b>Características de actuador</b>	
<b>Nombre del modelo</b>	ST01
<b>Voltaje</b>	/24 v
<b>Amperaje</b>	0.8 A
<b>Capacidad de carga</b>	3000N
<b>Velocidad</b>	3-15mm/s (basado en la fuerza)
<b>Peso</b>	7kg
<b>Clase de protección</b>	IP42
<b>Carrera</b>	400mm
<b>Instalación dimensión</b>	S + 170 mm
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	5 ~ 40° C
<b>Accesorios extra</b>	Fuente de alimentación, control remoto, batería, soporte, etc.
<b>Interruptor de límite</b>	Limite

Fuente: Alibaba

Para la selección del motor eléctrico, se realizó el cálculo mostrado en el (anexo 21), lo cual se obtuvo como resultado: (550.5 w – 0.74 hp), lo cual se pudo obtener tres alternativas, y se seleccionó la mejor, siendo la alternativa 1 la ganadora.

Figura 15. Motor eléctrico



Fuente: Alibaba

Tabla 9. Especificaciones técnicas del motor

<b>Características</b>	
<b>Nombre del modelo</b>	KS-82WT10
<b>Voltaje</b>	24 v
<b>Potencia nominal/W</b>	600 W
<b>Velocidad nominal</b>	130 RPM
<b>Eficiencia</b>	85%
<b>Peso</b>	5kg
<b>Tipo</b>	Motor de engranaje
<b>Tipo de corriente</b>	Motor Dc

Fuente: Alibaba

Para poder seleccionar el dispositivo (Joystick) es necesario que cuente con ciertas especificaciones que se adapten al motor y batería, también se obtuvo 3 tipos de joystick detallado en el (anexo 23), lo cual se seleccionó la primera alternativa, el controlador TEW-C01.

Figura 16. control automático joystick



Fuente: alibaba

Tabla 10. Especificaciones técnicas de mando Joystick

<b>Especificaciones técnicas del joystick</b>	
<b>Nombre del modelo</b>	Controlador TEW-C01
<b>Voltaje</b>	24 V
<b>Motor</b>	350 W
<b>Intensidad</b>	45 A
<b>Freno</b>	Electromagnético

Fuente: Alibaba

También se seleccionó la batería para el funcionamiento de la silla, teniendo tres alternativas, se seleccionó la alternativa 2, cumpliendo con las especificaciones requeridas.

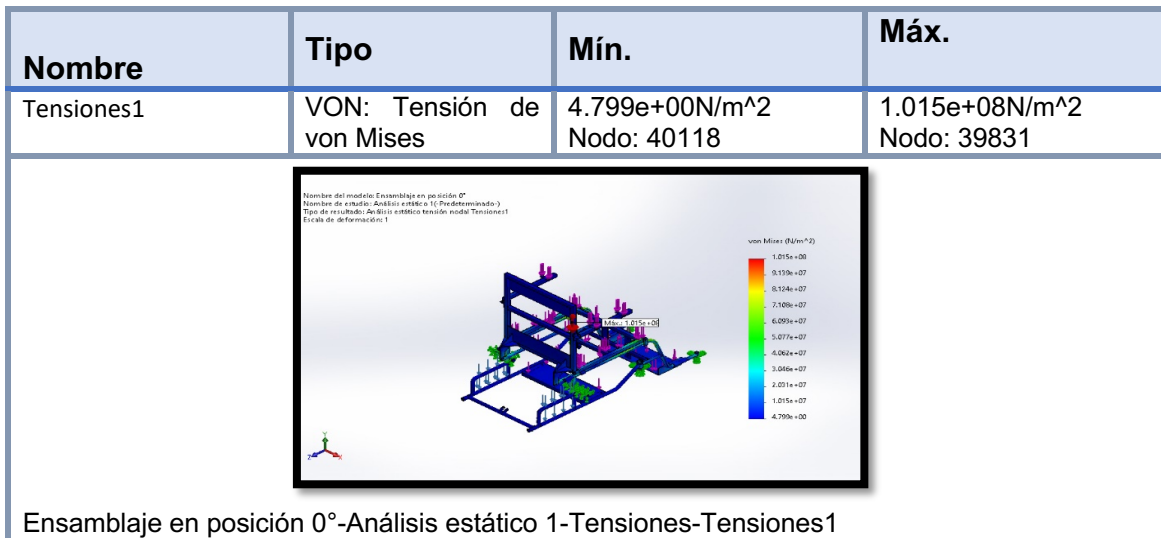
Figura 17. Batería 24 V



Fuente: AliExpress

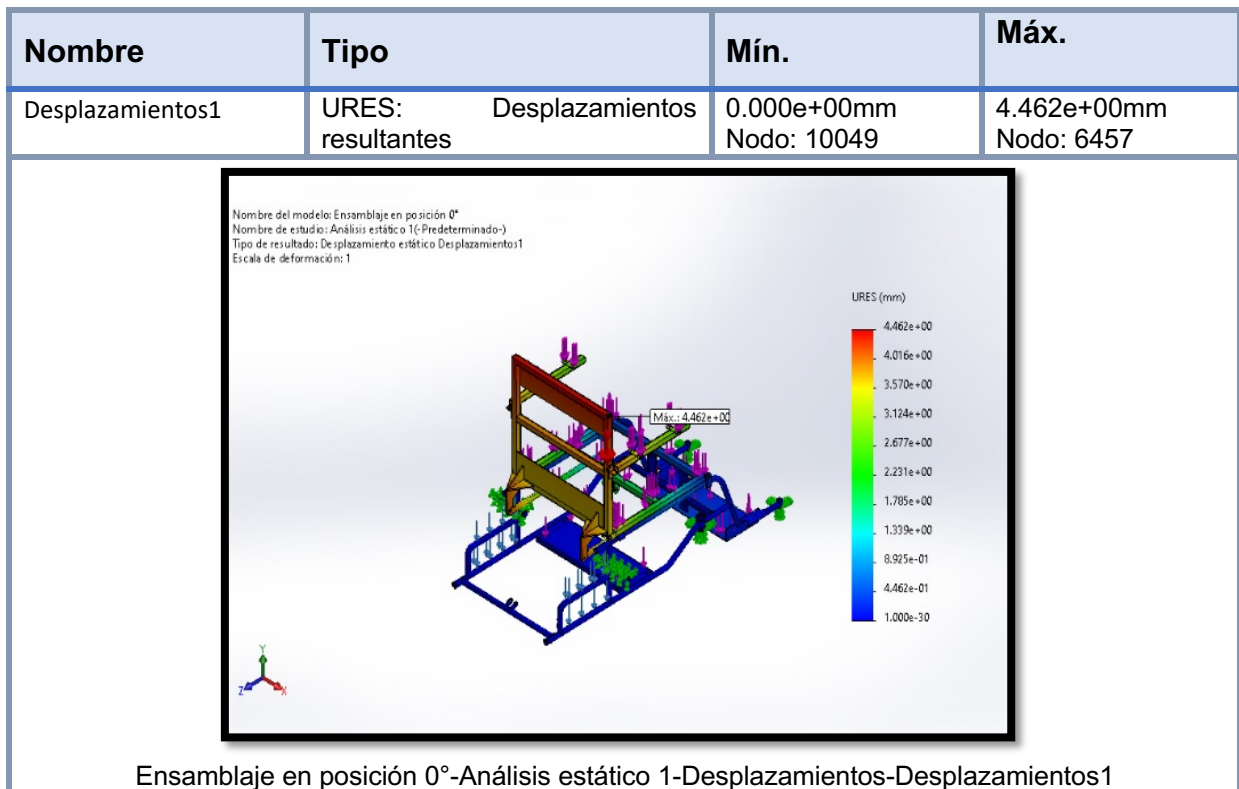
Se realizó la simulación de elementos finitos en el software CAD SolidWorks, mostrando los siguientes resultados por cada posición:

Tabla 11. Tensión de von mises en posición 0°



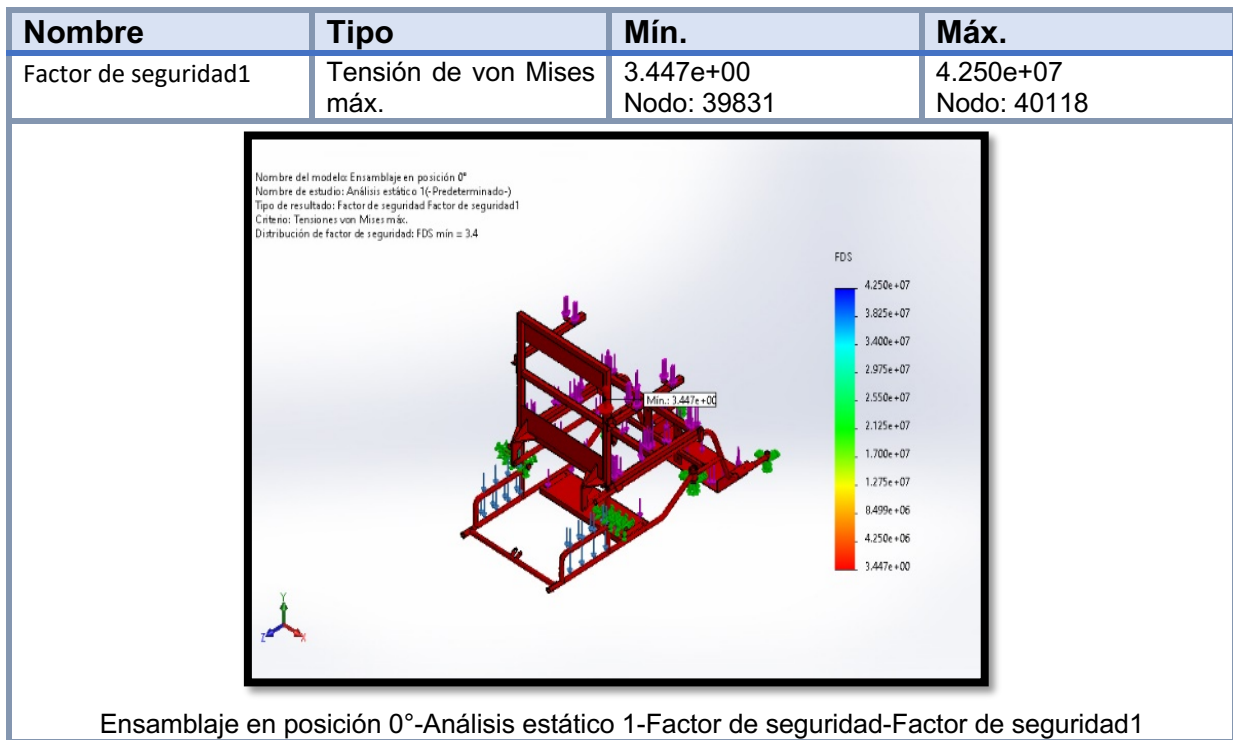
Fuente: software CAD SolidWorks

Tabla 12. Desplazamiento resultante en posición 0°



Fuente: software CAD SolidWorks

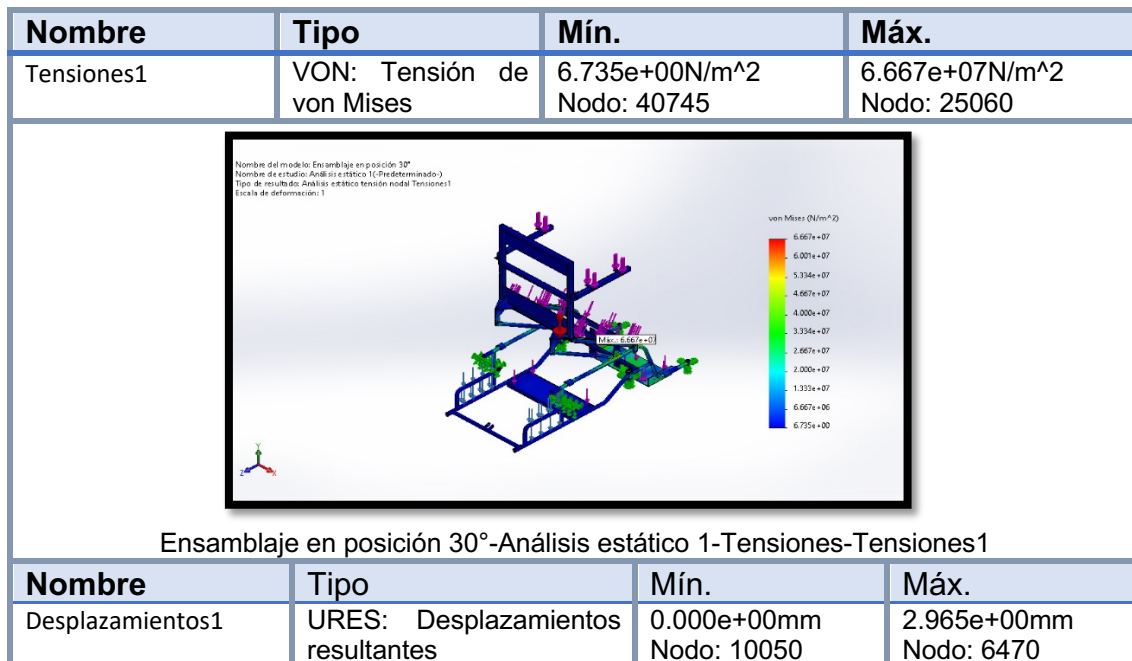
Tabla 13. Factor de seguridad en posición 0°



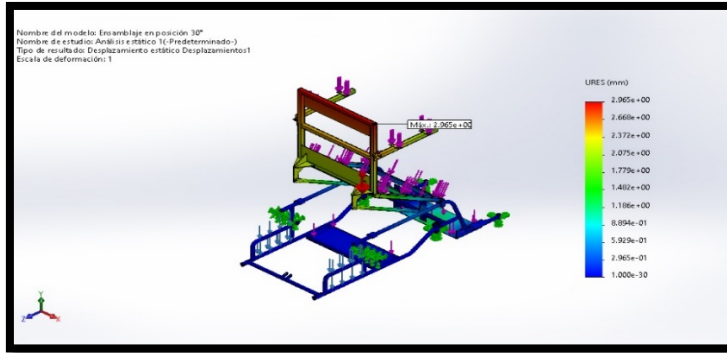
Fuente: software CAD SolidWorks

En las siguientes tablas se muestra los diferentes resultados de la simulación en posición 30°.

Tabla 14. resultados de simulación en posición 30°

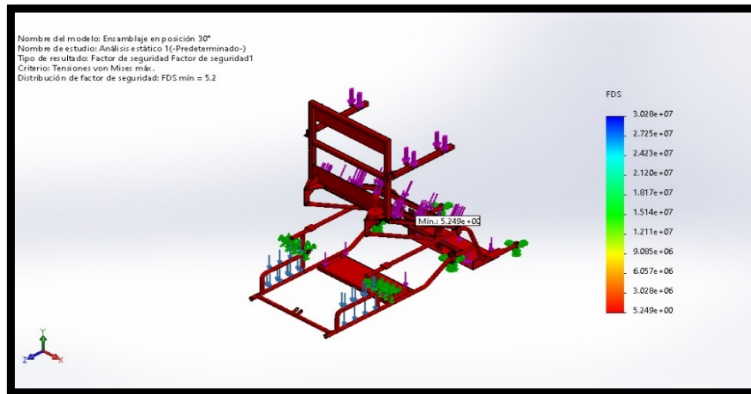


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
--------	------	------	------



Ensamblaje en posición 30°-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	5.249e+00 Nodo: 25060	3.028e+07 Nodo: 40745



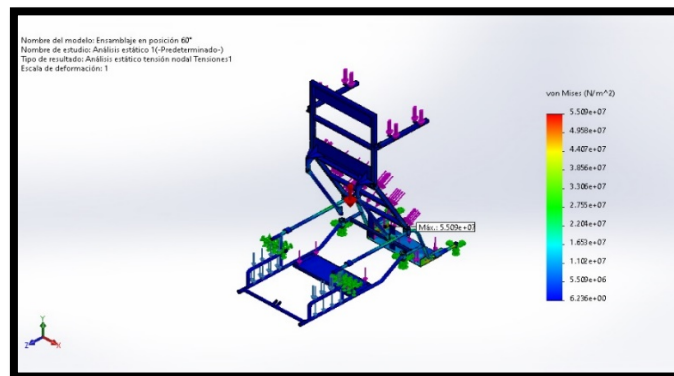
Ensamblaje en posición 30°-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Fuente: software CAD SolidWorks

En las siguientes tablas se muestra los diferentes resultados de la simulación en posición 60°.

Tabla 15. resultados de simulación en posición 60°

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6.236e+00N/m <sup>2</sup> Nodo: 40112	5.509e+07N/m <sup>2</sup> Nodo: 43182

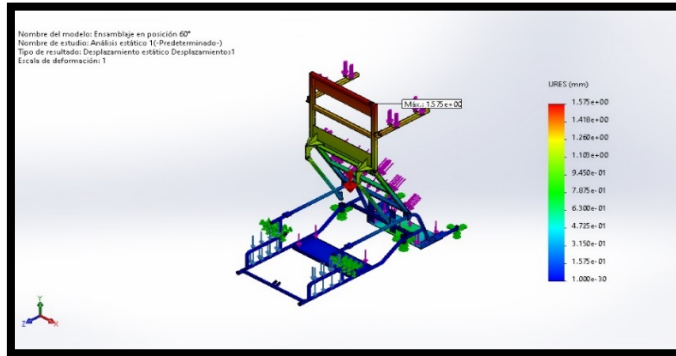


Ensamblaje en posición 60°-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
--------	------	------	------

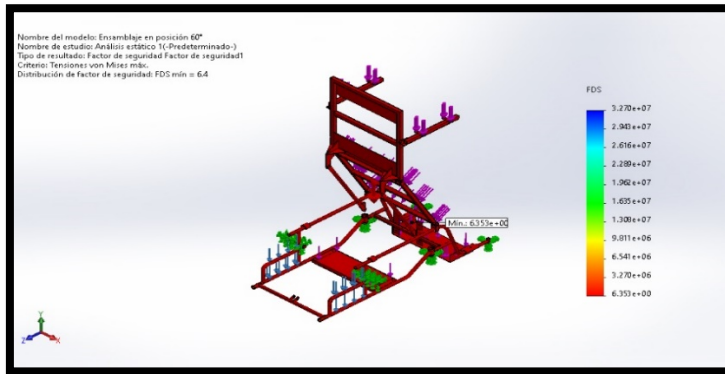


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 10051	1.575e+00mm Nodo: 7112



Ensamblaje en posición 60°-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	6.353e+00 Nodo: 43182	3.270e+07 Nodo: 40112



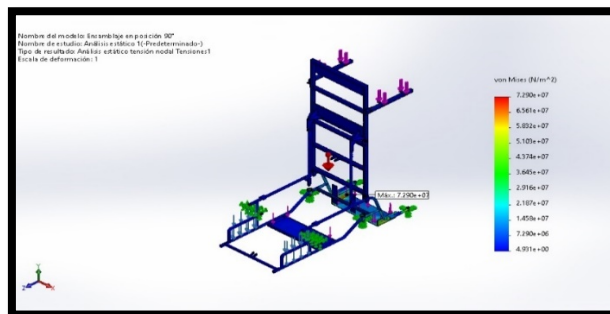
Ensamblaje en posición 60°-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

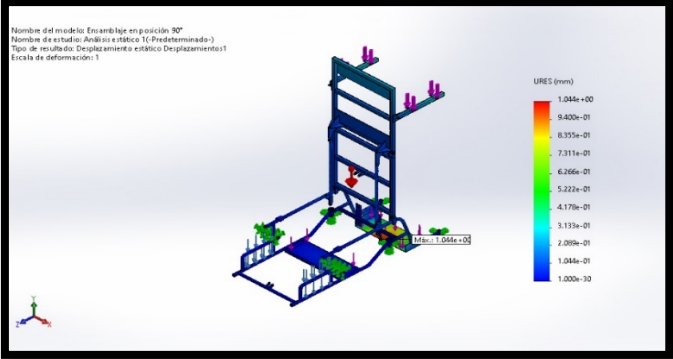
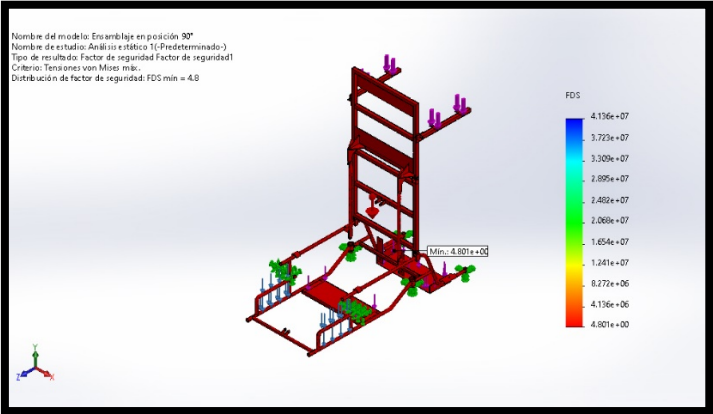
Fuente: software CAD SolidWorks

En las siguientes tablas se muestra los diferentes resultados de la simulación en posición 90°.

Tabla 16. resultados de simulación en posición 60°

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	4.931e+00N/m <sup>2</sup> Nodo: 40089	7.290e+07N/m <sup>2</sup> Nodo: 43190



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Ensamblaje en posición 90°-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00mm Nodo: 10028	1.044e+00mm Nodo: 42653
			
Ensamblaje en posición 90°-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1			
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	4.801e+00 Nodo: 43190	4.136e+07 Nodo: 40089
			
Ensamblaje en posición 90°-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1			

Fuente: software CAD SolidWorks

Luego de realizar los cálculos y simulaciones respectivas se realizó el presupuesto total de la silla bipedestadora detallado en el (anexo 26), ya que al costo total se le debe de agregar el 18%, por el Impuesto General a las Ventas (IGV), siendo un total de S/5,131.35.

También se realizó el cálculo de perdida de dinero mensual del discapacitado, siendo S/2200, (Anexo 27).

A través del costo final de la silla mejorada, y del costo perdido por el discapacitado mensual especificado en el (anexo 27), a través de un cálculo previo de costo beneficio se obtuvo que el parapléjico recupera el costo de la silla en 70 días.

## V. DISCUSIÓN

La recolección de información de EsSalud referente a especificaciones técnicas de la silla de ruedas convencional, se obtuvo que el material del chasis es de acero laminado al frío, lo cual, con este tipo de material y el rediseño de la estructura, soporta una carga de 120kg mientras, Bedón (2017), realizó un diseño de una silla bipedestadora con la desventaja que su máxima carga es de 100kg.

En el (anexo 16) se muestra la matriz morfológica en donde se ilustra las tres alternativas con los distintos componentes que utilizan, en el (anexo 15) se describe los criterios de selección teniendo como la seguridad, la ergonomía, capacidad de bipedestación, costo y mantenimiento, estos criterios se aplicaron a las tres alternativas lo cual el diseño 2 cumplió con todas las expectativas ya que se diferencia del resto porque tiene un sistema en el cual es económico y seguro para las personas parapléjicas ya que cuenta con un chasis rígido en acero laminado al frío, con diámetro de llantas posteriores de 24", diámetro de ruedas delanteras de 8", un mando automático (joystick), accionamiento y desplazamiento automático. Por otro lado, Jacome (2018) desarrolló un diseño de una silla autónoma bipedestadora que se eleva automáticamente a través de un actuador lineal eléctrico, pero su desplazamiento es manual y no puede desplazarse de un lugar a otro estando bipedestado, teniendo que regresar a su posición inicial lo que consta de tiempo para realizar ciertas actividades en distintos puntos.

Siguiendo con el cálculo electromecánico acorde a la lista de exigencias lo cual se obtuvo un coeficiente de rodadura que se produce por el movimiento de la silla de ruedas ya que se resiste a la fuerza de impulso, dependiendo de la masa de la silla, de la dirección, la velocidad y del tipo de superficie, lo cual se consideró una masa de 162 kg donde está incluido el peso de la estructura y de la persona. Por otro lado, se obtuvo un motor de 0.38 Hp y un actuador lineal de 300 watts. Así mismo Suazo (2013), realizó un diseño y análisis práctico motorizado con control adaptable obtuvo una potencia de 307.8 watts lo cual esta silla estuvo diseñada con un solo motor de tracción ya que quería disminuir costos, pero el diseño salió erróneo ya que generó problemas en la conducción.

En el análisis de elementos finitos aplicado en el software CAD SolidWorks se utilizó el tipo de material acero laminado al frío y se calculó los esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad para cada posición teniendo  $F_s = 3.4$ . Mientras que López (2014) obtuvo un factor de seguridad de 3.48.

Con respecto al presupuesto, se consideró según sus tipos de componentes, teniendo como componentes de estructura soporte, eléctricos y electrónicos, ergonomía, y para fabricación de tomo el costo de mano de obra, obteniendo un presupuesto total de S/5,131.35, así mismo Suazo (2013), obtuvo un presupuesto de S/.3000, logrando obtener un cambio de diseño de una silla convencional a una silla que se traslada automáticamente.

## VI. CONCLUSIONES

De la recolección de información se obtuvo que la edad promedio es de 37 años y un peso promedio de 68kg y la gran mayoría prefirió una silla automática, también se realizó entrevistas a especialistas en paraplejia, obteniendo como dato importante que el peso máximo de un discapacitado es de 100kg. Estos resultados se muestran en la (tabla 5).

Se seleccionó la mejor alternativa aplicando la metodología de diseño mecánico lo cual se eligió la alternativa 2 como el mejor diseño, a través de una matriz morfológica (anexo 14). Se llegó a concluir que el chasis para adaptar el sistema electromecánico es de una silla convencional rígida, aplicando un sistema de bipedestación y desplazamiento eléctrico.

Los cálculos realizados en el desarrollo de la investigación dieron como resultado una capacidad de carga del actuador lineal de 751N, una potencia del motor de 284 watts, un controlador joystick TEW-C01 y una batería box de 24v.

Se realizó la simulación aplicando el método de elementos finitos en el software CAD SolidWorks, sometiendo cargas para las distintas posiciones, lo cual la tensión máxima de von mises es de  $7.290 \text{ e}+07 \text{ (N/m}^2\text{)}$  para la posición de  $90^\circ$ , el desplazamiento máximo resultante es de 4,462mm en la posición  $0^\circ$  y el factor mínimo de seguridad es de 3.4 en la posición  $0^\circ$ , (tabla 11).

El presupuesto requerido para la fabricación de la silla mejorada, que consta de una estructura rígida, componentes eléctricos y electrónicos y funcionamientos como elevación y desplazamiento automático es de S/5,131.35, lo cual se obtuvo un costo benéfico de recuperación de dinero en 70 días. (detallado en el (anexo 27)

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar el cálculo y análisis estructural de los pernos y uniones soldadas de la silla.

Se recomienda realizar un análisis de fatiga.

Se recomienda realizar el sistema de conexión eléctrica en la silla.

Se recomienda realizar más estudios en el control de la bipedestación con la finalidad de poder ayudar no solo a las personas con discapacidad de extremidades inferiores sino también superiores.

Se recomienda realizar el análisis de volteo en tiempo real de la silla mejorada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alber.E . the specialist for extra portable and user friendly electric mobility (2005).  
<<http://www.ulrich-alber.de/>>.

Armstrong, W., Borg, J., Krizack, M., Lindsley, A., Mines, K., Pearlman, J., Reisinger, K., Sheldon, S. (2008) Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos. Organización Mundial de la Salud. Recuperado

[http://www.who.int/disabilities/publications/technology/wheelchairguidelines\\_sp\\_finalforweb.pdf?ua=1](http://www.who.int/disabilities/publications/technology/wheelchairguidelines_sp_finalforweb.pdf?ua=1)

Arva,(2009), "RESNA Position on the Application of Wheelchair Standing Devices," *Assist. Technol.*, vol. 21, no. 3, pp. 161– 168.

Baena P. (2014). importancia de la investigación científica y su impacto social. En *Metodología de la Investigación* (pág. 11). México: Grupo editorial patria.

Bernal C.A. (2010). Proceso de investigación científica. En *Metodología de la investigación* (pág. 113). Colombia: Pearson Educación.

Castillero, M. (2017). Tipos de Discapacidad Física. Barcelona. <https://psicologiymente.net/salud/tipos-de-discapacidad- fisica>

Children's Hemiplegia and Stroke Association CHASA, (2004).. Hemiplegia in Children. <[www.chasa.org/hemiplegia.htm](http://www.chasa.org/hemiplegia.htm)>.

Daniel Marcena. (24 de septiembre de 2018). Desempleo en personas con discapacidad triplica al del promedio nacional. *el comercio*, 1, pag.3.

Dual-Purpose Wheelchair Mechanism Designs.pdf" (2014)  
<[http://www.iaeng.org/publication/IMECS2009/IMECS2009\\_pp1704- 1708.pdf](http://www.iaeng.org/publication/IMECS2009/IMECS2009_pp1704- 1708.pdf).

Duoc UC. (2018). Investigación Aplicada. 2018, de DUOC UC Sitio web: <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>

El dinamo. (9 de agosto de 2018). FOTO | Hinchas en silla de ruedas no pudieron ver nada del partido entre Colo Colo y Corinthians. el dinamo, 2.

Frohm. J (2008) A thesis design of an urban wheelchair

Goemaere, M.(2005). "Bone mineral status in paraplegic patients who do or do not perform standing," *Osteoporos. Int.*, vol. 4, no. 3, pp. 138–143.

Hermosilla. (2014). el caso de Estrella Quezada. Es discapacitada y quiere conocer sus derechos, 15.

Hurtado J. (2002). El "como" o la metodología de la investigación. En El proyecto de investigación holística (pág. 87). Bogotá: ISBN 958-20-0638-2.

Izquierdo Redín, M. (2008). Biomecánica bases neuronales de la actividad física y el deporte. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana.

Jiménez R. (1998). Elementos básicos para la investigación clínica. En Metodología de la investigación (pág. 14). Habana, Cuba: Ciencias Médicas del Centro Nacional de información de ciencias médicas.

Kuiken, (2004) "Manually operable standing wheelchair,"

Kuiken, A (2014) "Manually operable standing wheelchair," WO2004096620 A111-Nov-2004. <<http://www.freepatentsonline.com/7165778.pdf>>

Marketing Sunrise Medical. (2015). Marketing Sunrise Medical. Obtenido de marketing Sunrise Medical:

[http://marketing.sunrisemedical.com/education\\_es/formacion1.html](http://marketing.sunrisemedical.com/education_es/formacion1.html)



Marshall, (2005). "How Electric Motors Work  
<[www.howstuffworks.com/motor1.htm](http://www.howstuffworks.com/motor1.htm)>

Maxwell J, Belser J y Darlena D. (1941). La discapacidad y la comodidad. En Un manual de salud para mujeres con discapacidad (10-27). Canadá: Hesperian Foundation 2007.

Mott. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: cuarta edición.

National Institute of Neurological Disorders and Stroke. (2005) (NINDS). NINDS Stroke Information Page<[www.ninds.nih.gov/disorders/stroke/stroke.htm](http://www.ninds.nih.gov/disorders/stroke/stroke.htm)>.

Nicholas. K (2006) A Thesis DESIGN OF A POWER-ASSIST HEMIPLEGIC WHEELCHAIR

Olga Saavedra. (4 de agosto de 2019). Mujeres con discapacidad son discriminadas en todo el país. *la república*, 2, pag.4.

Organización Mundial de la Salud. (2018). Discapacidad y Salud. 2018, de Organización Mundial de la Salud Sitio web:  
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

Organización Mundial de la Salud. (2015). Discapacidades. 2016, de organización mundial de la salud Sitio web:  
<https://www.who.int/topics/disabilities/es/>

Ortopedia1. (s.f.). *Silla de ruedas*. Recuperado el 2015 de mayo de 29, de <http://ortopedia1.com/>.

Power packer. (2014). Obtention de Power packer:  
<http://www.powerpackerus.com/portfolio-item/mk5/>

Power Supply Product on Alibaba.com (2015) <<http://www.alibaba.com/product-detail/stepper-motor-power-supply-24v->

Prosthetic apparatus for supporting a user in sitting or standing positions,” (2014) <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US6125957.pdf>].

Rodríguez M. y Vargas E. (2013). Diseño de investigación no experimental transeccional. En Diseños cuantitativos de investigación (pág. 4,5 y 6). Barquisimeto, Venezuela: Universidad Yacambú.

Sandra Reyes. (23 de febrero de 2019). Metro de Lima se pronunció por caso de mujer con discapacidad que se arrastró por escaleras. *la república*, 1, pag.3.

salud, O. m. (2008). *Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos*. Recuperado el 6 de junio de 2015, de <http://www.who.int/>

Shigley (2008). *mechanical engineering design Mexico Eighth edition*

Stepper Motor Driver DQ860MA(2014) :Stepper Motor Driver DQ860MA Wholesaler,” <<http://www.wantmotor.com/ProductsView.asp?id=271&pid=82>.

Tamayo M. (2002). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa S.A.

Teresa Diaz, J. R. (2004). *Silla de ruedas controlada automaticamente para personas discapacitadas*. Santander.

Tv pe noticias. (22 de noviembre de 2018). Puentes peatonales no cuentan con rampas para personas con discapacidad. *tv pe noticias*, 3, pag.6.

## ANEXOS

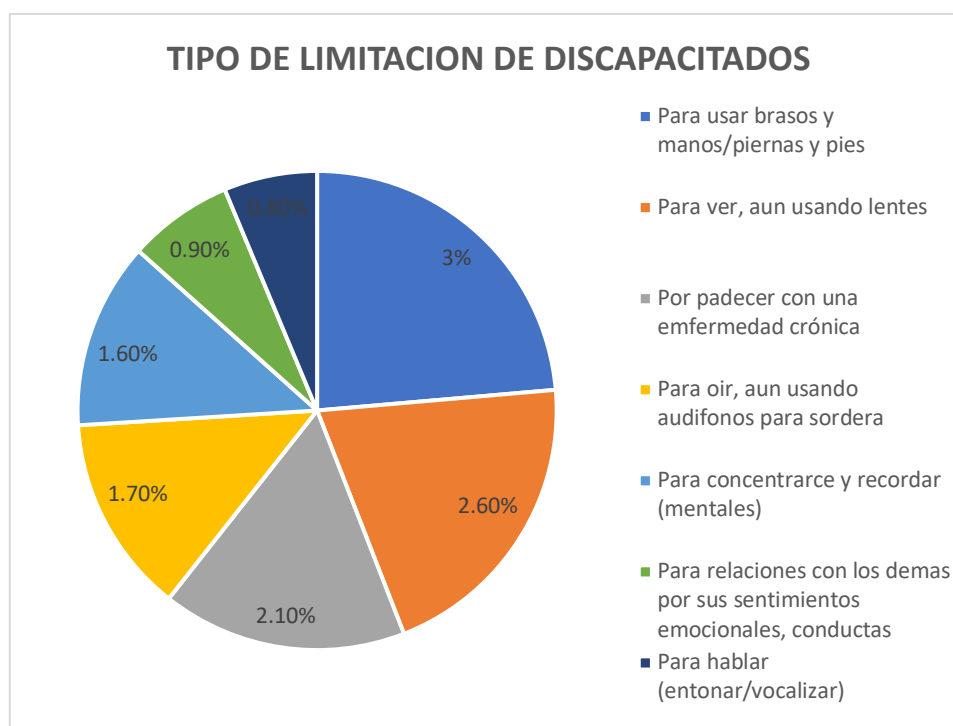
### Anexo 01. Cantidad de discapacitados según género

PERÚ: POBLACIÓN CENSADA, CON ALGUNA DIFICULTAD O LIMITACIÓN PERMANENTE, SEGÚN SEXO Y ÁREA URBANA Y RURAL, 2017  
(Absoluto y porcentaje)

Sexo / Área urbana y rural	Total	Con alguna dificultad o limitación permanente		Sin dificultad o limitación permanente	
		Absoluto	%	Absoluto	%
<b>Total</b>	<b>29 381 884</b>	<b>3 051 612</b>	<b>10,4</b>	<b>26 330 272</b>	<b>89,6</b>
Hombre	14 450 757	1 312 433	9,1	13 138 324	90,9
Mujer	14 931 127	1 739 179	11,6	13 191 948	88,4
<b>Urbana</b>	<b>23 311 893</b>	<b>2 487 288</b>	<b>10,7</b>	<b>20 824 605</b>	<b>89,3</b>
Hombre	11 377 486	1 039 102	9,1	10 338 384	90,9
Mujer	11 934 407	1 448 186	12,1	10 486 221	87,9
<b>Rural</b>	<b>6 069 991</b>	<b>564 324</b>	<b>9,3</b>	<b>5 505 667</b>	<b>90,7</b>
Hombre	3 073 271	273 331	8,9	2 799 940	91,1
Mujer	2 996 720	290 993	9,7	2 705 727	90,3

Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de vivienda y III comunidades indígenas 2017.

### Anexo 02. Tipo de limitación de discapacitados



Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de vivienda y III comunidades indígenas 2017.

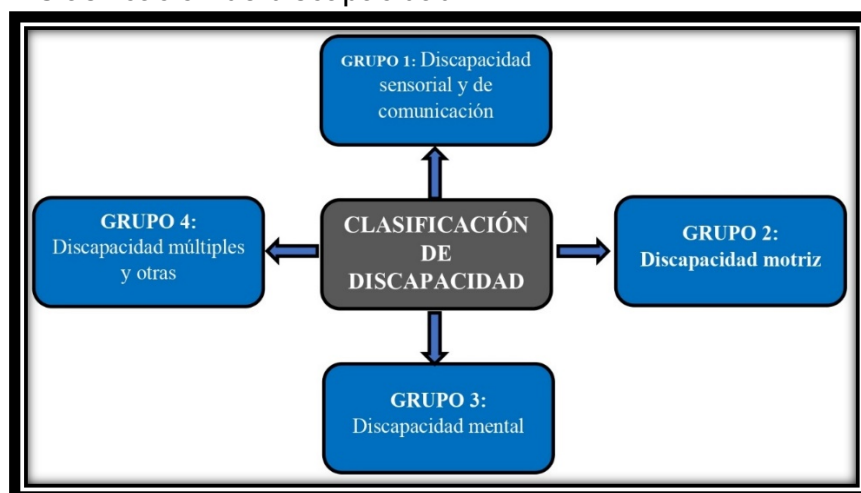
### Anexo 03. Cantidad de discapacitados en la libertad

PERÚ: POBLACIÓN CENSADA, CON ALGUNA DIFICULTAD O LIMITACIÓN PERMANENTE, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2017  
(Absoluto y porcentaje)

Departamento	Total	Con alguna dificultad o limitación permanente		Sin dificultad o limitación permanente	
		Absoluto	%	Absoluto	%
<b>Total</b>	<b>29 381 884</b>	<b>3 051 612</b>	<b>10,4</b>	<b>26 330 272</b>	<b>89,6</b>
Amazonas	379 384	33 944	8,9	345 440	91,1
Áncash	1 083 519	124 171	11,5	959 348	88,5
Apurímac	405 759	43 843	10,8	361 916	89,2
Arequipa	1 382 730	151 470	11,0	1 231 260	89,0
Ayacucho	616 176	63 896	10,4	552 280	89,6
Cajamarca	1 341 012	113 550	8,5	1 227 462	91,5
Prov. Const. del Callao	994 494	110 210	11,1	884 284	88,9
Cusco	1 205 527	132 964	11,0	1 072 563	89,0
Huancavelica	347 639	33 434	9,6	314 205	90,4
Huánuco	721 047	67 883	9,4	653 164	90,6
Ica	850 765	90 181	10,6	760 584	89,4
Junín	1 246 038	128 805	10,3	1 117 233	89,7
La Libertad	1 778 080	160 012	9,0	1 618 068	91,0
Lambayeque	1 197 260	120 445	10,1	1 076 815	89,9
Lima	9 485 405	1 051 564	11,1	8 433 841	88,9
Loreto	883 510	70 394	8,0	813 116	92,0
Madre de Dios	141 070	12 240	8,7	128 830	91,3
Moquegua	174 863	20 372	11,7	154 491	88,3
Pasco	254 065	24 892	9,8	229 173	90,2
Piura	1 856 809	168 563	9,1	1 688 246	90,9
Puno	1 172 697	153 869	13,1	1 018 828	86,9
San Martín	813 381	73 489	9,0	739 892	91,0
Tacna	329 332	38 007	11,5	291 325	88,5
Tumbes	224 863	21 513	9,6	203 350	90,4
Ucayali	496 459	41 901	8,4	454 558	91,6
Provincia de Lima <sup>1/</sup>	8 574 974	949 969	11,1	7 625 005	88,9
Región Lima <sup>2/</sup>	910 431	101 595	11,2	808 836	88,8

Fuente: INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de vivienda y III comunidades indígenas 2017.

### Anexo 04. Clasificación de discapacidad



Fuente: Organización Mundial de Salud, 2012

**Anexo 05.** Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CATEGORIAS O DIMENSIONES	DEFINICIÓN	INDICADOR	NIVEL DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ÍNDICE
Autonomía de desplazamiento	Dependiente - cuantitativa	Distancia vertical y velocidad de elevación de la silla mejorada Desplazamiento y velocidad de traslado de la silla mejorada	Movimiento	Alcance, traslado y accesibilidad a niveles más altos, realizando actividades con menos esfuerzo y sin ayuda de personas terceras (Sunrise Medical, 2018)	Altura Distancia Altura-distancia	Intervalo	Metros	Elevación y desplazamiento
Persona discapacitada	Independiente - cualitativa	Discapacidad o con dificultad para desplazarse	Medidas antropométricas	Personas con dificultad para caminar, manipular objetos y de coordinación de movimiento para realizar actividades en la vida cotidiana. (OMS, 2012)	Peso Tamaño Tipos de paraplejia	Nominal	Kilogramos Metros Problemas inferiores y superiores	discapacidad

Fuente: elaboración propia

### **Anexo 06.** Cálculo de para determinar la población

La población se obtuvo a través de los censos nacionales del Perú, a través del último censo realizado en el 2017, según el INEI 160,012 personas tienen alguna dificultad o limitación permanente (Anexo 02), lo cual 25,762 tienen dificultad para moverse o caminar, teniendo el 16.1%, (Anexo 03).

#### **Muestra:**

Para determinar la muestra se usó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N - 1) * E^2 + Z^2 * p * q} \quad [2.1]$$

#### **Donde:**

**n:** Muestra = **lo que se necesita encontrar**

**N:** Población = **25762**

**Z:** Nivel de confianza = **(90% = 1.645)**

**p:** Proporción de éxito = **(16.1% = 0.161)**

**q:** (1-p) proporción fracaso = **(83.9% = 0.839)**

**E:** Error de estimación = **(10% = 0.10)**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**ENCUESTA**

**TESIS:**

MEJORAMIENTO DE LA AUTONOMÍA DE DESPLAZAMIENTO DE  
PERSONAS PARAPLÉJICAS, MEDIANTE LA ADAPTACIÓN DE LAS SILLAS  
DE RUEDAS CONVENCIONALES.

**OBJETIVO DE LA ENCUESTA:**

OBTENER INFORMACIÓN DE SATISFACCIÓN DE LA SILLA DE RUEDA  
CONVENCIONAL, Y QUE MEJORAS SE LE PUEDE DAR.

**DIRIGIDO:**

PERSONAS DISCAPACITADAS

**NOMBRE DE ENCUESTADO** :

**EDAD** :

**PESO** :

**NOMBRE(S) DE ENCUESTADOR** : - Jhon Anthony Rodríguez Flores  
**(ES)** - Fernando André Pastor Espinoza

**FECHA DE REALIZACIÓN** :

**INSTRUCCIONES:**

- ❖ Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar su respuesta.
- ❖ A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- ❖ Al marcar, puede utilizar una (x) o una (√).



## CUESTIONARIO

1. ¿A qué grado de inclinación quisiera estar en la silla mejorada?
  - a) Verticalmente
  - b) Punto medio
  - c) Sentado
2. ¿En qué tipo de terreno quisiera movilizarse con la silla mejorada?
  - a) Arenoso
  - b) Superficie pulida
  - c) Trocha
3. ¿A qué velocidad quisiera movilizarse con la silla mejorada?
  - a) Rápido
  - b) Moderado
  - c) Lento
4. ¿Qué tipo de control de desplazamiento quisiera que tenga la silla mejorada?
  - a) Automática
  - b) Semiautomática
  - c) Manual
5. ¿Qué tipo de control de frenado quisiera que tenga la silla mejorada?
  - a) Automática
  - b) Semiautomática
  - c) Manual
6. ¿Qué tipo de control de elevación quisiera que tenga la silla mejorada?
  - a) Automática
  - b) semiautomática
  - c) manual
7. ¿Qué tipo de giro quisiera que tenga la silla mejorada?
  - a) Giro 360°
  - b) Giro 180°
  - c) Línea recta







8. ¿Qué tipo de material quisiera que tenga el asiento de la silla mejorada?
- a) Plástico
  - b) Algodón de chanilla
  - c) Acolchonado forrado de tela microfibras
9. ¿Qué tipo de material quisiera que tenga el espaldar de la silla mejorada?
- a) Plástico
  - b) Algodón
  - c) Acolchonado
10. ¿Qué tipo de material quisiera que tenga las fajas de sujeción de la silla mejorada?
- a) Tela
  - b) Algodón
  - c) Acolchonado
11. ¿Qué tipo de material quisiera que tenga el apoya brazos de la silla mejorada?
- a) Metal
  - b) Plástico
  - c) Acolchonado
12. ¿Qué tipo de accesorio extra quisiera que tenga la silla mejorada?
- a) Canasta
  - b) Bolso
  - c) Ninguno



**Anexo 08.** Guía de entrevista aplicada a especialista en parapleja



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**ENTREVISTA**

**TESIS:**

MEJORAMIENTO DE LA AUTONOMÍA DE DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS, MEDIANTE LA ADAPTACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS CONVENCIONALES.

**OBJETIVO DE LA ENTREVISTA:**

OBTENER INFORMACIÓN ESPECIFICA DE LAS PERSONAS PARAPLÉJICAS PARA LOGRAR LA BIPEDESTACIÓN.

**DIRIGIDO:**

ESPECIALISTA EN PARAPLEJIA

**NOMBRE DE ESPECIALISTA :**

**NOMBRE(S) DE ENTREVISTADOR (ES) :** - Jhon Anthony Rodríguez Flores  
- Fernando André Pastor Espinoza

**FECHA DE REALIZACIÓN :**

**INSTRUCCIONES:**

- ❖ Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a responder de manera clara y precisa en las líneas horizontales.



### GUIA DE ENTREVISTA

1. ¿Qué tipos de paraplégicos tienen las condiciones para poder tener una postura vertical?

---

---

2. ¿Qué tipos de paraplégicos no tienen las condiciones para poder tener una postura vertical?

---

---

3. ¿A qué grado de inclinación pueden estar los paraplégicos?

---

---

4. ¿Cuál es el peso promedio saludable del paraplégico?

---

---

5. ¿En qué partes del cuerpo puede usar el paraplégico, las fajas de sujeción?

---

---

6. ¿Qué tipo de material es recomendable utilizar en las fajas de sujeción, para no afectar a la salud del paraplégico?

---

**INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**





---

7. ¿Qué tipo de silla de ruedas normada, es recomendable para los parapléjicos?

---

---

8. ¿Qué tipo de material es recomendable utilizar en los asientos de la silla de ruedas, para evitar que el parapléjico tenga problemas de salud?

---

---

9. ¿Qué tipo de material es recomendable utilizar en el espaldar de la silla de ruedas, para evitar que el parapléjico tenga problemas de salud?

---

---

10. ¿Sería de ayuda en su tratamiento poder usar una silla bipedestadora? ¿Por qué?

---

---

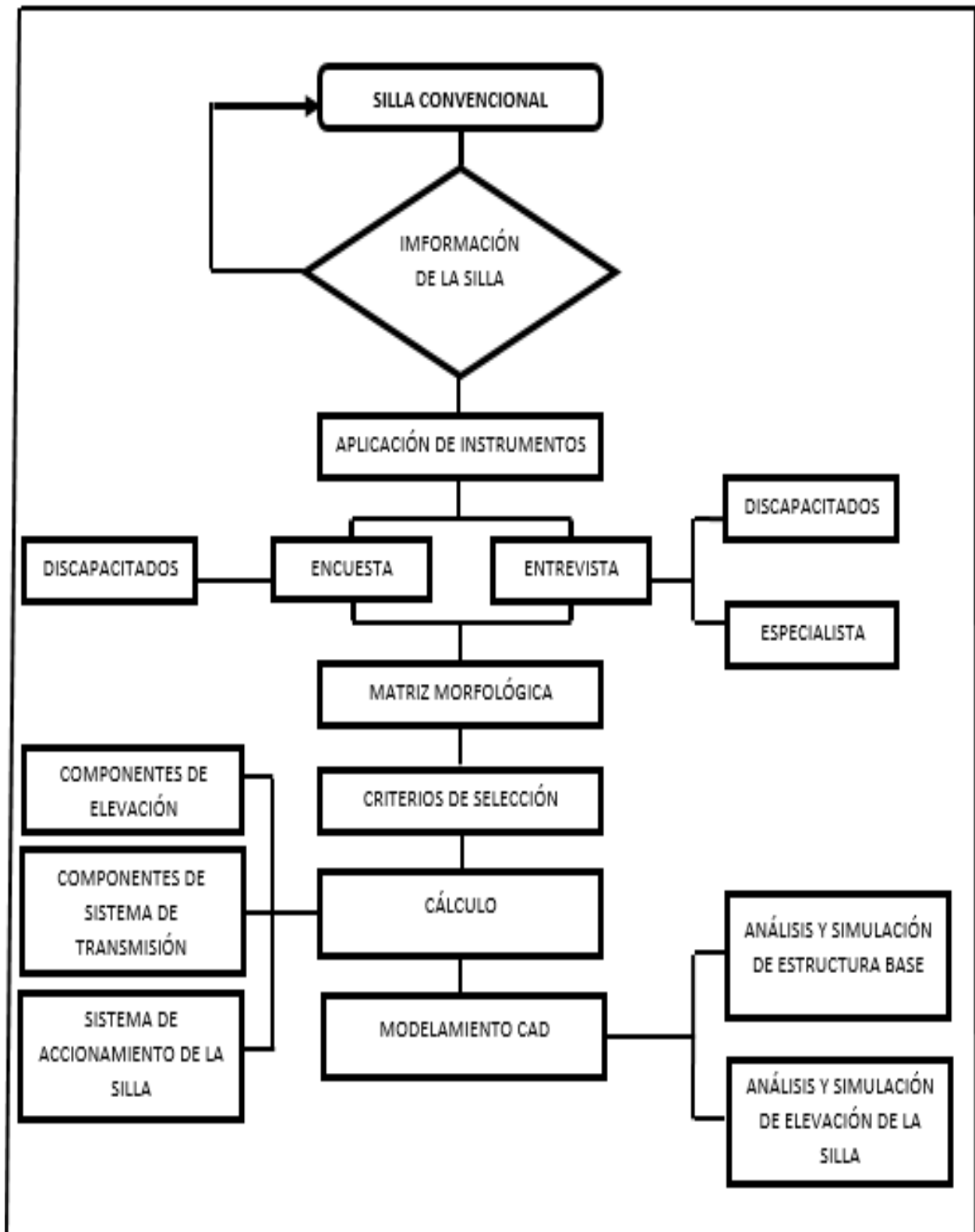
11. ¿Al utilizar esta silla bipedestadora contribuiría en su salud emocional?

---

---



**Anexo 09.** Flujograma de procedimiento para el diseño



Fuente: Elaboración propia

## **Anexo 10.** Recopilación de datos de las sillas convencionales

En esta parte de la investigación se optó por sintetizar información de cada uno de los componentes como el chasis, aros, ruedas delanteras, ruedas posteriores, reposabrazos, reposapiés y frenos.

<b>Chasis</b>	
<b>Rígido</b>	<b>Plegable</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Material: aluminio, polímeros de alta resistencia.</li><li>• Capacidad de Soporte 100 kg.</li><li>• Diámetro tubular: 18mm</li><li>• Espesor: 1.5 mm</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material: Acero cromado, acero esmaltado, aluminio de alta resistencia.</li><li>• Refuerzo de cruzetas.</li><li>• Capacidad para soportar 150 kg.</li><li>• Diametro tubular: 20mm</li><li>• Espesor-2.0 mm</li></ul>

Fuente: ALPHA MEDICAL 2018

Tipos de aros y material de sillas de ruedas convencionales.

<b>Aros</b>
<b>Material</b>
Aluminio
Acero
Titanio

Fuente: SUNRISE MEDICAL 2005

En las dos siguientes tablas, se detalla las características de los diferentes ruedas posteriores y delanteras que existen en el mercado.

Ruedas delanteras según su diámetro y tipo de material

<b>Ruedas Delanteras</b>		
<b>Ø 3"</b>	<b>Ø 5"</b>	<b>Ø 8"</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Material: Plástico</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material: Caucho</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Material: Jebe</li></ul>

Fuente: SUNRISE MEDICAL 2005

Ruedas posteriores según diámetro y tipo de material

<b>Ruedas Posteriores</b>		
Ø 20"	Ø 22"	Ø 24"
• Material: Plástico	• Material: caucho	• Material: Jebe

Fuente: OTTOBOCK 2018

En la siguiente tabla se muestra los tipos de reposabrazos y material que se usa, para que el paciente tenga una mayor comodidad

Tipos de reposabrazos

<b>Reposabrazos</b>	
<b>Tipos</b>	<b>Material</b>
Fijos	Almohadillado
Desmontables	Poliéster
Regulables	Plástico forrado
Escritorio	de algodón
Tubulares	

Fuente: OTTOBOCK 2018

Tipos de reposapiés

<b>Reposapiés</b>	
<b>Fijos</b>	<b>Desmontables</b>
Aluminio	Aluminio
Acero	Acero

Fuente: MOBICLINIC 2012

Tipos, material y longitud de frenos de sillas de ruedas

<b>Frenos</b>			
<b>Tipo</b>		<b>Material</b>	<b>Longitud</b>
• Frenos con zapata		• Polímero	• Longitud 120mm
		• Jebe	• Longitud 150mm
• Palanca		• Plástico	
• Tijera			
• Tambor			

Fuente: SUNRISE MEDICAL 2005

## MEDIDAS DE UNA SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL

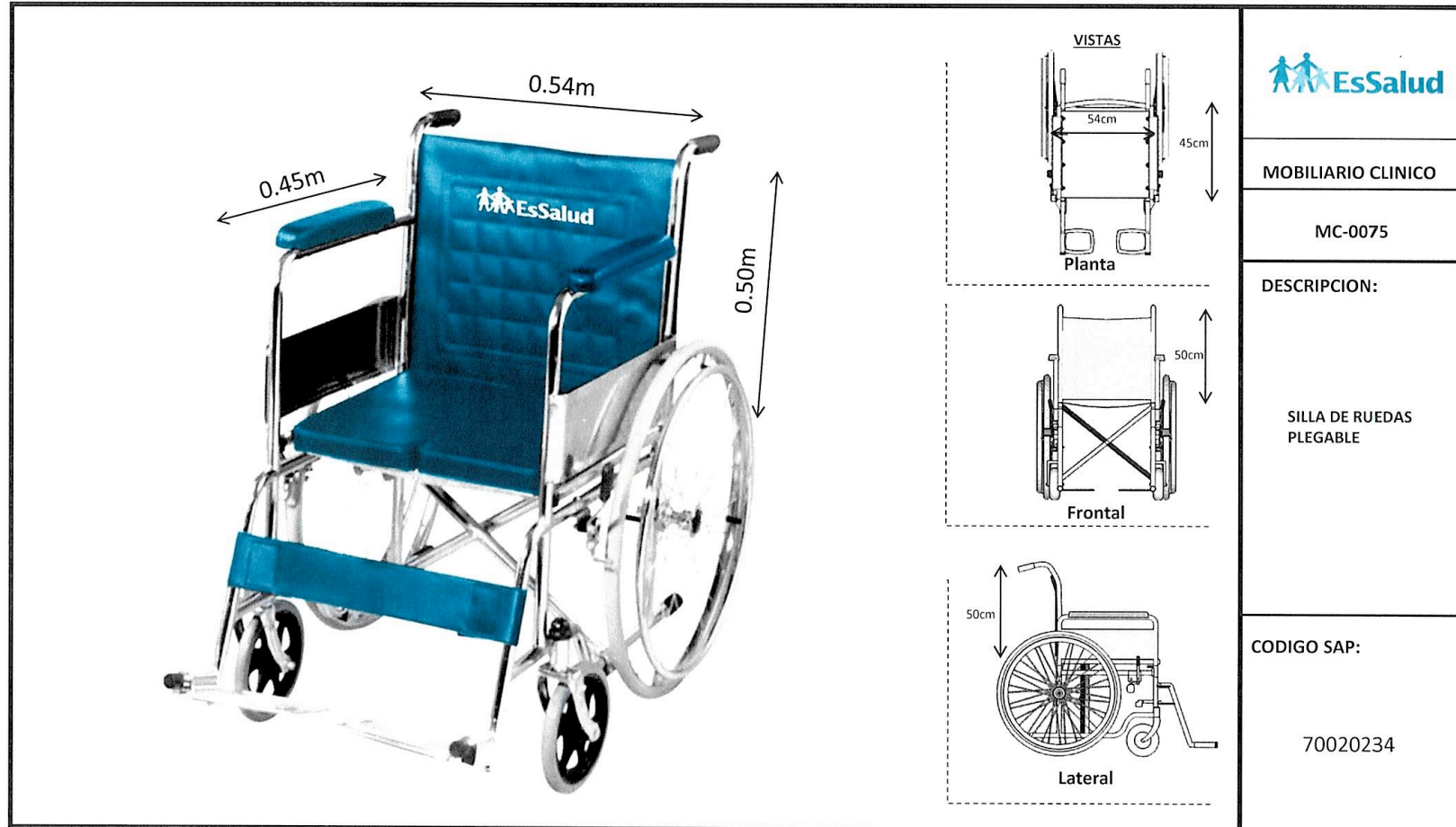


Figura 18. medidas de una silla de ruedas convencional

Fuente: EsSalud, 2019

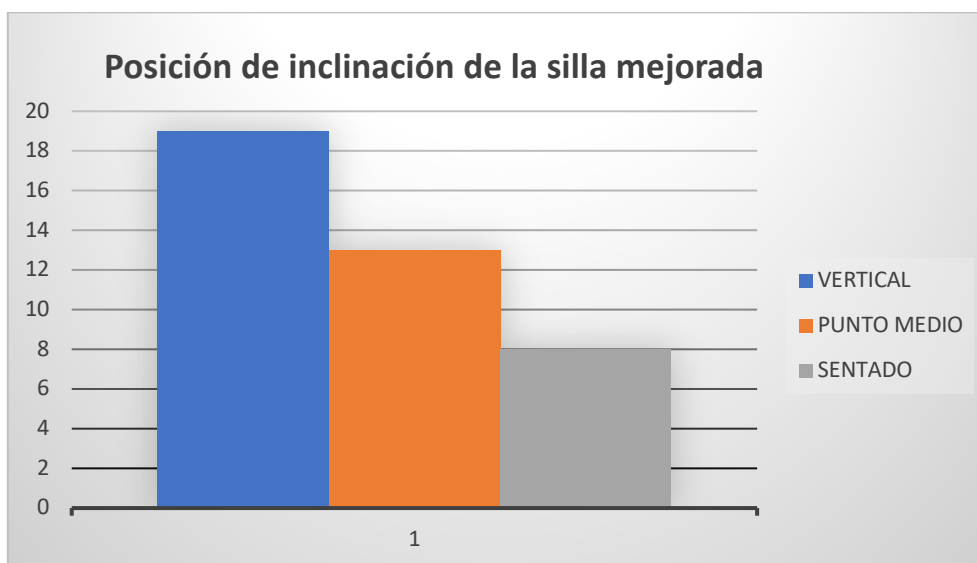


**Anexo 11.** Tabla de recolección de datos de los discapacitados encuestados

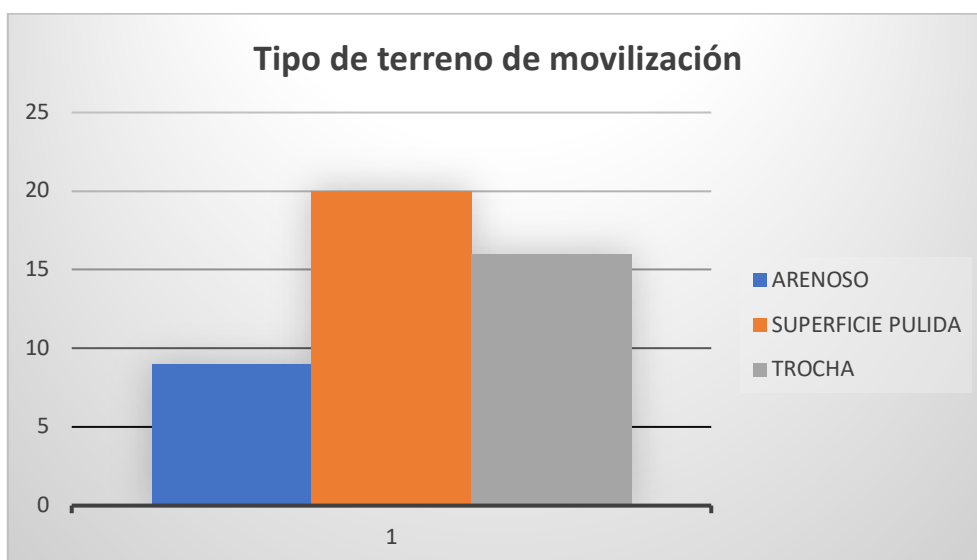
<b>Ítem</b>	<b>Apellido</b>	<b>Nombre</b>	<b>Edad</b>	<b>Peso (kg)</b>
1	Paico	Marino	32	74
2	Carranza	Fredy	45	67
3	Paredes	Wilson	31	57
4	Orellano	Helder	26	60
5	Palomino	Vicente	53	62
6	Quezada	Alex	29	65
7	Pérez	Ana	34	50
8	Peña	Jorge	24	59
9	Quispe	Elena	41	58
10	Castillo	Enrique	32	69
11	Díaz	José	47	72
12	Rodríguez	Felipe	33	68
13	Peralta	Juan	25	66
14	Purisaga	Jorge	37	75
15	Cabellos	Rafael	30	67
16	Miranda	Rómulo	29	80
17	Fuentes	Guillermo	52	70
18	Silva	Roció	41	59
19	Zabaleta	Pilar	33	52
20	Fiestas	Joel	41	82
21	Álvarez	Marco	28	66
22	Molina	Denis	34	73
23	Gonzales	Elvis	44	81
24	Rosales	Bibiana	37	57
25	Guerrero	Luis	25	70
26	Terrones	Alain	55	78
27	Molina	Alfredo	54	66
28	Ordinola	Néstor	33	74
29	García	Pedro	27	69
30	Medina	Wilmer	39	60
31	Gómez	Santos	43	82
32	Cabrera	Junior	21	66
33	Alcántara	Agusto	47	75
34	Llontop	Pablo	39	80
35	Alcalde	Ricardo	32	69
36	Vásquez	María	43	59

Fuente: elaboración propia

## Anexo 12. Gráficos de resultados de encuesta aplicada a discapacitados



Fuente: Elaboración propia



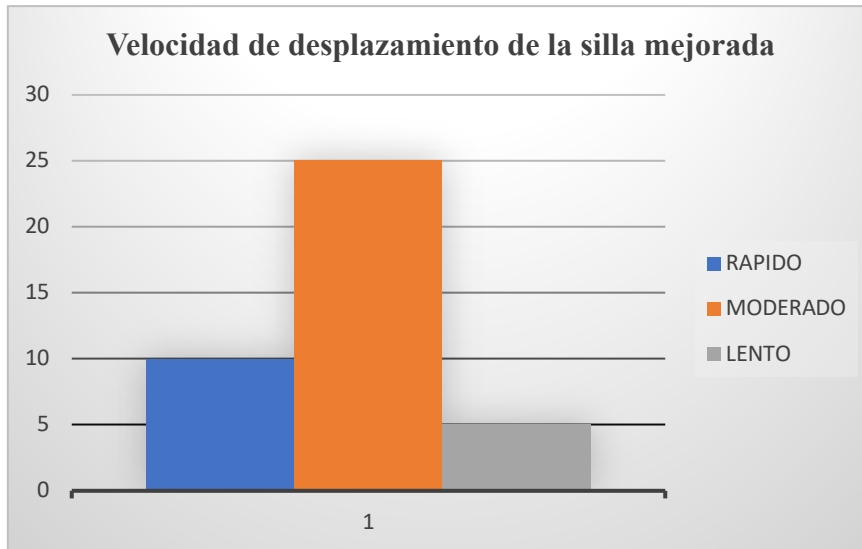
Fuente: Elaboración propia

Según mobile (2010), en su manual del usuario nos describe los tipos de velocidades:

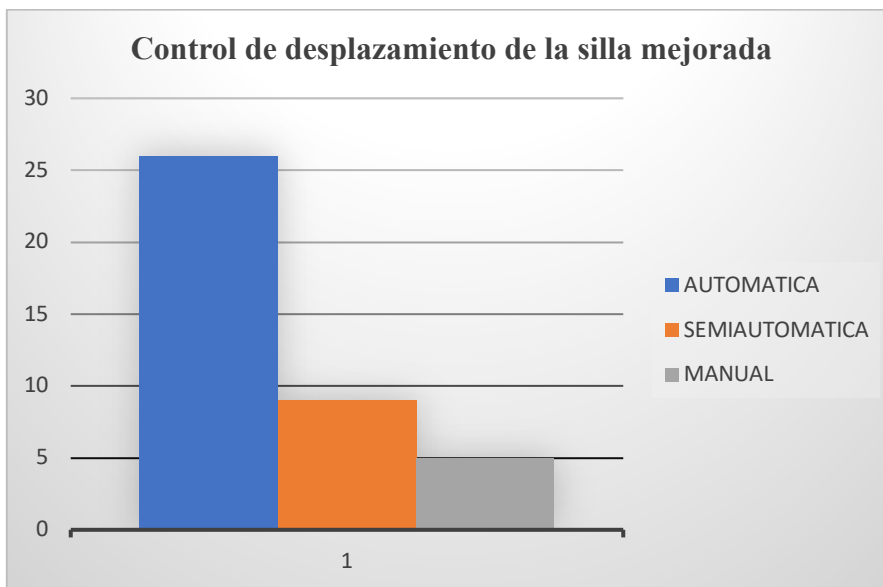
Velocidad rápida: 10 km/h

Velocidad moderada: 8.28 km/h

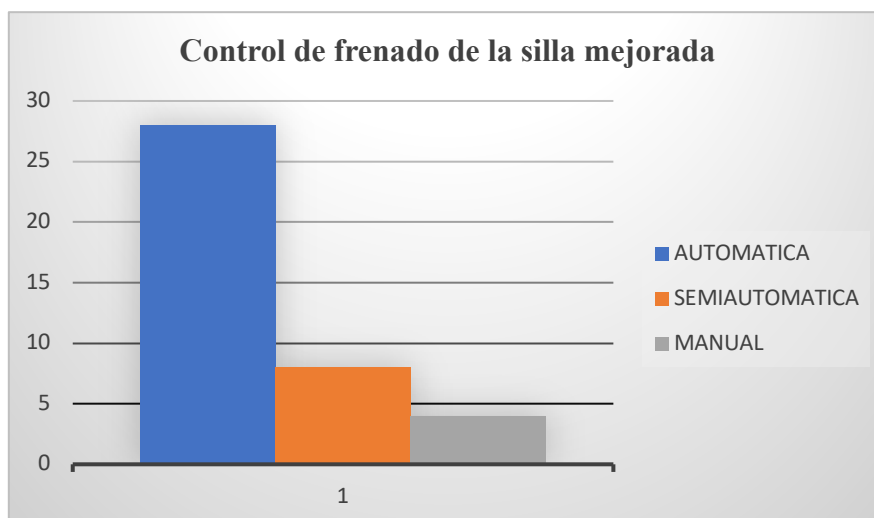
Velocidad lenta: 3.6 km/h



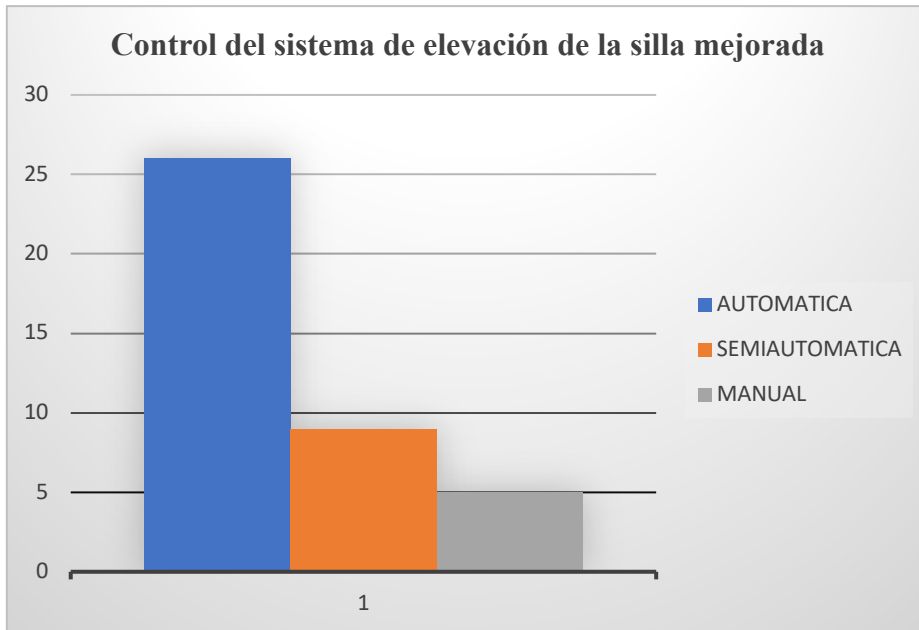
Fuente: Elaboración propia



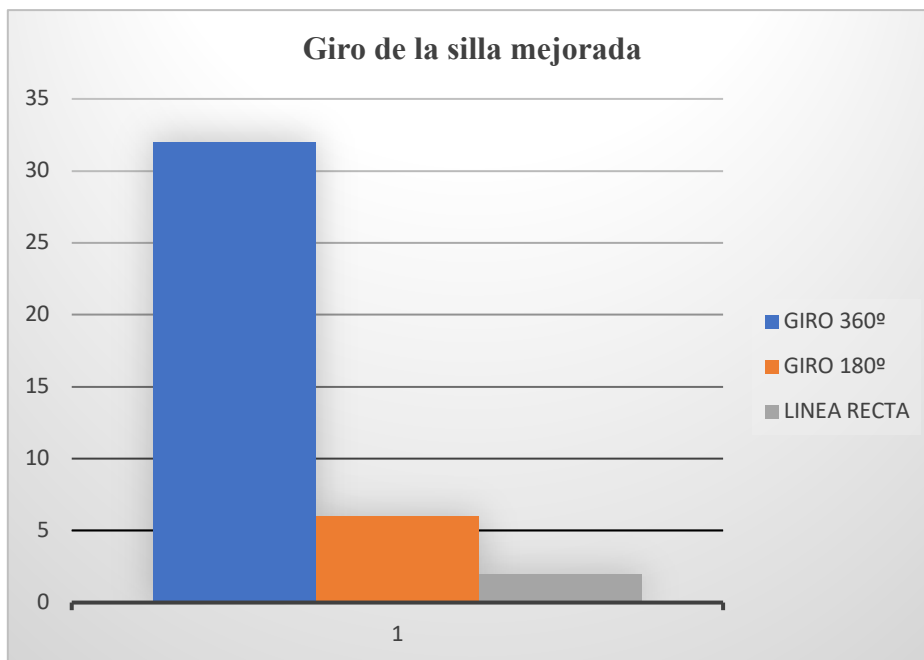
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



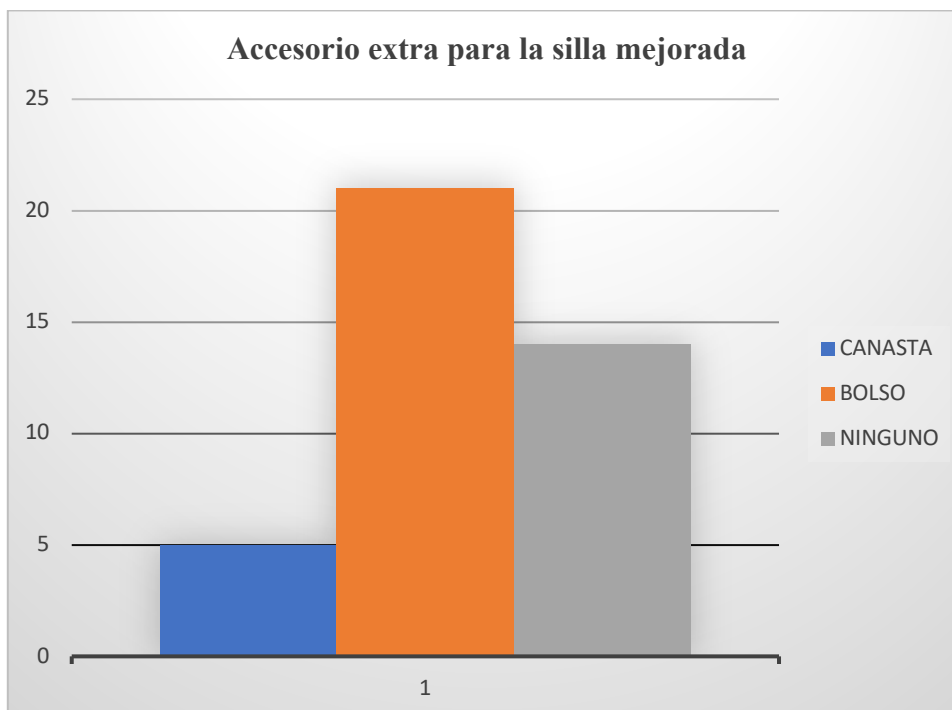
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

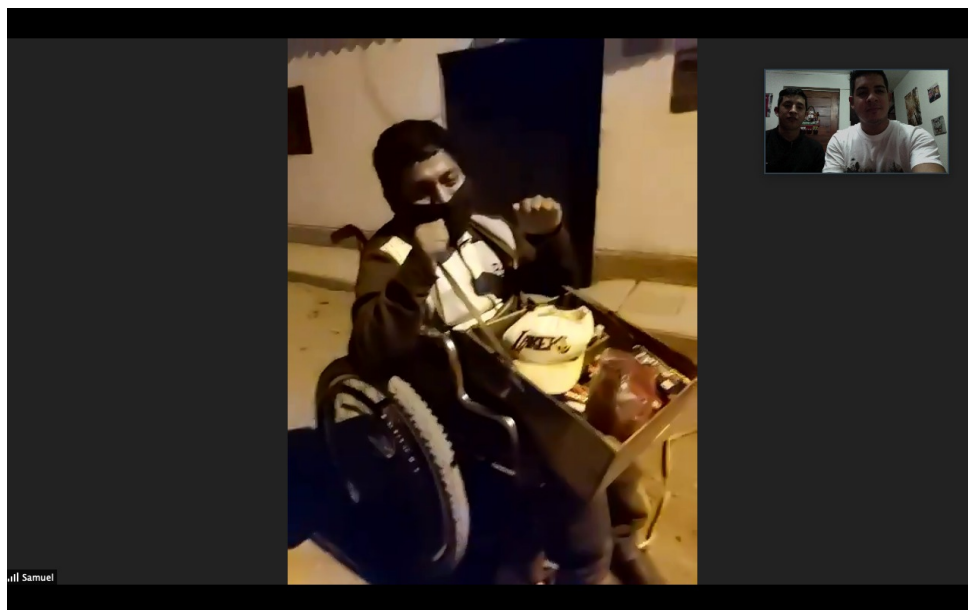


Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 13.** Screenshot de encuesta a discapacitado a través de video llamada, aplicación “ZOOM”.



Fuente: Aplicativo ZOOM






**Anexo 14.** Screenshot de entrevista a especialista en paraplejia a través de video llamada, aplicación “ZOOM”



Fuente: Aplicativo ZOOM

**Anexo 15.** Estado del arte




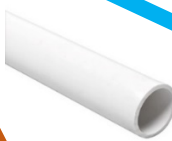













En este cuadro se presentan los diversos diseños de sillas bipedestadoras que existen, donde se detalla cada de sus especificaciones:

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>Silla bipedestadora LEVO LCEV</b>	<b>Silla bipedestadora LILIBOT</b>	<b>Silla para bipedestación (Jácome)</b>	<b>Silla bipedestadora LY-ESB240</b>	<b>Silla bipedestadora SME</b>
					
<b>ORIGEN</b>	Suiza	Ecuador	ecuador	taiwan	España
<b>PESO DE SILLA</b>	25 kg	45 kg	25 kg	70 kg	29
<b>CAPACIDAD MÁXIMA DE SOPORTE</b>	120 kg	100 kg	150 kg	160 kg	120 kg
<b>CONTROL DE DESPLAZAMIENTO</b>	Manual	Automático	Manual	Automático	Manual
<b>CONTROL DE BIPEDESTACIÓN</b>	Automático	Automático	Automático	Automático	Automático
<b>COSTO</b>	€7,178.00.	\$9,051.00	\$5000.00	\$15,000.00	\$9,000.00



Fuente: elaboración propia

**Anexo 16.** Matriz morfológica de tres alternativas planteadas

En la siguiente matriz morfológica, de detalla cada característica y especificación de las tres alternativas de solución.




<b>Tipo de estructura base</b>	Rigido 	Plegable 	
<b>Material de estructura base</b>	Acero 	PCV 	Aluminio 
<b>Diámetro de llantas posteriores</b>	20 pulgadas 	22 pulgadas 	24 pulgadas 
<b>Tipo de material de aros posteriores</b>	plastico 	Aluminio 	Fibra de carbono 
<b>Diámetro de ruedas delanteras</b>	3 pulgadas 	5 pulgadas 	8 pulgadas 
<b>Frenos</b>	Tipo palanca 	Automático 	Tipo abrazadera 



<p><b>Accionamiento de desplazamiento horizontal</b></p>	<p>Manual</p> 	<p>Rueda catalina</p> 	<p>Motorizado</p> 
<p><b>Accionamiento de desplazamiento vertical</b></p>	<p>Hidráulico</p> 	<p>Eléctrico</p> 	<p>Mecánico</p> 
<p><b>Control de accionamientos</b></p>	<p>Manual mecánico</p> 	<p>Automatico</p> 	<p>Manual hidráulico</p> 
<p><b>Tipo de apoya pies</b></p>	<p>Tipo bandeja</p> 	<p>Individual</p> 	
<p><b>Tipos de sujeción del parapléjico</b></p>	<p>Tipo chaleco</p> 	<p>Tipo faja</p> 	<p>Tipo cinturón</p> 
<p>Alternativas</p>	<p>Alternativa 1</p>	<p>Alternativa 2</p>	<p>Alternativa 3</p>

Fuente: elaboración propia

Color característico de las alternativas de solución

Concepto de solución	Color de línea
Alternativa 1	
Alternativa 2	
Alternativa 3	

Fuente: elaboración propia

#### Anexo 17. Criterios de selección

Criterio	Puntaje
Seguridad	5
Ergonomía	4
Capacidad de bipedestación	3
Costo	2
Mantenimiento	1

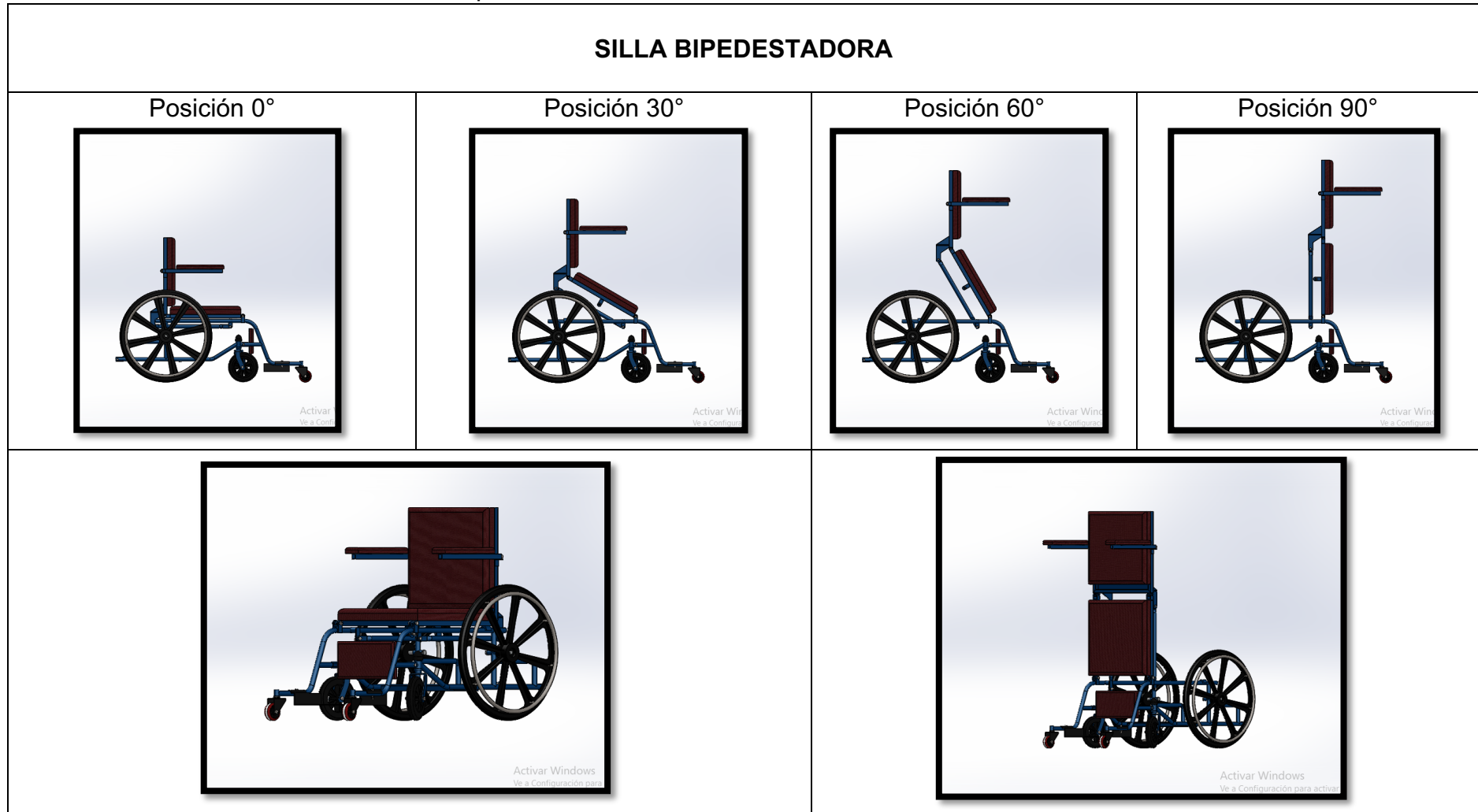
Fuente: Elaboración propia

Se calificarán con puntajes de 1 al 10 para ser multiplicados por el peso de los respectivos criterios, estos criterios se describen y se definen en la siguiente tabla:

Criterio	Definición
<b>Seguridad</b>	Rigidez de la estructura y probabilidad de volcadura de la silla
<b>Ergonomía</b>	Cualidades de diseño que permiten que el usuario se sienta cómodo
<b>Capacidad de bipedestación</b>	Facilidad de operar el equipo y desempeño en el entorno de la vida cotidiana logrando tener una posición vertical sin ningún inconveniente.
<b>Costo</b>	Cantidad de dinero para adquirir la silla, en este caso, mientras más elevado sea el costo, menor será el puntaje
<b>Mantenimiento</b>	Cuidados necesarios que debe tener la silla para que funcione en óptimas condiciones, mientras más cuidados tenga menor será el puntaje

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Diseño estructural de la silla bipedestadora

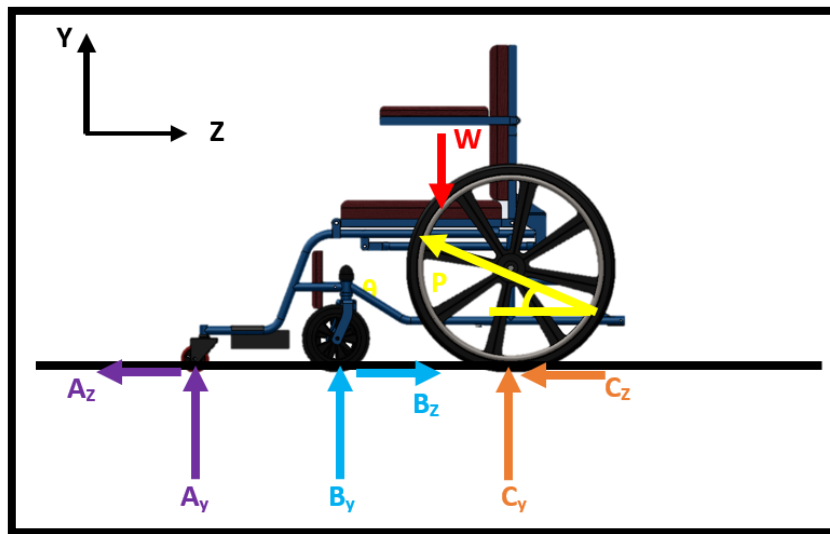


Fuente: software CAD SolidWorks

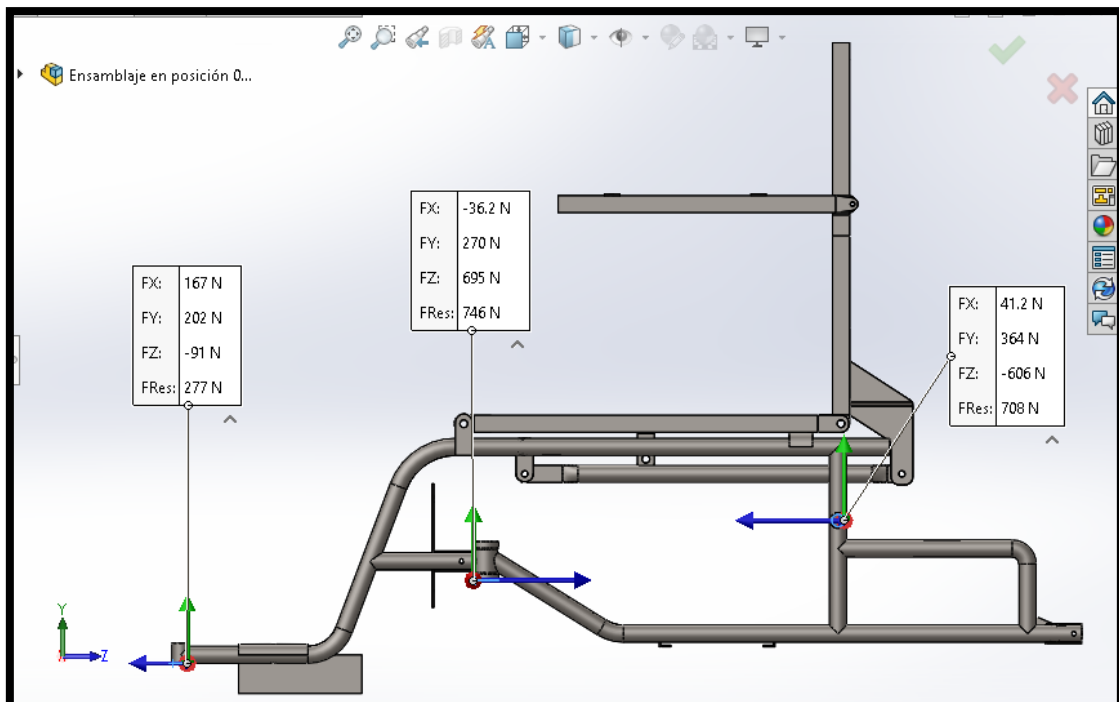
## Anexo 19. Componentes eléctricos la silla bipedestadora

Para seleccionar el actuador lineal, se realizó un cálculo previo, en la cual se calculó para diferentes posiciones ( $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $90^\circ$ ). Donde cada posición tiene diferente carga, y se seleccionó la carga máxima.

Posición 1 ( $0^\circ$ ): Para realizar la selección del actuador lineal, se tomó en cuenta la carga nominal que debe soportar el actuador, lo cual se define una carga P. Para esta primera posición la carga es 0, ya que el actuador no ejerce fuerza porque la silla esta en reposo.

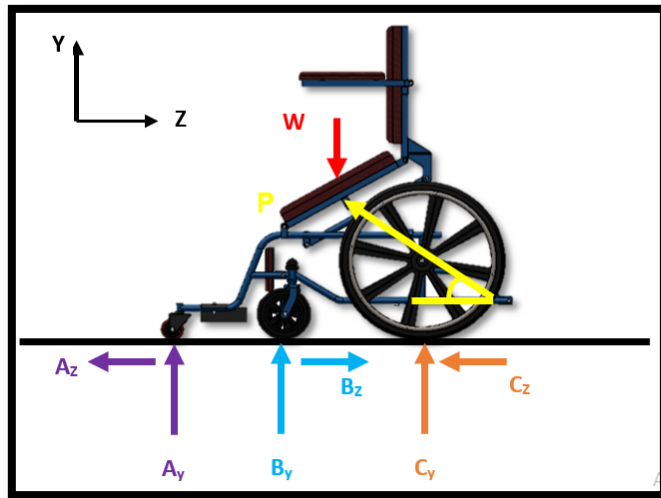


Fuente: elaboración propia

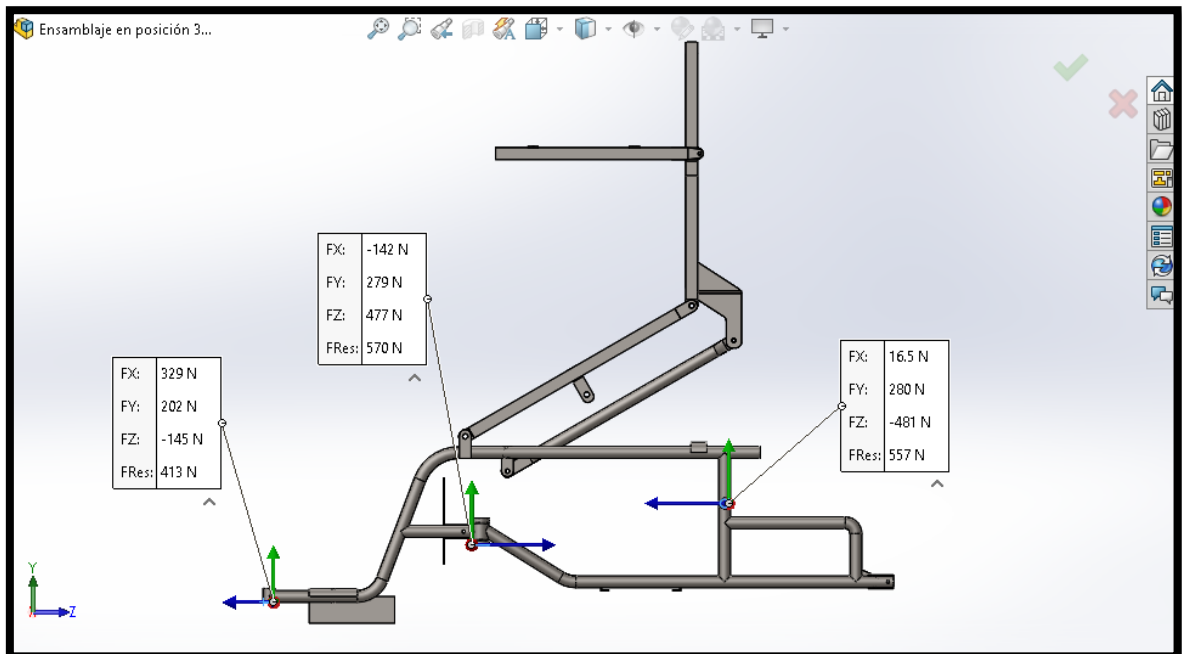


Fuente: software CAD SolidWorks

Posición 2 (30°): en esta posición el actuador se encuentra en un ángulo de 34°.



Fuente: elaboración propia



Fuente: software CAD SolidWorks

$$\Sigma F_Z = 0$$

$$P \cos \theta + A_Z + B_Z + C_Z = 0$$

$$P \cos 34^\circ + (-145) + 477 + (-481) = 0$$

$$P = 179 \text{ N}$$

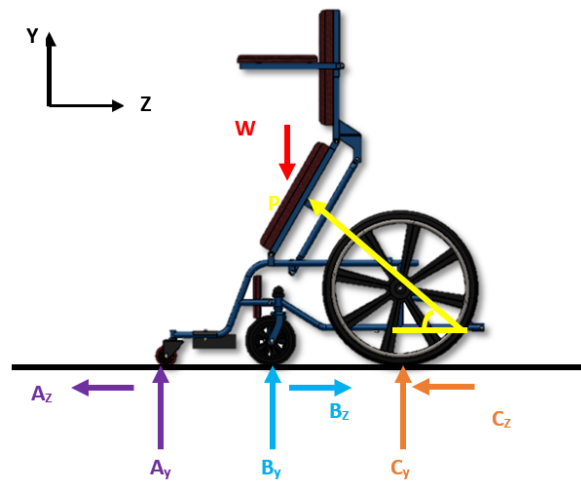
$$\Sigma F_Y = 0$$

$$P \sin \theta + A_Y + B_Y + C_Y - W = 0$$

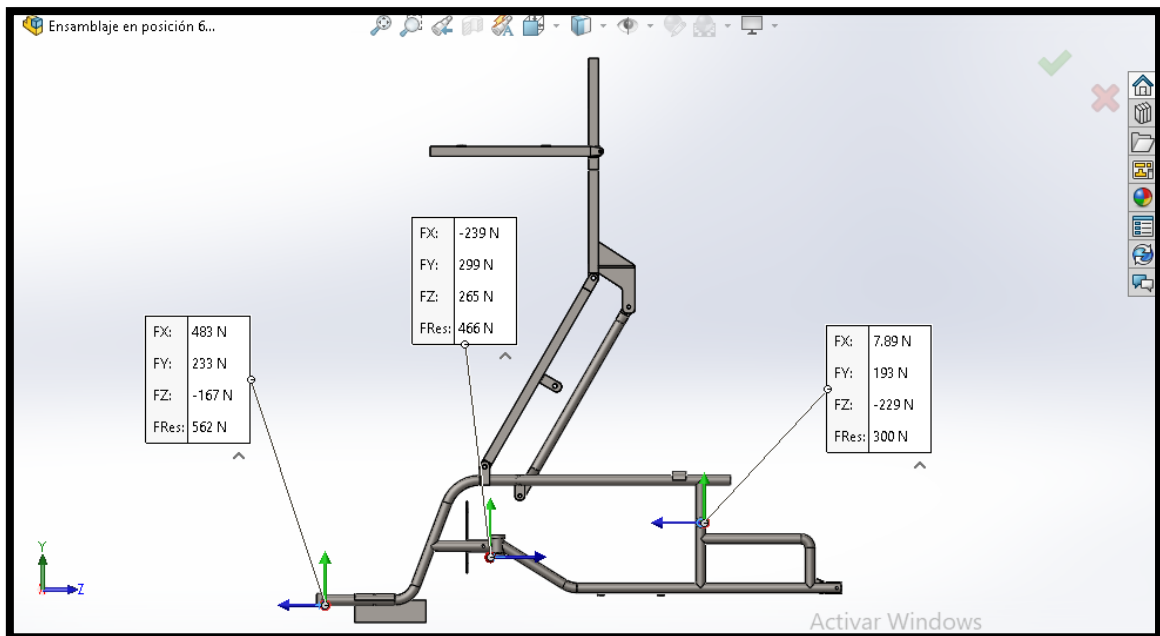
$$P \sin 34^\circ + 202 + 279 + 285 - 1177 = 0$$

$$P = 735 \text{ N}$$

Posición 3 (60°): en esta posición el actuador se encuentra en un ángulo de 37°.



Fuente: elaboración propia



Fuente: software CAD SolidWorks

$$\Sigma F_z = 0$$

$$P \cos \theta + A_z + B_z + C_z = 0$$

$$P \cos 37^\circ + (-167) + 265 + (-229) = 0$$

$$P = 164 \text{ N}$$

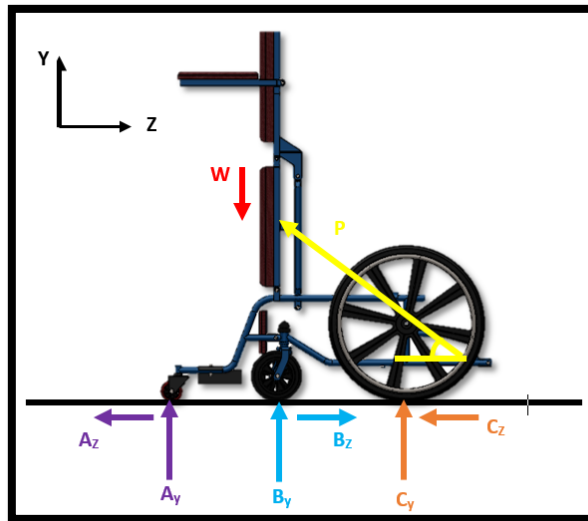
$$\Sigma F_y = 0$$

$$P \sin \theta + A_y + B_y + C_y - W = 0$$

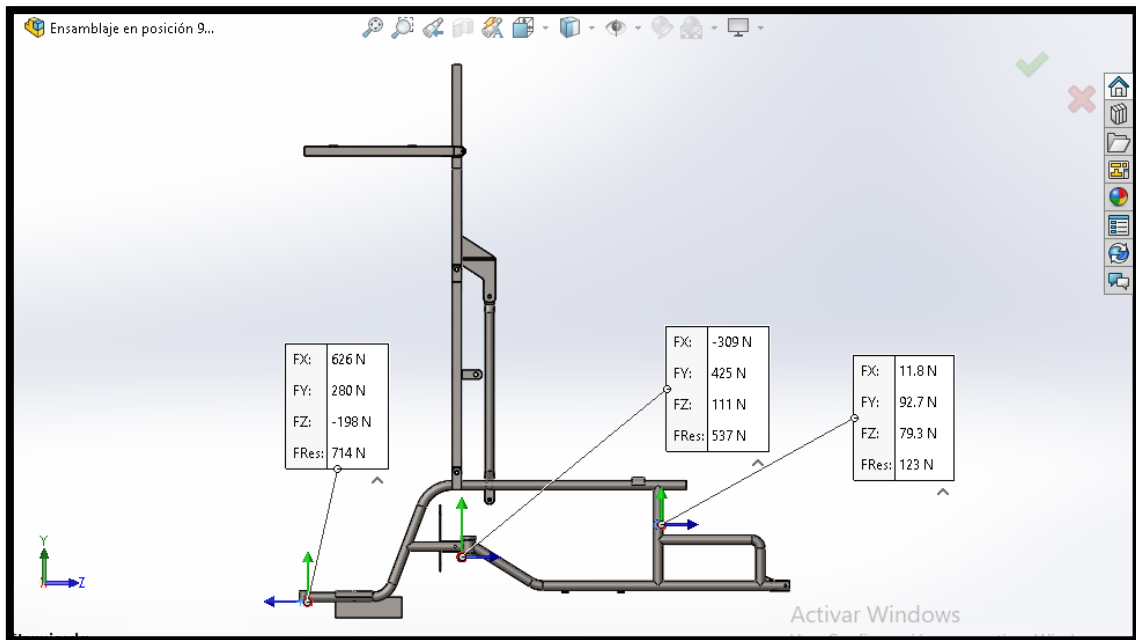
$$P \sin 37^\circ + 233 + 299 + 193 - 1177 = 0$$

$$P = 751 \text{ N}$$

Posición 4 (90°): en esta posición el actuador se encuentra en un ángulo de 36°.



Fuente: elaboración propia



Fuente: software CAD SolidWorks

$$\Sigma F_z = 0$$

$$P \cos \theta + A_z + B_z + C_z = 0$$

$$P \cos 36^\circ + (-198) + 111 + 79.3 = 0$$

$$P = 9.5 N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$P \sin \theta + A_y + B_y + C_y - W = 0$$

$$P \sin 36^\circ + 280 + 425 + 92.7 - 1177 = 0$$

$$P = 645 N$$

**Anexo 20.** Selección de actuador lineal

En la siguiente tabla se observa tres tipos de actuadores lineales, lo cual se seleccionará uno de acuerdo a la capacidad de carga.

<b>ACTUADOR LINEAL</b>			
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	 Fuente: AliExpress	 Fuente: Alibaba	 Fuente: Thomson
Nombre del modelo	XT05	ST01	
Voltaje	24v	24 v	24 v
Amperaje	1 A	0.8 A	1 A
Longitud de carrera	600 mm	400 mm	200 mm
Capacidad de carga	2000N	3000 N	4000 N
Velocidad	4.5mm / s	3-15 mm/s (basado en la fuerza)	3-20mm / s
Peso	9KG	7kg	9 Kg
Conmutación	Cepillo	Cepillo	Cepillo
Precio	S/180	S/200	S/300

Fuente: elaboración propia



**Anexo 21.** Calculo Selección de motor eléctrico:

Para poder realizar el cálculo para seleccionar el motor, con la siguiente formula, se obtiene la carga máxima que soporta cada rueda de la silla mejorada:

El cálculo se realizará para cada rueda de la silla.

$$T = \frac{E+Z}{n} * S$$

Fuente: Alvarado (2015), Fuerzas de resistencias a la marcha

Donde:

T= Capacidad de carga requerida de cada rueda

E= Peso propio del aparato de transporte

Z= Carga máxima

n= Numero de ruedas aplicadas

s= factor de seguridad

$$T = \frac{25 + 120}{6} * 1.5$$

$$T = 36.25 \text{ Kg}$$

Luego de obtener T (capacidad de carga por rueda), se procede a encontrar la resistencia por rodadura.

Resistencia por rodadura ( $R_R$ )

$$(R_R) = \mu_r * M$$

Fuente: Alvarado (2015), Fuerzas de resistencias a la marcha

Donde:

$R_R$  = Resistencia de la rodadura

$\mu_r$  = coeficiente de rodadura

M = Peso total

En la siguiente tabla, se obtiene el coeficiente de rodadura ( $\mu_r$ ), lo cual se calcula para una superficie asfaltada, tomando el punto medio 0.015

Grava sin alquitrán	0,02 ... 0,04	Hormigón	0,015 ... 0,025
Adoquinado	0,015 ... 0,03	Asfalto	0,01 ... 0,02
Tierra sin firme	0,05 ... 0,3	Arena	0,05 ... 0,3

Fuente: manual de la técnica del automóvil 4ta edición

Para el cálculo de la resistencia por rodadura, se toma como datos a la carga máxima, tomando el peso de la estructura y del discapacitado obteniendo 162 kg.

$$R_R = (0.015) * (162) = 2.43 \text{ kg}$$

También se calcula la resistencia por pendiente ( $R_p$ ):

$$R_p = M * \frac{X}{100}$$

Fuente: Alvarado (2015), Fuerzas de resistencias a la marcha

Donde:

M: peso Maximo

X : pendiente

En este caso, se calculará para las siguientes pendientes promulgadas por el Reglamento Nacional de Edificaciones D.S. 010-2009-vivienda, norma técnica A-120 “Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores, capítulo II”.

	DESDE	HASTA	%	
<b>DIFERENCIAS DE NIVEL</b>	<b>13 mm</b>	<b>0.25 mt.</b>	<b>12 %</b>	<b>PENDIENTE</b>
<b>DIFERENCIAS DE NIVEL</b>	<b>0.26 mt.</b>	<b>0.75 mt.</b>	<b>10 %</b>	<b>PENDIENTE</b>
<b>DIFERENCIAS DE NIVEL</b>	<b>0.76 mt.</b>	<b>1.20 mts.</b>	<b>8 %</b>	<b>PENDIENTE</b>
<b>DIFERENCIAS DE NIVEL</b>	<b>1.21 mts.</b>	<b>1.80 mts.</b>	<b>6 %</b>	<b>PENDIENTE</b>
<b>DIFERENCIAS DE NIVEL</b>	<b>1.81 mts.</b>	<b>2.00 mts.</b>	<b>4 %</b>	<b>PENDIENTE</b>
<b>DIFERENCIAS DE NIVEL</b>	<b>MAYORES A</b>	<b>2.01 mts.</b>	<b>2 %</b>	<b>PENDIENTE</b>

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009

$$\text{Pendiente 2\%: } R_p = M * \frac{x}{100} = (162kg) * (0.02) = 3.24kg$$

$$\text{Pendiente 4\%: } R_p = M * \frac{x}{100} = (162kg) * (0.04) = 6.48kg$$

$$\text{Pendiente 6\%: } R_p = M * \frac{x}{100} = (162kg) * (0.06) = 9.72kg$$

$$\text{Pendiente 8\%: } R_p = M * \frac{x}{100} = (162kg) * (0.08) = 12.96kg$$

$$\text{Pendiente 10\%: } R_p = M * \frac{x}{100} = (162kg) * (0.10) = 16.20kg$$

$$\text{Pendiente 12\%: } R_p = M * \frac{x}{100} = (162kg) * (0.12) = 19.44kg$$

Se consideró a la pendiente de 12%, teniendo 19,44kg.

Resistencia por inercia, (Ri)

$$R_i = \frac{M * J}{g}$$

Fuente: Alvarado (2015), Fuerzas de resistencias a la marcha

$$J = \frac{V_2 - V_1}{t}$$

Donde:

J= Aceleración del vehículo

V<sub>2</sub>= velocidad final = 2.8 m/s

V<sub>1</sub>= velocidad inicial = 0 m/s

t= tiempo invertido para pasar de V<sub>1</sub> a V<sub>2</sub>

Según Mobile (2010), en su manual del usuario nos describe que la velocidad máxima promedio es de (10 km/h = 2.8m/s), y el tiempo será en escala de 10 en 10 para un minuto.

---


$$J = \frac{V_2 - V_1}{t}$$


---

Tiempo (seg)	10	20	30	40	50	60
<b>Respuesta j (m/s<sup>2</sup>)</b>	0.28	0.14	0.09	0.07	0.056	0.046

---

Fuente: Elaboración propia

Reemplazamos:

J= la aceleración máxima: 0.28 m/s<sup>2</sup>

M= peso total de la estructura más el usuario

g= gravedad

$$R_i = \frac{162 * 0.28}{9.81}$$

$$R_i = 4.62 \text{ kg}$$

Resistencia por el aire, (R<sub>A</sub>)

$$R_A = K.S.V^2$$

Fuente: Alvarado (2015), Fuerzas de resistencias a la marcha

$$K = \delta \frac{C}{2g}$$

Donde:

$\delta$  = Densidad del aire en condiciones normales: 1.2254 Kg/m<sup>3</sup>

g= 9.81 m/s<sup>2</sup>

C= constante varía desde 0.15 para vehículos aerodinámicos hasta 1.5 camiones o remolques

S= superficie maestra, ancho y alto del vehículo multiplicado por 0.8

V= velocidad máxima del vehículo

Se elige constante C con un valor de 0.675 por ser el punto medio del rango de valores conocidos y la velocidad máxima deseada de la silla es de 2.8 m/s.

VALORES CARACTERÍSTICOS DEL COEFICIENTE DE FORMA (Cx)	
TIPO DE VEHICULO	Cx
<b>Autos turismos</b>	
Cabriolet	0,33 - 0,50
Todo terreno	0,35 - 0,50
Sedan	0,26 - 0,35
Station wagon	0,30 - 0,34
Forma aerodinámica	0,15 - 0,20
<b>Motocicletas</b>	0,6 - 0,7
<b>Camiones</b>	0,8 - 1,5
<b>Autobuses</b>	0,6 a 0,7
<b>Autobuses en forma aerodinámica</b>	0,3 a 0,4

Fuente: manual de la técnica del automóvil 4ta edición

Para la superficie delantera de la silla, se calculó para las diferentes posiciones:

POSICIONES			
0°	30°	60°	90°
Ancho= 0.7 mts	Ancho= 0.7 mts	Ancho= 0.7 mts	Ancho= 0.7 mts
Alto= 0.909 mts	Alto= 1.154 mts	Alto= 1.332 mts	Alto= 1.398 mts

Fuente: elaboración propia

$$S = (0.7)(0.909m)(0.8) = 0.5m^2$$

$$S = (0.7)(1.154m)(0.8) = 0.65m^2$$

$$S = (0.7)(1.332m)(0.8) = 0.75m^2$$

$$S = (0.7)(1.398m)(0.8) = 0.78m^2$$

$$K = 1.2254 * \frac{0.675}{2 * 9.81} = 0.042$$

Calculamos la resistencia por el aire para las distintas posiciones:

$$R_A = K \cdot S \cdot V^2$$

$$R_A = 0.042 * 0.5 * 2.8^2 = 0.16kg$$

$$R_A = 0.042 * 0.65 * 2.8^2 = 0.21kg$$

$$R_A = 0.042 * 0.75 * 2.8^2 = 0.24kg$$

$$R_A = 0.042 * 0.78 * 2.8^2 = 0.25kg$$

La resistencia por el aire se toma 0.25, siendo la posición 90°.

Al obtener todas las resistencias que se oponen a la rueda de la silla de ruedas se procede a calcular la potencia necesaria en las ruedas motrices:

$$W_T = (R_A + R_i + R_P + R_R) \cdot g \cdot v [Watts]$$

Fuente: Alvarado (2015), Fuerzas de resistencias a la marcha

$$W_T = (0.25 + 4.62 + 19.44 + 2.43)Kg * 9.81 \frac{m}{s^2} * 2.8 \frac{m}{s} = 734Watts$$

La potencia del motor se multiplica por un factor de seguridad 3, para que la selección del motor sea óptimo.

$$W_{MOTORES} = 734 * 1.5 = 1101 Watts$$

Luego se divide entre 2, ya que serán dos motores que llevara la silla mejorada, estos motores estarán ubicados en las ruedas más grandes

$$W_{MOTOR} = 550.5 \text{ Watts} = 0.74HP$$

Para avanzar a la velocidad deseada, es decir 10km / hr, el par que debe entregar el motor impulsor puede ser calculado de la siguiente manera:

$$T = \frac{63000 * P}{n} \text{ [lb in]}$$

Donde:

T= Par motor

P= Potencia del motor, expresada en HP

N= Velocidad nominal el motor en revoluciones por minuto =89 rpm

Calculo de la velocidad angular:

$$\omega = \frac{V}{2\pi R}$$

$$\omega = \frac{2.8 \text{ m/s}}{2\pi (0,3\text{m})}$$

$$\omega = 1,48 \text{ rev/s}$$

$$\omega = 89 \text{ rev/min}$$

Entonces:

$$T = \frac{63000 * 0.74HP}{89 \text{ RPM}}$$



$$T = 523.82 \text{ [lb.pulg]}$$

$$T = 59 \text{ Nm}$$

## Anexo 22. Selección de motor eléctrico

En el siguiente cuadro se tienen diferentes motores de diferentes proveedores, en la cual, de acuerdo a la potencia requerida, se selecciona una.

### MOTORES ELÉCTRICOS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
			
	Fuente: Alibaba	Fuente: Cirolla	Fuente: AliExpress
<b>Nombre Del modelo</b>	KS- 82WT10	BMCW172	MY1016Z2
<b>Voltaje</b>	24 v	24 v	24
<b>Potencia nominal/W</b>	600W	320 W	400 W
<b>Velocidad nominal</b>	130 RPM	300 RPM	20 RPM
<b>Eficiencia</b>	85%	75%	85
<b>Peso</b>	5 Kg	7.5 kg	8 KG
<b>Tipo de transmisión</b>	Motor de engranajes	Motor de engranajes	Motor engranajes
<b>Tipo de corriente</b>	Motor Dc	Motor Dc	Motor
<b>Precio</b>	S/ 420	S/ 480	S /550

Fuente: elaboración propia

**Anexo 23.** Selección de sistema de control de la silla

En el siguiente cuadro se tienen diferentes joysticks de diferentes proveedores, en la cual, de acuerdo a la potencia requerida, se selecciona una.

**JOYSTICK**

**ESPECIFICACIONES  
TÉCNICAS**

**Alternativa 1**



Fuente alibaba

**Alternativa 2**



Fuente: Topmedic

**Alternativa 3**



Fuente: Invacare



Nombre del modelo	Controlador TEW-C01		Controlador G90A
<b>Voltaje</b>	24 v	24 v	32 V
<b>Motor</b>	350 w	300 w	400 w
<b>Intensidad</b>	45 A	55 A	80 A
<b>Freno</b>	Electromagnético	Electromagnético	Electromagnético
<b>Precio</b>	S/ 230	S/ 250	S/ 400

Fuente: elaboración propia



## Anexo 24. Selección de batería

En el siguiente cuadro se tienen diferentes baterías de diferentes proveedores, en la cual, de acuerdo a la potencia requerida y corriente necesaria, se selecciona una.

<b>BATERÍA</b>			
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
			
	Fuente: stsmedical	Fuente: AliExpress	Fuente: Batelsa
<b>Nombre del modelo</b>	Batería LONG	Batería Box	PBCG12-55
<b>Tipo</b>	Gel	Gel	Gel
<b>Amperaje</b>	20 Ah	60 Ah	25 Ah
<b>Voltaje</b>	12 v	24 v	12 v
<b>Largo</b>	181 mm	181	181mm
<b>Ancho</b>	76 mm	76 mm	75mm
<b>Alto</b>	167	167	166mm
Precio	S/285	S/ 250	S/ 230

Fuente: elaboración propia

**Anexo 25.** Enmallado de elementos finitos en el software CAD SolidWorks para las 4 posiciones:

**POSICIÓN 1: (0°)**

Información de la malla:

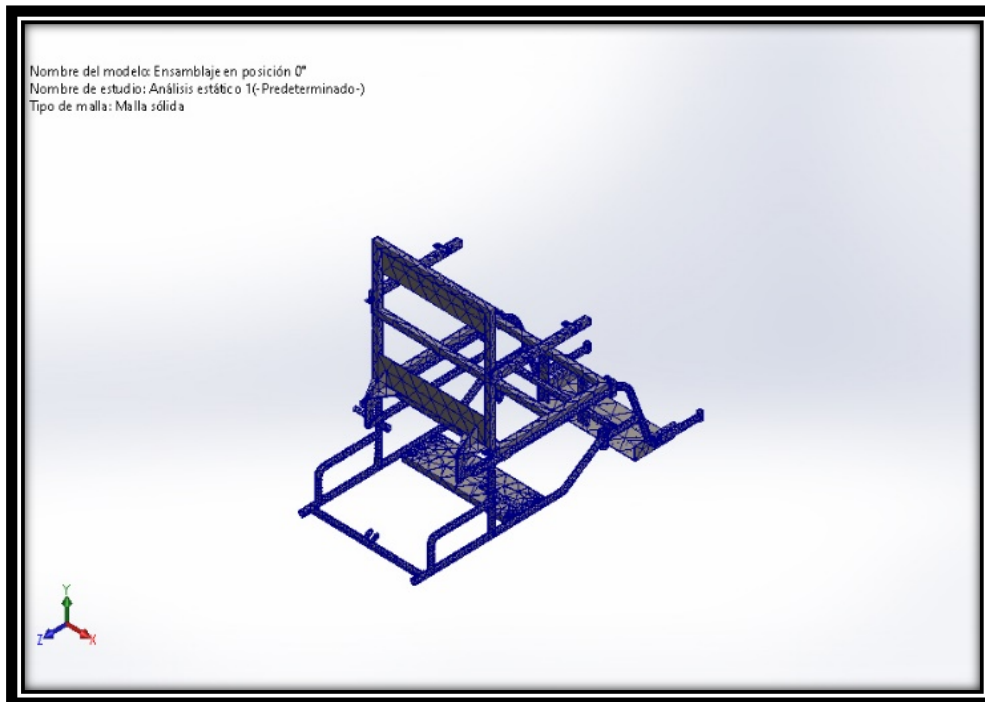
<b>Tipo de malla</b>	Malla solida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla basada en curvatura de combinado
<b>Puntos jacobianos para malla de alta calidad</b>	16 Puntos
<b>Tamaño máximo de elemento</b>	63.0509 mm
<b>Tamaño mínimo del elemento</b>	12.6102 mm
<b>Calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden
<b>Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible</b>	Desactivar

Fuente: Software CAD SolidWorks

Información de malla – detalles

<b>Número total de nodos</b>	55818
<b>Número total de elementos</b>	27155
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	4,525.5
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	18.2
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	32
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:02:48

Fuente: Fuente: Software CAD SolidWorks



Fuente: Software CAD SolidWorks

## POSICIÓN 2 (30°):

Información de la silla:

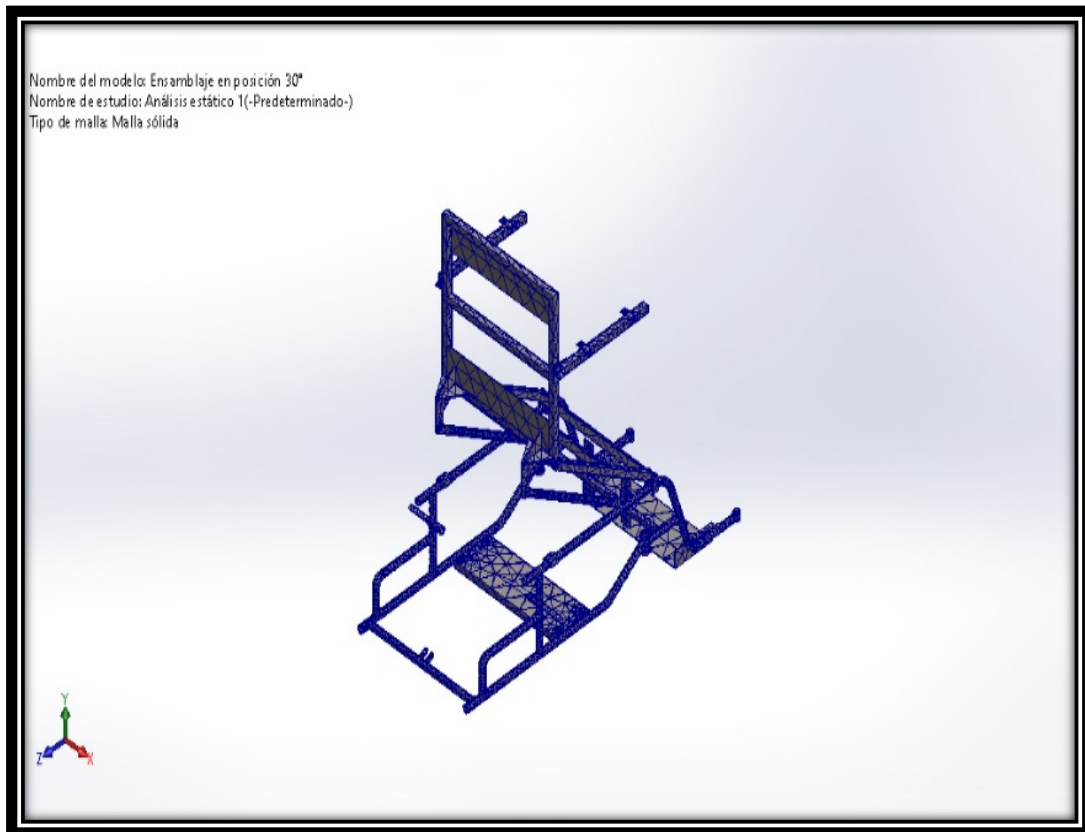
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla basada en curvatura de combinado
<b>Puntos jacobianos para malla de alta calidad</b>	16 Puntos
<b>Tamaño máximo de elemento</b>	62.7528 mm
<b>Tamaño mínimo del elemento</b>	12.5506 mm
<b>Calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden
<b>Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible</b>	Desactivar

Fuente: Fuente: Software CAD SolidWorks

Información de malla – detalles

<b>Número total de nodos</b>	56220
<b>Número total de elementos</b>	27387
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	4,355.4
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	18.1
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	31.9
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:02:42

Fuente: Fuente: Software CAD SolidWorks



Fuente: Software CAD SolidWorks

### POSICIÓN 3: (60°)

Información de la silla:

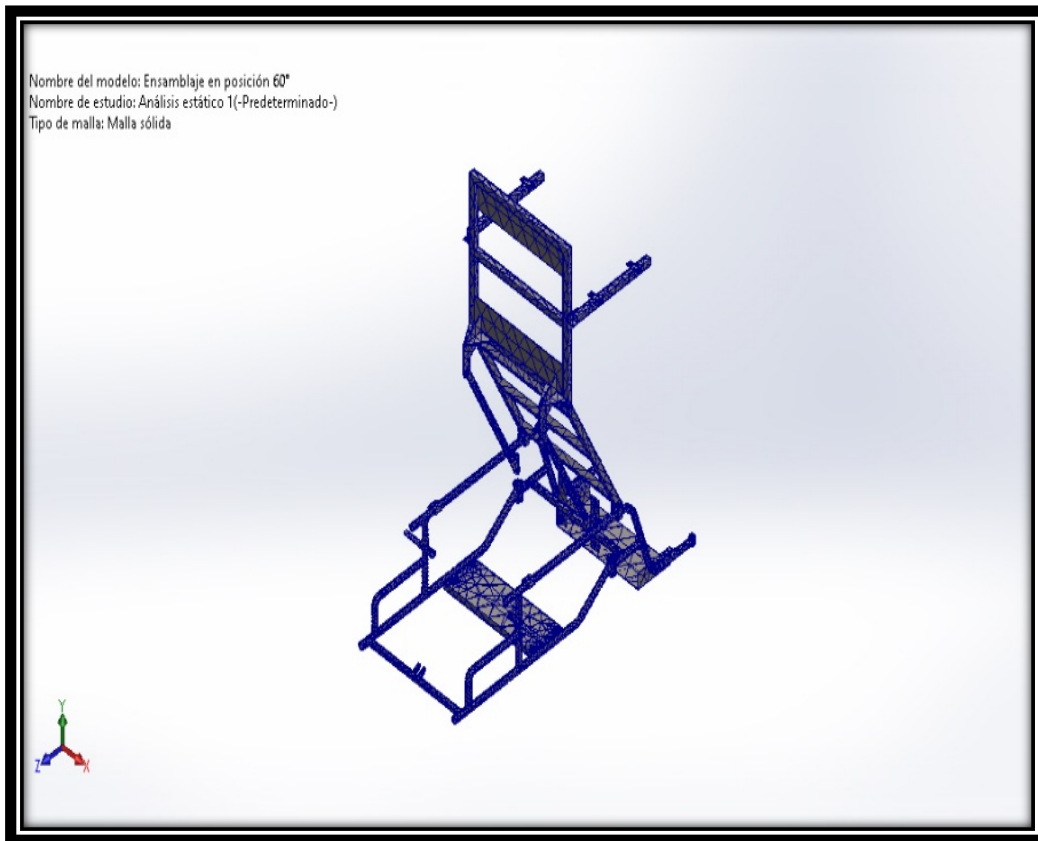
<b>Tipo de malla</b>	Malla solida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla basada en curvatura de combinado
<b>Puntos jacobianos para malla de alta calidad</b>	16 Puntos
<b>Tamaño máximo de elemento</b>	63.0509 mm
<b>Tamaño mínimo del elemento</b>	12.6102 mm
<b>Calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden
<b>Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible</b>	Desactivar

Fuente: Fuente: Software CAD SolidWorks

Información de malla – detalles

<b>Número total de nodos</b>	55092
<b>Número total de elementos</b>	26639
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	4,517.9
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	18.5
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	31.6
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:02:41

Fuente: Fuente: Software CAD SolidWorks



Fuente: Software CAD SolidWorks

#### POSICIÓN 4: (90°)

Información de la silla:

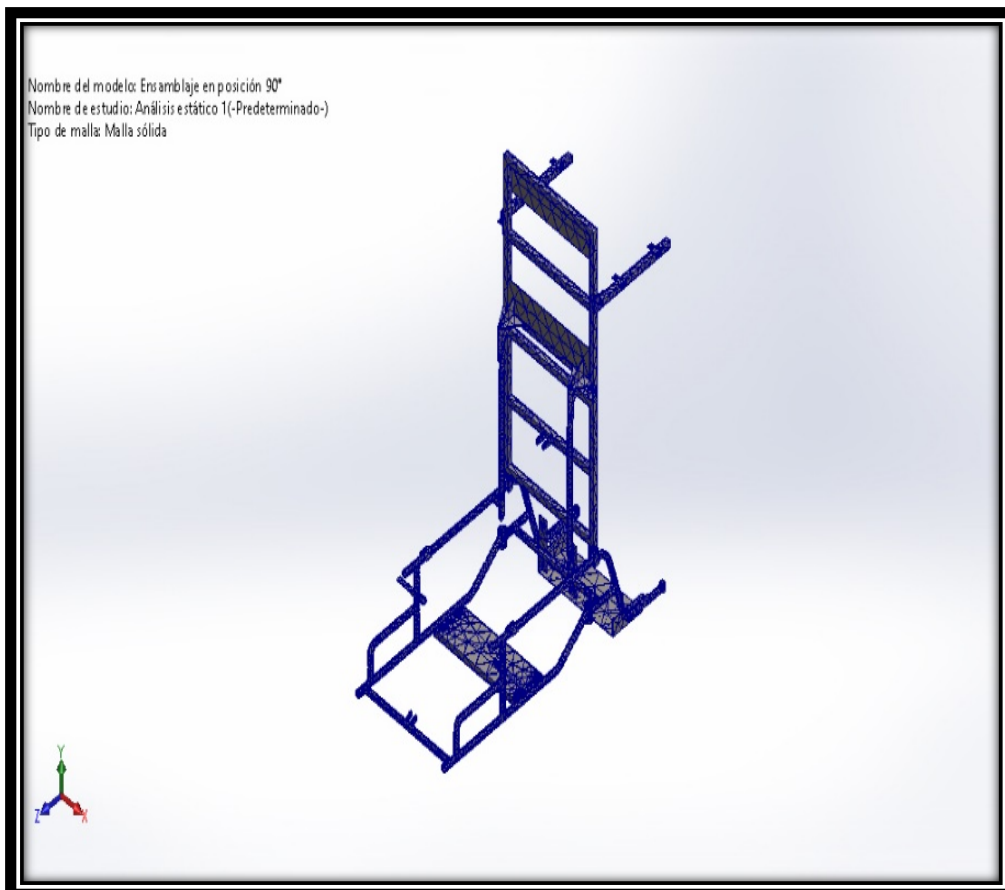
<b>Tipo de malla</b>	Malla solida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla basada en curvatura de combinado
<b>Puntos jacobianos para malla de alta calidad</b>	16 Puntos
<b>Tamaño máximo de elemento</b>	63.0509 mm
<b>Tamaño mínimo del elemento</b>	12.6102mm
<b>Calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden
<b>Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible</b>	Desactivar

Fuente: Fuente: Software CAD SolidWorks

Información de malla – detalles

<b>Número total de nodos</b>	55497
<b>Número total de elementos</b>	26929
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	4,597.2
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	18.3
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	31.8
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:02:42

Fuente: Fuente: Software CAD SolidWorks



Fuente: Software CAD SolidWorks

## Anexo 26. Presupuesto de la silla mejorada

La evaluación de costo beneficio de la silla mejorada se divide en cuatro tablas según tipo de componente y también se obtiene el costo de mano de obra, en la siguiente tabla se detalla el costo de la estructura soporte de la silla mejorada.

DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES	UND	CANT	COSTO UNITARIO/UND	COSTO TOTAL
Tubo circular de acero laminado en frio, diámetro: 18mm espesor: 2mm	m	6	S/12.00	S/72.00
Platina de acero laminado en frio con 1/8 de espesor y con una longitud 1.5 m x 0.25m	m <sup>2</sup>	0.38	S/70.00	S/26.60
Pernos galvanizados de 1/4 X 1", con tuerca normal	und	12	S/5.00	S/60.00
Pernos galvanizados de 3/8	und	8	S/5.00	S/40.00
Tubo cuadrado de acero laminado 18mm esp: 2mm	m	6	S/15.00	S/90.00
Reposapiés	und	1	S/110.00	S/110.00
Ruedas posteriores de 24" de plástico	und	2	S/70.00	S/140.00
Ruedas medianas de 8" de jebe	und	2	S/55.00	S/110.00
Ruedas delanteras pequeñas de escritorio	und	2	S/40.00	S/80.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/798.60</b>

Fuente: Elaboración propia



En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de la parte eléctrica de la silla mejorada.

<b>DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES</b>	<b>UND</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNITARIO/UND</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Motor eléctrico KS-82WT10 24v 300 W	und	2	S/420.00	S/840.00
Actuador lineal ST01, 12V - 24V	und	1	S/200.00	S/200.00
Mando joystick	und	1	S/230.00	S/230.00
Batería 24 v	und	1	S/250.00	S/250.00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/1,520.00</b>

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente presupuesto, se consideran los costos de ergonomía y estética para la presentación final de la silla mejorada.

<b>DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES</b>	<b>UND</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNITARIO/UND</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Fajas de sujeción de piernas	und	1	S/45.00	S/45.00
Fajas de sujeción de cintura	und	1	S/45.00	S/45.00
Fajas de sujeción torácico	und	1	S/45.00	S/45.00
Bolso	und	1	S/15.00	S/15.00
Asiento acolchonado de tela microfibras	und	1	S/90.00	S/90.00
Espaldar acolchonado de tela microfibras	und	1	S/90.00	S/90.00
Soporte de piernas	und	1	S/20.00	S/20.00
Reposabrazos	und	2	S/25.00	S/50.00
Pintura base epóxica	gal	1	S/250.00	S/250.00

Pintura negra	gal	1	S/60.00	S/60.00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/710.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Para la manufactura de la alternativa seleccionada, es necesario incluir la mano de obra calificada de acuerdo al proceso de fabricación de la silla. En la siguiente tabla se muestra el costo de día/hombre del personal.

<b>DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES</b>	<b>UND</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNITARIO/UND</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Mano de obra habilitación de material	D/H	2	S/120.00	S/240.00
Mano de obra armado de estructura	D/H	6	S/120.00	S/720.00
Instalación eléctrica	D/H	1	120	S/120.00
Acabado superficial	D/H	2	S/120.00	S/240.00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/1,320.00</b>

Fuente: elaboración propia

Costo total de la silla mejorada:

<b>Concepto</b>	<b>Costo</b>
Componentes De Estructura	S/798.60
Componentes Eléctricos Y Electrónicos	S/1,520.00
Ergonomía Y Estética	S/710.00
Mano De Obra	S/1,320.00
<b>SUB TOTAL</b>	<b>S/4,348.60</b>
IGV	S/782.75
<b>TOTAL</b>	<b>S/5,131.35</b>

Fuente: Elaboración propia

## **Anexo 27. Costo beneficio**

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de dinero que gasta y pierde el discapacitado al no tener una silla autónoma que le ayude a realizar sus actividades cotidianas.

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>costo (S/.)</b>
Persona para cuidados y movilización	mes/h	S/1,200.00
Disponibilidad para poder laborar y generar ingresos	mes/h	S/1,000.00
<b>costo total 1</b>	<b>mes/h</b>	<b>S/2,200.00</b>
<b>Costo total 2</b>	<b>Año/h</b>	<b>S/26,400.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Costo del discapacitado por día (Cd):

$$(Cd) = \frac{\text{costo total 1}}{30 \text{ dias}}$$

$$Cd = \frac{2,200.00}{30}$$

$$Cd = S/73.33$$

Tiempo mensual para recuperar el dinero invertido en la silla:

$$(Tm) = \frac{\text{costo de la silla}}{\text{costo total 1}}$$

$$T = \frac{5,131.35}{2,200.00}$$

$$T = 2.3 \text{ mes}$$

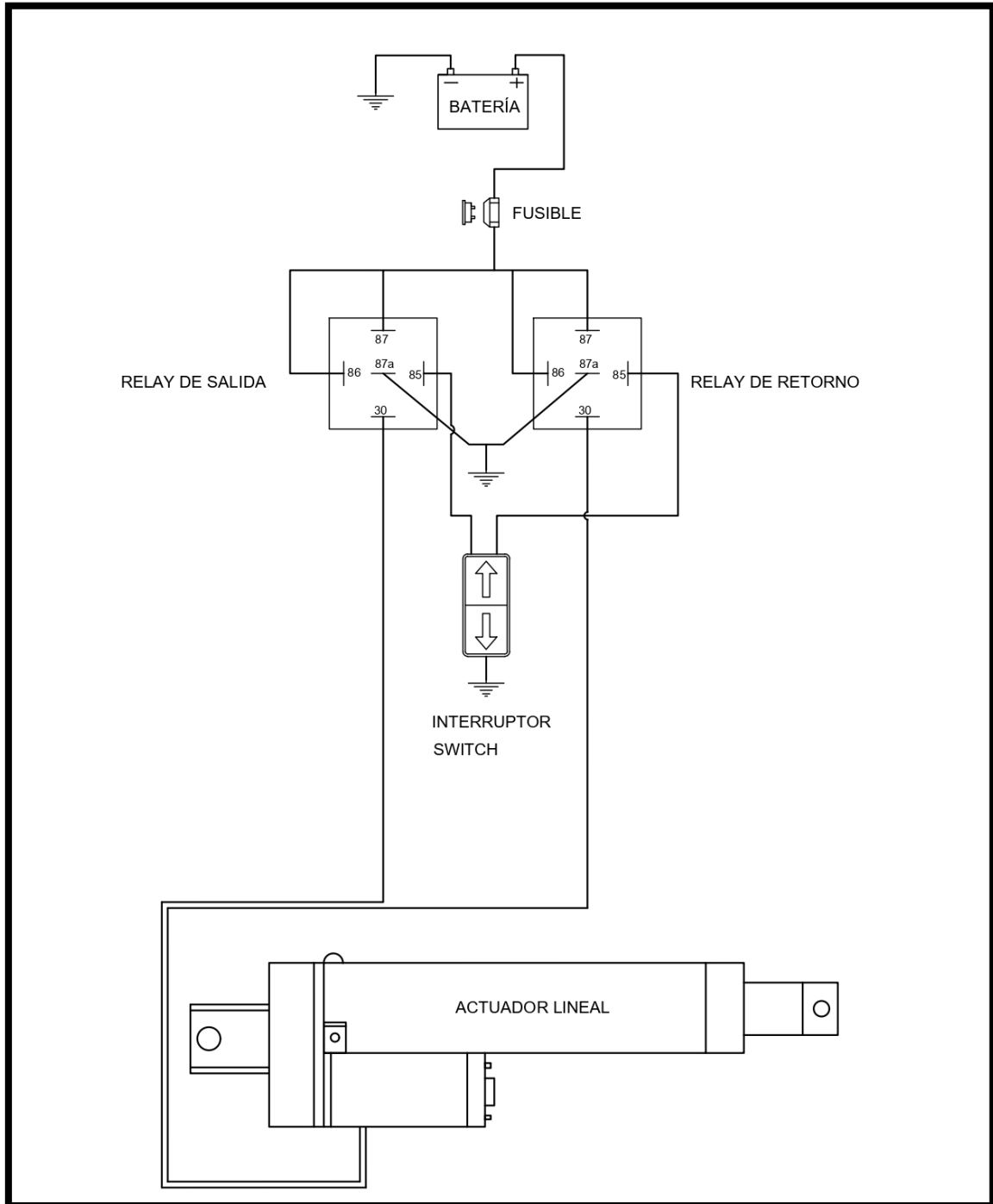
Tiempo diario para recuperar el dinero invertido en la silla:

$$(Td) = \frac{\text{costo de la silla}}{Cd}$$

$$(Td) = \frac{5,131.35}{73.33}$$

$$(Td) = 70 \text{ dias}$$

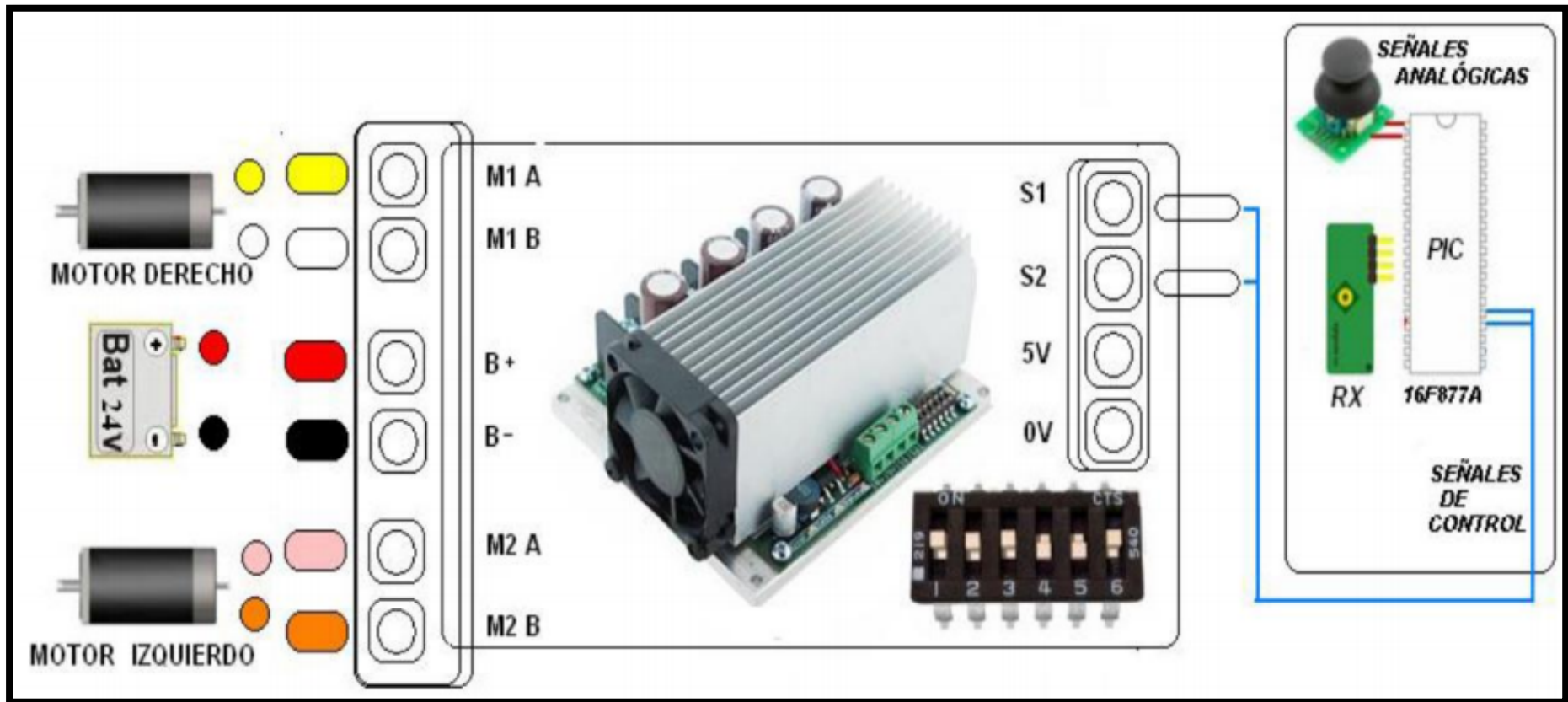
En el siguiente diagrama se muestra el circuito para el funcionamiento del actuador lineal, en la cual se basa en una fuente de alimentación (batería), para luego pasar por un fusible (seguridad del circuito), luego pasa por dos relay, uno de salida de vástago del actuador y el otro de retorno, luego se conecta al mando (switch), para así controlar al actuador.



Fuente: Autodesk AutoCAD 2018.

### Anexo 29. Instalación de joystick

En el siguiente diagrama se utiliza 4 relés electromagnéticos, para las siguientes señales: (frenos, luces, salida, retroceso), todo esto estará gobernado por una tarjeta Sabertooth 2 x 50 HV.



Fuente: López, (2014)

## PLAN DE MANTENIMIENTO

Si maneja una silla de ruedas o conoce a alguien quien la manipule es necesario que sepa ciertos conocimientos acerca de mantenimiento del vehículo para reducir las averías y las consecuencias negativas, como los costos en reparaciones hasta el reemplazo de la silla de ruedas, siempre se debe examinar con frecuencia todos los componentes de la silla de ruedas para asegurar en buen funcionamiento y eficiencia. sea el caso puede acudir a un amigo para que le ayude con la verificación de los componentes de la silla o llevarlo a un técnico en el caso este fallando alguna de las partes ya sea estructura o dispositivos.

A continuación, se muestra una tabla con los componentes, su actividad y cada cuanto tiempo se tiene que dar un mantenimiento preventivo. Se recomienda que se verifique los componentes, instalación eléctrica y que se haga una prueba al vacío antes de poder usarla por precaución.

<b>Componentes</b>	<b>Acción</b>	<b>Diario</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensual</b>
Ruedas traseras de accionamiento	Tienen que girar libremente, las tuercas bien ajustadas y desplazarse en línea recta.			X
Ruedas delanteras (guías)	La tuerca tiene que estar bien ajustada y sin alabeos en la hora del desplazamiento			x
Fijación del Asiento	Comprobar que los tornillos estén fijados con la plataforma base del asiento acolchonado			x
Reposapiés	Comprobar que estén fijos y en su posición correcta			x
Sistema de elevación	Su elevación está dada a los grados adquiridos en las especificaciones Hacer una prueba al vacío antes de usarla	Verificar antes de cada uso (hacer una prueba al vacío)		X

Asientos acolchonado y cinturones de fijación	Que se encuentre en perfectas condiciones y no tenga desgastes y los cinturones esten fijos (hacer una prueba de esfuerzo antes de usar)			X
Baterías	Comprobar que no esté sulfatado y ver el nivel de líquido de acido			X
Sistema eléctrico	Avisos del error de mando, verificar el cableado que este en buenas condiciones y no tengan humedad	Verificar antes de cada uso (hacer una prueba al vacío)		X
joystick	La palanca de desplazamiento y elevación tiene que estar en su posición original al no darle uso y los botones en perfectas condiciones,			X
Actuador lineal	Verificar que la conexión este correctamente instalada y que el vástago accione al 100%			X
Motor eléctrico	Tienen que trabajar a su máximo rango de eficiencia. Verificar su conexión de instalación, tener mucho cuidado con la humedad y que no tengan un ruido extraño			X



## **Plan de operatividad:**

### **Descripción del producto**

La silla de ruedas mejorada puede darle uso tanto en espacios internos como externos. El sistema de accionamiento de alta potencia, que se alimenta de dos baterías de 24 V, permite una buena superación de obstáculos y brinda cualidades de marcha segura.

### **Diseño**

El diseño modular y las variadas posibilidades de ajuste permiten que sea utilizada por personas con incapacidad o dificultad para caminar debido a:

- Parálisis
- Pérdida de extremidades (amputación de piernas)
- Defecto o deformación de los miembros
- Contracturas o daños en las articulaciones
- Otras enfermedades

La silla de ruedas mejorada ha sido concebida especialmente para usuarios que estén en condiciones de desplazarse de forma autónoma con ella. Para el mantenimiento individual también debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Tamaño corporal y peso (carga máx. de 120 kg)
- Estado físico y psíquico
- Edad del paciente
- Condiciones de la vivienda

### **Puesta en marcha**

Antes de dar marcha a la silla de ruedas mejorada se tiene que verificar que todos los componentes estén operativos y en perfecto estado.

### **Manejo y ajuste**

En la silla de ruedas mejorada pueden realizarse numerosos ajustes:

- La altura de reposabrazos
- Angulo de respaldo
- Angulo de bipedestación.
- Posición de reposabrazos
- Longitud de la pierna

Una vez situado el ángulo deseado, ajuste los cinturones de fijación, en caso sea necesario los reposabrazos y reposapiés se pueden desmontar.

### **Subir y bajar de la silla:**

Este diseño modular de silla de ruedas fue pensado para darle facilidad al paciente de poder subir y bajar y al sencillo desmontaje de la parte delantera y lateral lo cual el usuario puede tomar la mejor salida de la manera más apropiada que el considere. Como recomendación al bajar es necesario que apague el sistema eléctrico y accionar el freno de parada de emergencia.

Considerar que no puede exceder del peso dado en las especificaciones de la silla (120kg)

### **Batería**

En el caso recorra una distancia de 35 km en trayectos llanos, es necesario que la batería se cargue inmediatamente, ya que, si se continúa utilizando la batería, ésta podría deteriorarse. Para el cuidado de la batería es importante que sepa estas siguientes directrices para prolongar su vida útil:

- Después de usar su vehículo siempre cárguelas al finalizar el día, incluso después de un viaje corto y si en el caso no la usa por un tiempo prolongado es necesario que la cargue una vez a la semana
- Utilizar el cargador correcto para que no afecte la batería
- En el caso que la batería no se halla cargado durante un tiempo prolongado aproximadamente 2 meses, se recomienda que no la cargue y la lleve a un técnico para que pueda revisarla
- No cargar la batería al aire libre porque esta se podría mojar y no es resistente al agua.

### **Joystick**

Este es uno de los dispositivos más importantes en la silla ya que en ella el usuario puede manipular el desplazamiento como la elevación.

En primer lugar, la persona tiene que estar ubicada correctamente en la silla y que su muñeca este apoyada en el reposabrazos para no causar accidentes ya que al mínimo movimiento en falso del mando puede provocar cambios involuntarios tanto en la dirección como en la velocidad.

Para darle marcha pulse suavemente el joystick hacia delante o hacia atrás izquierda o derecha dependiendo la dirección que le indique, al liberar la presión de la palanca el vehículo se detendrá lo cual este sería un freno automático, y al aplicar más fuerza este se desplazara a más velocidad, es

importante que practique las direcciones y velocidades para que se le haga mas fácil al manipularlo.

Este dispositivo tiene una función lo cual si dejan de manipular el vehículo este se pone en modo de espera para así evitar el desgaste de a batería, ahora si pulsa cualquier botón o mueve la palanca se activa para dar marcha a su silla, es necesario que cuando no la use apague el dispositivo por precaución.

### **Ajustar reposabrazos**

Si necesita espacio en el ancho del asiento afloje los pernos usando una llave allen teniendo asegurado que los reposabrazos sean equidistantes del centro del asiento y seguros. También puede ajustar la altura del reposabrazos, lo cual puede subirlos o bajarlos a la comodidad que desee dándole facilidad para el descenso del vehículo, siempre verificar que los pernos esten correctamente ajustados.

### **Inclinación eléctrica del asiento a través de un actuador**

Esta silla de ruedas fue diseñada para darle autonomía a los usuarios lo cual se implementó un actuador lineal eléctrico para poder darle bipedestación.

La inclinación mecánica del asiento facilita una basculación del asiento de hasta 90° desde la posición de reposo, por ejemplo, disminuir la presión. Esta función se controla mediante el joystick, como advertencia Al bajar pendientes se recomienda inclinar ligeramente el espaldar hacia atrás. Lo cual es desplazamiento debe realizarse a una velocidad reducida de 3 km/h como máximo.

### **Cinturones de fijación del usuario**

Este ofrece la posibilidad de fijar al paciente en la silla de ruedas mejorada. El cinturón de la parte inferior no debe ajustarse demasiado entre el cinturón pélvico y el muslo. Al encajar el cinturón tiene que quedar en la mitad del cuerpo. Para asegurar bien los cinturones en la parte del hombro deben quedar a la misma altura, pero no ajustarlos demasiado al pecho.