



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico.

Título del Proyecto de Investigación:

**Diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con Posicionamiento Vertical –
horizontal para beneficio de las Personas con Discapacidad Física**

AUTOR:

RUBÉN DARÍO VIZUETE ANDRADE

DIRECTOR DE PROYECTO:

ING. LUIS MERA CHINGA

QUEVEDO – ECUADOR

2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Rubén Darío Vizuite Andrade**, declaro que el trabajo aquí descrito, así como los criterios emitidos es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Rubén Darío Vizuite Andrade

CI: 1204260879

CERTIFICACIÓN

El suscrito, **Ing. Luis Mera Chinga**; Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Sr. Rubén Darío Vizuite Andrade, realizó el proyecto de investigación de grado titulado: **“Diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para beneficio de las personas con discapacidad física.”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

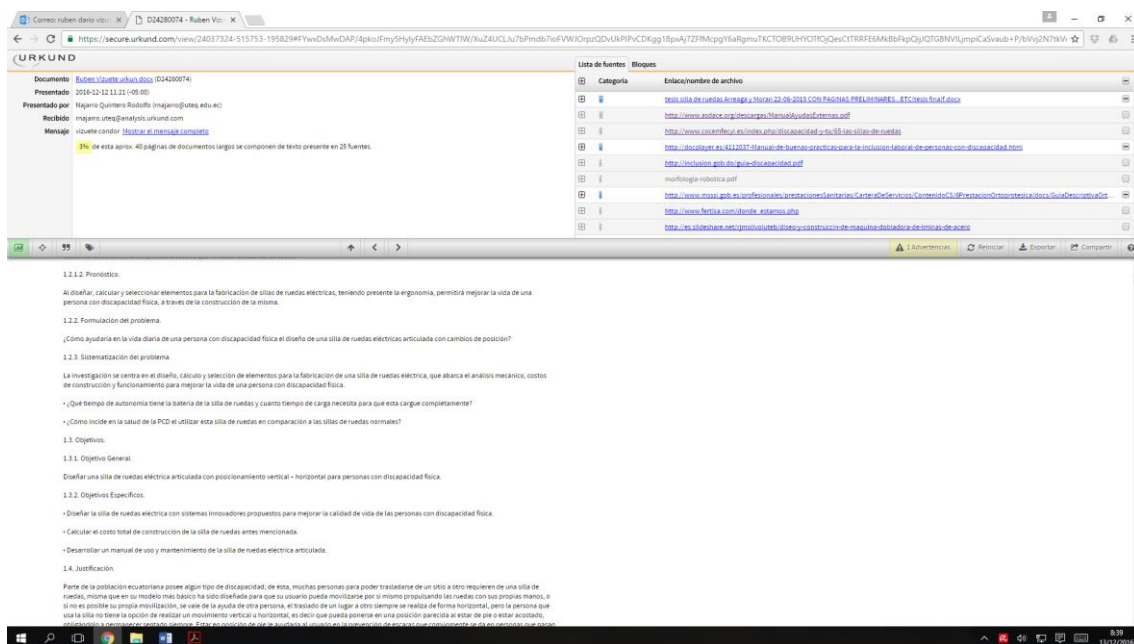
Ing. Luis Mera Chinga
Director de Proyecto

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Por medio de la presente me permito certificar, que el Sr RUBÉN DARÍO VIZUETE ANDRADE, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica presencial del paralelo A, una vez que se revisó la tesis de grado titulada : **“DISEÑO DE UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA ARTICULADA CON POSICIONAMIENTO VERTICAL – HORIZONTAL PARA BENEFICIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA”**, tengo a bien informar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 3%, cumpliendo con el reglamento de Graduación de Estudiantes de Pregrado y la Normativa establecida por la Universidad.

Ing. Luis Mera Chinga.

DIRECTOR DEL PROYECTO



Cc. Archivo.

Se adjunta imagen del sistema **Urkund**



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para beneficio de las personas con discapacidad física”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

Ing. Rodolfo Najarro Quintero
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE PROYECTO

Ing. Milton Peralta Fonseca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE PROYECTO

Ing. Gabriel Pico Saltos
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE PROYECTO

QUEVEDO - LOS RÍOS - ECUADOR

2016

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, en especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica por haberme permitido formarme y en ella, gracias a todos los docentes que fueron partícipes de este proceso, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de esta etapa de mi vida.

Gracias a mis padres que fueron mis mayores promotores durante este proceso, gracias a Dios, que fue mi principal apoyo y motivador para cada día continuar sin tirar la toalla.

Al Director de Tesis el Ing. Luis Mera Chinga por su ayuda, guía y enseñanza para el desarrollo de esta investigación.

Gracias a la vida por darme este triunfo de ser Ingeniero Mecánico.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, hermana, esposa e hijo.

A mis padres, Ruben Mesías Vizuite y Bertha Andrade quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar cada día.

A mi hermana Claudia Vizuite que a pesar de la distancia que nos separa, nunca ha dejado de estar pendiente de mí y de mis estudios a lo largo de toda mi vida, recibiendo su apoyo absoluto siempre.

A mi esposa Jerly Mero que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amiga y compañera inseparable de cada jornada, ella represento gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio.

A mi hijo Dante Vizuite, eres mi orgullo y mi gran motivación, me impulsas cada día en la carrera de ofrecerte siempre lo mejor y ser un ejemplo de padre para ti, muchas gracias hijo.

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación trata del diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para beneficio de las personas con discapacidad física que mejoren su nivel de vida, haciéndoles a su vez más independientes; se debe tener presente además que en la actualidad la disponibilidad de sillas de ruedas eléctricas en el país es nula, teniendo las mismas que ser importadas con costos exorbitantes. Debido a este problema, el diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal es la mejor opción de ayuda a personas con tengan capacidades físicas reducidas, permitiendo solventar las necesidades de los usuarios. Para lograr que el prototipo tenga una calidad elevada como las importadas, se diseñaron todos los elementos que constituyen la silla de ruedas con materiales existentes, de fácil adquisición, así como platinas que actúan como vigas, tubos que a su vez actuarán como columnas, de igual manera se seleccionaron actuadores, motores, baterías, ruedas y servomotores. Se determinó que el beneficio económico que tendría la construcción de la silla de ruedas eléctrica articulada frente a una adquirida, es alta y con menor tiempo de espera para poder utilizarla, con los mismos estándares y buena calidad que las importadas. Por estos detalles se concluye que el proyecto, cumple con el objetivo general el cual es, diseñar una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para personas con discapacidad física, en donde se determinó que el diseño y materiales seleccionados son aceptables por poseer un factor de seguridad en el sistema de estructuras analizadas mayores a 1. Finalmente se realizaron los respectivos manuales de funcionamiento y mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento durante su vida útil.

ABSTRACT

The research project deals with the design of an articulated electric wheelchair with vertical - horizontal positioning for the benefit of people with physical disabilities that improve their standard of living, making them in turn more independent; It must be kept in mind that at present the availability of electric wheelchairs in the country is nil, having the same to be imported with exorbitant costs. Due to this problem, the design of an articulated electric wheelchair with vertical - horizontal positioning is the best option to help people with reduced physical capacities, allowing to meet the needs of users. In order to ensure that the prototype has a high quality as imported, all the elements that constitute the wheelchair were designed with existing materials, easy to acquire as well as plates that act as beams, pipes that in turn act as columns, of equal Actuators, motors, batteries, wheels and servomotors were selected. It was determined that the economic benefit of the construction of the articulated electric wheelchair versus an acquired wheelchair is high and with less waiting time to use it, with the same standards and good quality as those imported. For these details it is concluded that the project fulfills the general objective which is to design an articulated electric wheelchair with vertical - horizontal positioning for people with physical disabilities, where it was determined that the design and selected materials are acceptable to possess a safety factor in the system of analyzed structures greater than 1. Finally, the respective operating and maintenance manuals were carried out to guarantee the correct functioning during its useful life.

Tabla de Contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT	ix
Tabla de Contenido.....	x
CODIGO DUBLIN.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xvi
 CAPITULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Problemas de investigación.	2
1.1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.2. Formulación del problema.	3
1.1.3. Sistematización del problema.	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Justificación.	4
 CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1. Marco Conceptual.....	6
2.1.1. Discapacidad.....	6
2.1.2. Silla de Ruedas.	6
2.1.3. Silla de ruedas con motor eléctrico y dirección eléctrica.	6
2.1.4. Diseño en la Ingeniería Mecánica.....	7
2.1.5. Selección de materiales.....	7
2.2. Marco Teórico.	8
2.2.1. Discapacidad.	8

2.2.2. Silla de Ruedas.....	13
2.2.3. Silla de ruedas con motor eléctrico.	16
2.2.4. Diseño en la Ingeniería Mecánica.	17
2.2.5. Selección de materiales.....	18
2.3. Marco Legal.....	25
 CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1. Localización.....	29
3.2. Tipo de investigación.....	29
3.2.1. Investigación de campo.....	29
3.2.2. Investigación exploratoria.	29
3.2.3. Investigación descriptiva.	29
3.2.4. Investigación documental.....	29
3.3. Métodos de investigación.	30
3.3.1. Método analítico.....	30
3.3.2. Método bibliográfico.....	30
3.3.3. Método Inductivo.	30
3.4. Fuentes de recopilación de información.	30
3.5. Diseño de la investigación.	31
3.5.1. Diseño no experimental.....	31
3.6. Técnicas e instrumentos de investigación.....	31
3.6.1. Observación directa.....	31
3.6.2. Cuaderno de Notas.	31
3.7. Tratamientos de los datos.	31
3.8. Recursos humanos y materiales.....	31
3.8.1. Recursos humanos.....	31
3.8.2. Materiales.	32
 CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Resultados.....	34
4.1.1. “Diseño de la Silla de Ruedas Eléctrica”.....	34
4.1.1.1. Diseño de elementos mecánicos.....	34
4.1.1.2. Selección del tipo de material para la estructura.....	35

4.1.1.2.1. Selección del material a utilizar para los soportes longitudinales del asiento.	36
4.1.1.3. Selección del material del soporte del vástago del asiento.	41
4.1.1.4. Selección del material del tubo soporte del reposapiés.	45
4.1.1.5. Selección del material a utilizar del soporte principal de elevación.	50
4.1.1.6. Selección de Actuador ubicado en el Espaldar del Asiento.	54
4.1.1.7. Selección de Actuadores ubicados en la Parte Inferior del Asiento.	57
4.1.1.8. Selección de Actuadores la parte inferior del soporte principal de elevación.	60
4.1.1.9. Selección de neumáticos delanteros para la silla de ruedas eléctrica.	62
4.1.1.10. Selección de neumáticos posteriores	64
4.1.1.11. Selección de los motores para dar movimiento a las ruedas delanteras.	66
4.1.1.12. Selección de Baterías.	68
4.1.1.13. Selección del material base soporte del Actuador 4	72
4.1.1.14. Validación del material a utilizar para los soportes de la base inferior de la silla.	75
4.1.2. Costo total de construcción.	79
4.1.2.1. Costos Directos.	79
4.1.2.2. Costos Indirectos.	81
4.1.2.3. Costo Total.	81
4.2. Discusión.	82
 CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1. Conclusiones.	85
5.2. Recomendaciones.	86
 CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA	87
Bibliografía	88
Linkografía	89
 CAPITULO VII. ANEXOS	90

Índice de Tablas

1. Registro Nacional de Discapacidades.....	10
2. Tipo de Discapacidades.	11
3. Tipo de Actuadores.....	23
4. Propiedades del Acero ASTM A36.	37
5. Especificaciones Técnicas de la Platina.	39
6. Datos para seleccionar el material para el soporte del vástago.	42
7. Propiedades del Acero ASTM A500.	46
8. Longitudes efectivas de las columnas.	46
9. Esfuerzos Permisibles de Columnas ($F_y = 46\ 000\ \text{psi}$).	47
10. Especificaciones Técnicas del Tubo Redondo.	48
11. Datos para seleccionar el material para el soporte del vástago.	51
12. Carga de los elementos a resistir el soporte principal de elevación.	51
13. Especificaciones Técnicas del Perfil C.....	53
14. Masa del cuerpo humano.	55
15. Masa de los elementos a resistir por el Espaldar del Asiento.....	55
16. Información Técnica Actuador LINAK LA25120AB.....	56
17. Información Técnica Actuador LINAK LA25090B.	58
18. Masa de los elementos a resistir por los Actuadores # 3.	58
19. Información Técnica Actuador LINAK LA25200B.	59
20. Carga de los elementos a resistir por los Actuadores # 4.	60
21. Información Técnica Actuador LINAK LA1200124.	61
22. Carga de los elementos a resistir por los Neumáticos Delanteros.	62
23. Información Técnica de Ruedas Delanteras.	63
24. Información Técnica de Ruedas Posteriores.	65
25. Datos Técnicos del Motoreductor DYD.	67
26. Datos para determinar el Consumo de Corriente (A) del Motor DYD-D-320W.	69
27. Datos Técnicos de la Batería para Motores y Actuadores.	71
28. Especificaciones Técnicas del Tubo Rectangular.	74
29. Costos de Materia Prima.....	79
30. Costos de Mecanizados o Maquinados.....	80
31. Costo Total Directo.	81
32. Costos Indirectos.	81

33. Costo Total.	81
36. Resultado de los factores de los componentes.....	83

Índice de Gráficos

1. Registro Nacional de Discapacidades.....	9
2. Tipo de Discapacidades	11
3. Joystick	19
4. Joystick para Barbillas.....	20
5. Joystick para pie	20
6. Mando para Acompañante.....	21
7. Pantalla Táctil	21
8. Baterías de Gel.....	21
9. Actuador LINAK.....	23
10. Silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal	34
11. Conjunto Cojín - Soportes longitudinales del asiento.	36
12. Carga Distribuida en las Platinas Longitudinales.....	37
13. Conjunto Asiento – Soporte del Vástago	41
14. Carga Distribuida en la Platina del Soporte del Vástago del Asiento	42
15. Diagrama del Tubo Soporte del Reposapiés.....	45
16. Vista lateral de la silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento.....	50
17. Vista posterior de la silla de ruedas eléctrica articulada.....	54
18. Vista del lado inferior del asiento de la silla de ruedas eléctrica articulada	57
19. Vista de la parte inferior de la silla de ruedas eléctrica articulada	60
20. Aro Fort Goma Negra.....	64
21. Conjunto de Neumáticos Delanteros y Posteriores de la silla de ruedas.....	64
22. Rueda 2-GN.....	66
23. Conjunto de Motores y Servomotores de la silla de ruedas eléctrica articulada	67
24. Corriente de Descarga Vs Tiempo de Descarga para Motores	68
25. Corriente de Descarga Vs Tiempo de Descarga para Actuadores.....	70
26. Base Soporte del Actuador 4 del Sistema Principal de Elevación	72
27. Carga Distribuida en el Tubo Rectangular del Soporte Base.	72
28. Conjunto Inferior de la Silla de Ruedas.....	75
29. Carga Generada en el Soporte Base Inferior.	76

Índice de Anexos

1. Información Técnica Actuador LINAK LA25120B.	91
2. Información Técnica Actuador LINAK LA1200124.	92
3. Información Técnica de Ruedas Delanteras.	93
4. Datos Técnicos del Motor DYD.	94b
5. Datos Técnicos de la Batería para Motores y Actuadores.	95
6. Esquema de los componentes eléctricos de la silla de ruedas articulada.	96
7. Análisis de esfuerzos producidos en los elementos de la silla articulada.	97
8. Encuesta dirigida a personas con discapacidad física.	107
9. Manual de Funcionamiento y Mantenimiento.	116
10. Centro de masa o centro de gravedad.	120

Índice de Ecuaciones

1. Momento de las Platinas Longitudinales.	37
2. Esfuerzo Permisible.	38
3. Módulo de Sección Requerida de las Platinas Longitudinales.	38
4. Módulo de Sección del Material.	40
5. Inercia de la Platina Llongitudinal	40
6. Área de Sección del Tubo.	47
7. Relación de Esbeltez.	49
8. Carga Requerida	49
9. Momentos para Vigas con Carga Puntual al Extremo.	52
10. Peso.	56
11. Potencia Máxima	66
12. Tiempo.	68
13. Consumo de Corriente	69
14. Momento para Vigas Empotradas ambos lados con Carga Distribuida	73

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para beneficio de las personas con discapacidad física.
Autor:	Vizuite Andrade Rubén Darío
Palabras Claves:	Locomoción, Rehabilitación, Vehículo, Costo, Manuales
Fecha de Publicación:	
Editorial:	Quevedo, UTEQ, 2016.
Descripción:	138 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm
URL:	

INTRODUCCIÓN

La silla de ruedas se conoce como un vehículo que ayuda a varias personas con dificultades de locomoción, resultado de una enfermedad o lesión física (paraplejía, tetraplejía, parálisis cerebral infantil, etc) o psicológica.

En este proyecto se presenta el diseño de una silla de ruedas con movimiento eléctrico que incorpora mejoras que brindan al usuario la opción de cambiar de posición con tan solo presionar un botón y sin abandonar la silla de ruedas, este sistema sirve para la prevención de escaras, problema que es muy común en personas que pasan mucho tiempo en una sola postura, dándole así mayor confort, ventajas en su desenvolvimiento diario, en su trabajo, en su hogar, beneficios en su salud, es decir le ayudarán a mejorar en parte su estilo de vida.

La silla de ruedas cumple con su función básica que es ayudar a movilizar a su usuario, además tiene acoplamientos mecánicos de accionamiento eléctrico que levantan o acuestan

Resumen:	El proyecto de investigación trata del diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para beneficio de las personas con discapacidad física que mejoren su nivel de vida, haciéndoles a su vez más independientes; se debe tener presente además que en la actualidad la disponibilidad de sillas de ruedas eléctricas en el país es nula, teniendo las mismas que ser importadas con costos exorbitantes. Debido a este problema, el diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal es la mejor opción de ayuda a personas con tengan capacidades físicas reducidas, permitiendo solventar las necesidades de los usuarios. Para lograr que el prototipo tenga una calidad elevada como las importadas, se diseñaron todos los elementos que constituyen la silla de ruedas con materiales existentes, de fácil adquisición, así como platinas que actúan como vigas, tubos que a su vez actuarán como columnas, de igual manera se seleccionaron actuadores, motores, baterías, y ruedas. Se determinó que el beneficio económico que tendría la construcción de la silla de ruedas eléctrica articulada frente a una adquirida, es alta y con menor tiempo de espera para poder utilizarla, con los mismos estándares y buena calidad que las importadas. Por estos detalles se concluye que el proyecto, cumple con el objetivo general el cual es, diseñar una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para personas con discapacidad física, en donde se determinó que el diseño y materiales seleccionados son aceptables por poseer un factor de seguridad en el sistema de estructuras analizadas mayores a 1. Finalmente se realizaron los respectivos manuales de funcionamiento y mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento durante su vida útil. Abstract. - The research project deals with the design of an articulated electric wheelchair with vertical - horizontal positioning for the benefit of people with physical disabilities that improve their standard of living, making them in turn more independent; It must be kept in mind that at present the availability of electric wheelchairs in the country is nil, having the same to be imported with exorbitant costs. Due to this problem, the design of an articulated electric wheelchair with vertical - horizontal positioning is the best option to help people
----------	--

	with reduced physical capacities, allowing to meet the needs of users. In order to ensure that the prototype has a high quality as imported, all the elements that constitute the wheelchair were designed with existing materials, easy to acquire as well as plates that act as beams, pipes that in turn act as columns, of equal Actuators, motors, batteries, and wheels were selected. It was determined that the economic benefit of the construction of the articulated electric wheelchair versus an acquired wheelchair is high and with less waiting time to use it, with the same standards and good quality as those imported. For these details it is concluded that the project fulfills the general objective which is to design an articulated electric wheelchair with vertical - horizontal positioning for people with physical disabilities, where it was determined that the design and selected materials are acceptable to possess a safety factor in the system of analyzed structures greater than 1. Finally, the respective operating and maintenance manuals were carried out to guarantee the correct functioning during its useful life.
--	---

la silla dependiendo de la necesidad de la persona que la esté usando, el accionamiento puede ser realizado por el mismo usuario o con ayuda de otra persona según sea el caso de su discapacidad física.

El diseño de esta ayuda técnica con las mejoras implementadas se realiza en una herramienta informática de modelado 3D llamado SolidWork, para el diseño se tiene en consideración las recomendaciones de profesionales de la salud que trabajan con personas con discapacidad, como lo son doctores, traumatólogos, fisiatras además de sus familiares que son los que tratan a diario con estas personas.

Varios diagnósticos médicos y terapéuticos dicen que el estar de pie, así sea por pocos minutos al día, aporta significativos avances en los procesos de rehabilitación de pacientes

con discapacidad en sus miembros inferiores, ya que esta acción ayuda a la liberación de presión en varias zonas puntuales del cuerpo, beneficia la prevención de escaras, la normalización de las funciones de riñón, vejiga, al mejoramiento del sistema digestivo, al mantenimiento de la densidad ósea, aumento de la flexibilidad y disminución de espasmos musculares, a mejorar la circulación y la oxigenación sanguínea.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problemas de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

De acuerdo al último registro Del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) con fecha de octubre del 2016, revela que en el Ecuador existe un total de 415.500 personas con varios tipos de discapacidad. De este total de personas el 47,19% que son 196.076 tienen una discapacidad física que son a las cuales va dirigido este proyecto.

Una discapacidad física, se origina por una deficiencia corporal y/o visceral; las corporales pueden ser evidentes (Ej. paraplejía, tetraplejía, hemiplejía, amputaciones, etc), sin embargo las viscerales al involucrar el deterioro y la limitación de la función de los órganos internos, en diversas ocasiones son imperceptibles (Ej. insuficiencia renal, epilepsia de difícil control, Fibrosis quística del pulmón, enfermedades cardíacas, etc.), esto produce un problema que imposibilita que la persona pueda manipular objetos con las manos, sentarse, levantarse, acostarse, subir o bajar escaleras, caminar, marchar, controlar esfínteres, mantener el equilibrio, entre otros.

Para las personas con discapacidad, las tareas cotidianas que la mayoría dan por sentado, pueden ser difíciles. Cosas como alcanzar la estantería superior en un supermercado, levantarse de la cama por las mañanas o abrir una puerta puede convertirse en una tarea complicada.

1.1.1.1. Diagnóstico.

La disponibilidad de sillas de ruedas en Ecuador es eficiente ya que existen varias fábricas nacionales que se encargan de abastecer el mercado con los modelos básicos, pero si se quiere acceder a un modelo eléctrico que tenga varias funcionalidades las personas deben obligadamente optar por una silla importada que en todos los casos tienen unos precios elevados que no están al alcance de todos.

1.1.1.2. Pronóstico.

Al diseñar, calcular y seleccionar elementos para la fabricación de sillas de ruedas eléctricas, teniendo presente la ergonomía, permitirá mejorar la calidad de vida de una persona con discapacidad física, a través de la construcción de la misma.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cómo ayudaría en la vida diaria de una persona con discapacidad física el diseño de una silla de ruedas eléctricas articulada con cambios de posición?

1.1.3. Sistematización del problema.

La investigación se centra en el diseño, cálculo y selección de elementos para la fabricación de una silla de ruedas eléctrica, que abarca el análisis mecánico, costos de construcción y funcionamiento para mejorar la vida de una persona con discapacidad física.

- ¿Qué tiempo de autonomía tiene la batería de la silla de ruedas y cuanto tiempo de carga necesita para que esta cargue completamente?
- ¿Cómo incide en la salud de la persona con discapacidad el utilizar esta silla de ruedas en comparación a las sillas de ruedas normales?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Diseñar una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para personas con discapacidad física.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar la silla de ruedas eléctrica con sistemas innovadores propuestos para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad física.
- Calcular el costo total de construcción de la silla de ruedas antes mencionada.
- Desarrollar un manual de uso y mantenimiento de la silla de ruedas eléctrica articulada.

1.3. Justificación.

En el Ecuador 415500 personas posee algún tipo de discapacidad; de ésta cantidad el 47.19% es decir 196076 de ellas sufre discapacidad física, muchas de estas personas para poder trasladarse de un sitio a otro requieren de una silla de ruedas, misma que en su modelo más básico ha sido diseñada para que su usuario pueda movilizarse por sí mismo propulsando las ruedas con sus propias manos, o si no es posible su propia movilización, se vale de la ayuda de otra persona, el traslado de un lugar a otro siempre se realiza de forma horizontal, pero la persona que usa la silla no tiene la opción de realizar un movimiento vertical u horizontal, es decir que pueda ponerse en una posición parecida al estar de pie o estar acostado, obligándolo a permanecer sentado siempre. Estar en posición de pie le ayudaría al usuario en la prevención de escaras que comúnmente se da en personas que pasan en una sola posición todo el tiempo, mejoras en su salud, además de que pueda realizar acciones que estando sentado no podría.

Esta situación obliga a buscar alternativas mecánicas y eléctricas que solucionen este problema, alternativas que ayuden a mejorar la calidad de vida de este grupo de personas en el Ecuador, solucionando parte de sus problemas de salud con solo cambiar la posición en la que se encuentra el usuario de la silla de ruedas, aminorando la presión ejercida en determinadas partes del cuerpo ayudaría. Asimismo, cuando las personas con discapacidad física requieren alcanzar objetos a cierta altura, tienen demasiadas dificultades en las sillas de ruedas normales, ya que estas no han sido diseñadas con ese fin, por lo que para ellos es imposible manipular y efectuar acciones a determinada altura.

En razón de lo antes expuesto, el presente proyecto pretende resolver estas dificultades mediante la implementación de mecanismos eléctricos y mecánicos anexos a la silla de ruedas que permitan solventar estas necesidades.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual.

2.1.1. Discapacidad.

La discapacidad es una deficiencia permanente de los distintos órganos, aparatos o sistemas que hace que una persona presente dificultad para realizar las actividades de la vida diaria como: vestirse, comer, asearse, oír, ver, etc.; considerándose a una persona discapacitada como aquella que se da, de la consecuencia de una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, con independencia de la causa que la hubiera originado, restringiendo permanentemente su capacidad biológica, psicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria, en la proporción que establezca el Reglamento dado según la Ley Orgánica de Discapacidades (LOD). [1]

2.1.2. Silla de Ruedas.

La silla de ruedas para las personas discapacitadas es el medio que les permite acercarse y relacionarse con el entorno; teniendo presente que la misma debe responder a las características individuales del paciente como: edad, peso, patología, funciones residuales, etc., pretendiéndose que con ella pueda realizar el mayor número de actividades posibles; caracterizando las propiedades que se debe reunir para seleccionar la misma como es la seguridad, el confort, la estética y la funcionalidad. [2]

2.1.3. Silla de ruedas con motor eléctrico y dirección eléctrica.

Estas sillas de ruedas eléctricas se utilizan para facilitar la movilidad de las personas con imposibilidad para caminar y que además tienen incapacidad funcional para la propulsión de sillas de ruedas manuales, pero capacidad visual, mental y de control suficiente para el manejo de la misma; la cual consta básicamente de chasis de acero, reposabrazos, asiento con respaldo, reposapiés, ruedas traseras, ruedas delanteras, uno o dos motores, un sistema de control eléctrico y baterías; teniendo presente además que las ruedas directrices deben ser pivotantes para permitir la conducción de la silla, tanto si son delanteras o traseras. [3]

2.1.4. Diseño en la Ingeniería Mecánica.

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse; teniéndose presente además que debe ser un proceso innovador y altamente iterativo; asimilando que el diseño en la ingeniería mecánica involucra a todas las áreas que componen esta disciplina. [4]

2.1.5. Selección de materiales.

La selección de un material para construir una parte de una máquina o un elemento estructural es una de las decisiones más importantes que debe tomar el diseñador; para lo cual la elección real de un material para una aplicación de diseño particular puede ser fácil, con base en aplicaciones previas o el proceso de selección puede ser tan complicado y desalentador como cualquier problema de diseño con la evaluación de muchos parámetros físicos, económicos y de procesamiento del material; existiendo enfoques sistemáticos y de optimización para seleccionar el material. [4]

2.2. Marco Teórico.

2.2.1. Discapacidad.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la enfermedad, deficiencia, discapacidad y minusvalía como:

- La **enfermedad** define como “una situación intrínseca que abarca cualquier tipo de enfermedad, trastorno o accidente. La enfermedad está clasificada por la OMS en su Clasificación Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud Relacionados (CIE)”. [5]
- La **deficiencia** define como “toda pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica”. [5]
- La **discapacidad** define como “toda restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano”. [5]
- La **minusvalía** define como “una situación desventajosa para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o una discapacidad, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso (en función de su edad, sexo o factores sociales y culturales).” [5]

2.2.1.1. Clasificación de la discapacidad.

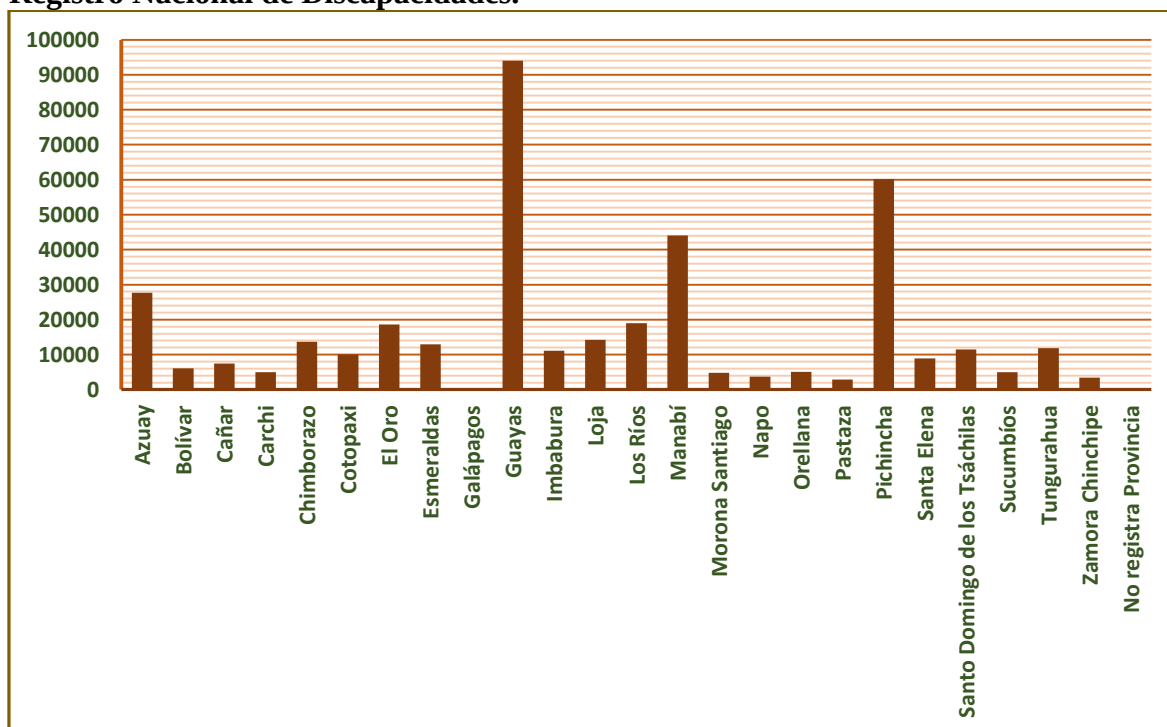
- **Motriz o Física**, “incluye a las personas con discapacidad para caminar, manipular objetos y de coordinación de movimientos para realizar las actividades de la vida cotidiana; a través de alteraciones producidas en nuestro organismo”. [6]
- **Sensorial**, “comprende a las personas con deficiencias visuales, auditivas y a quienes presentan problemas en la comunicación y el lenguaje (ceguera y sordera)”. [6]

- **Intelectual**, “se caracteriza por una disminución de las funciones mentales superiores (inteligencia, lenguaje y aprendizaje, entre otros), así como de las motoras; incluyéndose en este grupo a las personas que presentan dificultades para aprender y realizar algunas actividades de la vida diaria”. [6]
- **Psicosocial**, esta puede provenir de una enfermedad mental y que tiene factores genéticos y bioquímicos; en donde los síntomas generalmente se presentan en la adolescencia; este tipo de discapacidad puede ser temporal o permanente, convirtiéndose en una condición de vida, como es: la esquizofrenia, depresión, trastorno bipolar, ataques de pánico, trastorno esquizoafectivo, trastorno dual y trastornos fóbicos, entre otros. [6]

2.2.1.2. Discapacidad en el Ecuador.

En el Ecuador según datos proporcionados por el CONADIS, se registran 415 500 personas con diferentes tipos de discapacidades, repartidas en las distintas provincias a nivel nacional, como se detalla a continuación. [7]

Gráfico 1.
Registro Nacional de Discapacidades.



Fuente: CONADIS y MS. (2016)
Elaborado: Autor (2016)

Tabla 1.
Registro Nacional de Discapacidades.

Provincia	Personas - 2010	Personas - 2016	Incremento
Azuay	23 348	28 173	4 825
Bolívar	5 227	6 294	1 067
Cañar	6 108	7 760	1 652
Carchi	4 936	4 923	-13
Chimborazo	11 396	13 919	2 523
Cotopaxi	8 379	10 327	1 948
El Oro	16 355	18 826	2 471
Esmeraldas	11 770	13 310	1 540
Galápagos	277	451	174
Guayas	74 875	99 281	24 406
Imbabura	8 953	11 629	2 676
Loja	12 593	14 401	1 808
Los Ríos	16 437	19 974	3 537
Manabí	40 274	44 074	3 800
Morona Santiago	3 752	5 089	1 337
Napo	3 574	3 757	183
Orellana	4 307	5 339	1 032
Pastaza	2 226	2 908	682
Pichincha	47 521	63 282	15 761
Santa Elena	7 638	9 217	1 579
Santo Domingo de los Tsáchilas	8 663	11 805	3 142
Sucumbíos	4 718	5 176	458
Tungurahua	9 556	12 001	2 445
Zamora Chinchipe	3 024	3 584	560
Total	335 907	415 500	79 593

Fuente: CONADIS y MS. (2016)
Elaborado: Autor (2016)

2.2.1.3. Discapacidades por Tipo en el Ecuador.

Los tipos de discapacidades presentes en el Ecuador son: el auditivo, intelectual, lenguaje, psicosocial, visual y el físico que es el que predomina en el país con un porcentaje del 47.19% como se presenta a continuación. [7]

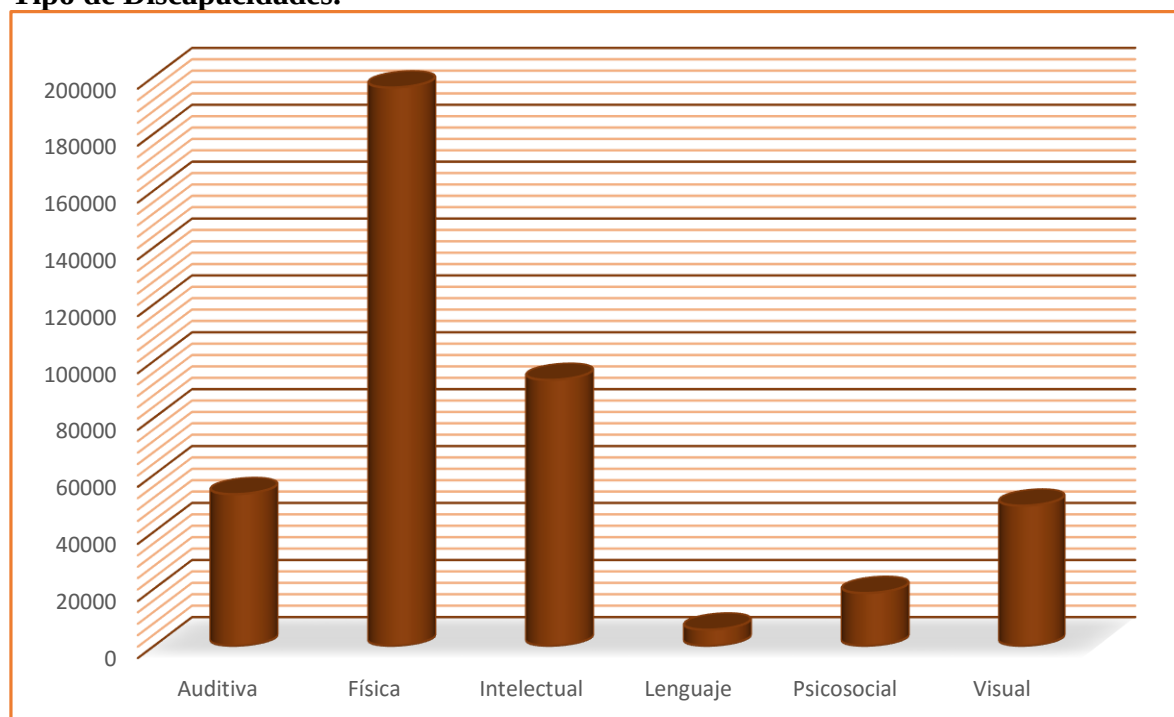
Tabla 2.
Tipo de Discapacidades.

Tipos de Discapacidad	Personas – 2010	Porcentaje	Personas – 2016	Porcentaje
Auditiva	40 080	11.93	53 079	12.77
Física	163 074	48.55	196 076	47.19
Intelectual	75 769	22.56	93 266	22.45
Lenguaje	4 874	1.45	5 610	1.35
Psicosocial	13 522	4.02	18 435	4.44
Visual	38 588	11.49	49 034	11.80
Total	335 907	100.00	415 500	100.00

Fuente: CONADIS y MS. (2016)

Elaborado: Autor (2016)

Gráfico 2.
Tipo de Discapacidades.



Fuente: CONADIS y MS. (2016)

Elaborado: Autor (2016)

2.2.1.4. Ejercicios de Mantenimiento en el lesionado medular en fase crónica.

Hay que tener presente que los movimientos realizados en el día son suficientes para sostener una condición aceptable del aparato locomotor, por lo que hay que saber que al darse una lesión medular provoca una disminución significativa de los movimiento, siendo esta una razón fundamental para que el ejercicio sea considerado como de máxima importancia para el bienestar físico y psíquico. [8]

Se debe tener en cuenta que las posturas articulares correctas, ayudan a prevenir la aparición de escaras y la rigidez articular.

Las posturas articulares correctas son:

- **Sentado**, la silla debe ser adecuada y cómoda, concerniente con la altura y constitución de la persona, en donde la cadera y pies, estén en posición de 90°. [8]
- **Bipedestación**, cuando se de una lesión medular por encima de la décima vertebra, la bipedestación va a ser profiláctica siendo difícil el caminar, sin embargo es necesario para evitar la aparición de osteoporosis, mejorando el peristaltismo intestinal, así como la eliminación de la orina, regenerando la valoración del lesionado, para lo que estos ejercicios deberán hacerse todos los días, mediante el uso de las sillas de ruedas. [8]
 - a) **Movilizaciones pasivas**, estas se harán en las articulaciones ubicadas por debajo del nivel de la lesión, en las que habrá una pérdida de la movilidad y sensibilidad en menor o mayor grado. [8]
 - b) **Miembros inferiores**, consisten en movilizar tobillos describiendo círculos, en sentido horario y antihorario lo más amplio posible; rodillas las cuales deben doblarse y estirarse por completo; cadera las mimas que se deben llevar la rodilla sobre el tórax y luego aproximarla hacia el muslo separándolas hacia fuera, sobre camilla, en donde con las rodillas flexionadas se deben hacer giros con la cadera hacia la derecha e izquierda. [8]

2.2.2. Silla de Ruedas.

La silla de ruedas es el medio de asistencia más frecuente para mejorar la movilidad personal, que proporciona apoyo para sentarse y movilizar sobre ruedas, a una persona que tiene dificultad para desplazarse, convirtiéndose en una condición previa para disfrutar de los derechos humanos y una vida digna, y así ayudar a las personas con discapacidad a convertirse en miembros más productivos de sus comunidades. [9]

2.2.2.1. Criterios de elección de una silla de ruedas.

Los aspectos a tener en cuenta a la hora de elegir una silla de ruedas son:

- **La adecuación al usuario:** “debe ir adaptada a las dimensiones, peso y discapacidad del usuario. Si el uso de la silla es permanente conviene que se disponga de cojines antiescaras.” [10]
- **Las dimensiones de la silla:** “normalmente existen varias tallas para cada uno de los modelos y algunos se regulan en anchura, altura y profundidad; las más pequeñas son las propulsadas, mientras que las más grandes y pesadas son las sillas eléctricas.” [10]
- **Las dimensiones y características del entorno:** “debe de tenerse en cuenta cuáles van a ser los lugares habituales de uso como la habitación, el baño, etc.” [10]
- **Las actividades diarias a realizar:** “se ha de valorar si puede autopropulsarse, si va a recorrer distancias largas, si realiza transferencias frecuentes y cómo las realiza, o si va a estar mucho tiempo frente a una mesa o un escritorio” [10]
- **La facilidad de plegado y transporte:** debe plegarse o desmontarse con facilidad. Las sillas más sencillas son las de chasis plegables y las de ruedas de liberación rápida; en donde el tamaño de plegado varía entre los 26 cm en las manuales y los 60 cm en las eléctricas; se debe tener presente además que para elegir una silla de ruedas hay que considerar el peso total que genera la misma, en vista que a menor peso mayor facilidad de transporte y viceversa. [10]

- **Seguridad:** “debe ser estable ante el vuelco y soportar el peso del usuario. Las sillas de ruedas eléctricas incorporan un control adecuado de velocidad y frenado.” [10]

2.2.2.2. Postura en la silla de ruedas.

Es muy importante tanto la postura como la comodidad, sobre todo en usuarios permanentes de silla de ruedas. Por ello es conveniente adaptar la silla a las necesidades individuales de cada usuario y lograr lo siguiente. [10]

- Sentarse establemente.
- Una buena alineación de la columna.
- Un buen equilibrio.
- Mantener adecuadamente la función respiratoria.
- Facilitar la movilidad de los brazos.
- Facilitar el trabajo de los ayudantes.

2.2.2.3. Beneficios de una silla de ruedas.

Los beneficios que una silla de ruedas cómoda y apropiada ofrece a una persona discapacitada son:

- **Movilidad:** “Las sillas de ruedas facilitan la movilidad de las personas discapacitadas de un lugar a otro con independencia” [11].
- **Salud:** “La silla de ruedas ajustadas, con cojín, puede reducir problemas comunes, como las úlceras por presión o las malas posturas” [11].
- **Independencia:** “Los personas que usan las sillas de ruedas pueden tener más control sobre su vida de manera independiente” [11].
- **Autoestima y confianza:** “Una silla de ruedas cómoda, apropiada, bien ajustada y eficiente puede darle al usuario más confianza y mejorar su autoestima” [11].

2.2.2.4. Tipos de componentes de una silla de ruedas.

Los tipos de componentes más relevantes de una silla de ruedas son:

- **Armazón**, “puede ser rígido o plegable; en donde el aprovechamiento de la energía que la persona aplica es el doble en una silla con armazón rígido, que en una plegable” [12].
- **Ruedas Delanteras**, “varían desde los 75 mm de diámetro hasta 200 mm de las ruedas delanteras; especificándose que mientras más pequeñas sean, tendrán menor rozamiento y mayor facilidad de giro” [12].
- **Ruedas Posteriores**, “la más habitual es la de 600 mm de diámetro. (24”); aunque también se utilizan de menor diámetro como son de 22” (550mm) o 20” (500mm) en sillas de niño; especificándose además que mientras las ruedas sean más pequeñas, estas permiten aplicar menor esfuerzo para propulsarla, requiriendo mayor número de impulsos” [12].
- **Frenos**, “los más comunes son los de zapatas, anclándose al tubo que queda por debajo del asiento; según el modo que se activen, ya sean empujando hacia delante o tirando hacia atrás” [12].
- **Reposabrazos**, “hay varios tipos que pueden ser desmontables, o abatibles hacia detrás; con distintas longitudes del almohadillado (normal o largo)” [12].
- **Reposapiés y Plataformas**, “pueden ser fijos o desmontables, recomendándose que la posición anatómica ideal es de 90°” [12].

2.2.2.5. Tipos de sillas de ruedas.

Los tipos de sillas de ruedas más comunes son:

- **Sillas de ruedas tradicionales**; “son las más utilizadas y están construidas con aluminio y pesan 13 y 17 Kg” [13].

- **Sillas de ruedas para parapléjicos**, “estas sillas brindan poca o ninguna autonomía fuera del domicilio o cuando existen obstáculos” [14].
- **Silla de ruedas deportivas**, “están constituidos de chasis rígido no plegable, resistente y liviano posee escasa inercia; ruedas inclinadas para mejorar su movilidad giratoria y posee finalmente protección de las manos en caso de choque” [13].
- **Silla de ruedas eléctrica con chasis fijo**, “brinda posibilidades de adaptación, es ergonómico con mejor regulación, permite contar con un sistema de posiciones múltiples y con funciones de elevación” [14].
- **Silla de ruedas eléctrica con chasis plegables**, “son compactas, desmontables a mayor o menor facilidad” [14].
- **Silla de ruedas motorizadas o eléctricas**, “son ideales para cualquiera que no posea la fuerza o la habilidad para arreglársela con una silla manual” [15].

2.2.3. Silla de ruedas con motor eléctrico.

La silla de ruedas eléctrica, “es un producto que ayuda a facilitar los desplazamientos y cambio de postura de las personas que no pueden realizar sus actividades diarias de forma independiente, mediante un mando estándar que pueda controlar la misma” [16].

Los tipos de motores utilizados en las diferentes sillas de ruedas eléctricas son:

- **Motor para aumentar la fuerza de propulsión**; “se compone de dos motores eléctricos acoplados a las ruedas motrices de una silla de ruedas alimentada por baterías; en donde su función es aumentar la fuerza que se genera al impulsarse” [16].
- **Motor para silla de ruedas bimanual**; “consta de dos motores que están ubicados en las ruedas motrices, un joystick para conducir y dos baterías con su correspondiente cargador” [16].
- **Motor eléctrico para ayuda al asistente**; “es un motor alimentado por baterías que se coloca en la parte posterior de la silla de ruedas, detrás del respaldo del usuario y

ayuda al asistente cuando empuja la silla; pudiéndose desmontarse sin herramientas, lo que facilita su transporte, y sus piezas no son muy pesadas” [16].

2.2.4. Diseño en la Ingeniería Mecánica.

2.2.4.1. Diseño Mecánico.

Es el proceso de diseño o selección de componentes mecánicos para conjuntarlos y lograr una función deseada, en donde los elementos de las maquinas deben ser compatibles, acoplarse bien entre si y funcionar en forma segura y eficiente; considerando el desempeño del elemento diseñado y los elementos que interactúan con él. [17]

2.2.4.2. Funciones, parámetros de diseño de diseño y criterios de evaluación.

- Las **funciones** “indican lo que debe hacer el dispositivo, mediante afirmaciones generales no cuantitativas” [17].
- Los **parámetros de diseño** “son declaraciones detalladas, en general cuantitativas, de los valores esperados de funcionamiento, condiciones ambientales en las que debe trabajar el dispositivo, las limitaciones de espacio o peso de materiales y componentes disponibles que pueda usarse” [17].
- Los **criterios de evaluación** “son declaraciones de características cualitativas deseables en un diseño, que ayudan a que el diseñador decida que opción es la óptima; que maximice las ventajas y minimice las desventajas” [17].

2.2.4.3. Etapas del diseño.

Las etapas del diseño mecánico, a través de procesos, proporcionando una o varias soluciones para satisfacer los requisitos determinados son las siguientes. [18]

- a) Dar ideas mediante conceptualizaciones.
- b) Agrupar elementos a través de la síntesis.
- c) Analizar el diseño.
- d) Evaluar los costos del proyecto.

- e) Representar los planos requeridos del producto.

2.2.4.4. Confiabilidad.

“El método de confiabilidad de diseño, se trata de generar un índice de éxito aceptable y positivo; a través de la relación dada, entre la distribución determinada de la resistencias y de los esfuerzos dados en un elemento” [4].

2.2.5. Selección de materiales.

Para elegir un material que se usa para construir un elemento estructural o una parte de una máquina, se lo debe dar después de seleccionar el procedimiento para crear la geometría requerida y antes de establecer sus dimensiones. [4]

Los materiales se clasifican en:

- Aleaciones Ferrosas
- Aceros Aleados
- Aceros Inoxidables
- Fundición de Hierro
- Aleaciones No Ferrosas
- Materiales Plásticos
- Materiales Cerámicos
- Materiales Compuesto
- Fundición de Revestimiento

2.2.5.1. Materiales esenciales que componen una Silla de Ruedas Eléctrica.

Los materiales esenciales que componen una Silla de Ruedas Eléctrica son:

- **Modulo Asiento**, es el componente, el cual se encarga de dar un soporte apropiado al tronco y a la pelvis; permitiendo el apoyo necesario del cuerpo, repartiendo las presiones, estabilidad y control postural; formado por tejido fuerte impermeable, resistente a la abrasión, contrachapado, poliuretano, etc. [19]

- **El respaldo**, “es el componente encargado de brindar soporte y descanso a la columna, variando su altura según la necesidad requerida, buena posición de la espalda, evitando al fatiga y permitiendo la mayor movilidad posible” [19].
- **Las ruedas**, facilita el medio de traslación y mejora el sistema de locomoción, siendo las mismas diferentes, cuando se requieren para la ciudad o para hacer deporte, o para estar en la casa; siendo distinta la silla de ruedas para trasladar a una persona discapacitada por otra que por una autopropulsable. [19]
- **Chasis**, es la estructura que permite conectar las ruedas con la silla; la misma que puede ser rígida o plegable; conformado por materiales como: el acero, el mismo que es el más usado, duradero, fácil de limpiar y económico; titanio que es muy resistente pero de difícil adquisición; aluminio el cual tiene la ventaja de menor peso, pero el mismo se raya fácilmente y finalmente plástico el cual resulta bastante flexible. [19]
- **Controles**, “son dispositivos de control de acceso, utilizando un sistema estándar como el joysticks el mismo que es el más utilizado o interruptores y los frenos los mismos que son de diferentes tipos y modelos según se requiera” [19].

Tipo de Control

- Control con la mano**, el joystick varía en su forma y tamaño, es un dispositivo de control, se diferencia entre los digitales y analógicos siendo estos los más utilizados. [20]

Gráfico 3.
Joystick.



Fuente: Tovar, 2013.

- b) **Control con la cabeza**, se debe tener en cuenta que los movimientos repetitivos provocan lesiones, por lo que es necesario asegurar una posición de reposo y cómoda de la cabeza; por lo que la solución más aceptable es un Joystick para conducir con la barbilla, el mismo que está constituido por una palanca y un interruptor de encendido/apagado. [16]

Gráfico 4.
Joystick para barbillas.



Fuente: Valle, Isabel, Sillas de Ruedas Eléctricas, 2013.

- c) **Control con el pie**, se debe tener presente que muchos mandos pueden manejarse con el pie, mediante un soporte adecuado, el mismo para que funcione correctamente, requiere de estabilidad de todo el cuerpo, por lo que el Joystick con forma de pedal, que controla la velocidad y al mismo tiempo el movimiento, es el más adecuado. [21]

Gráfico 5.
Joystick para Pie.



Fuente: Valle, Isabel, Sillas de Ruedas Eléctricas, 2013.

- d) **Mando para Acompañante**, en caso que los usuarios requieran de un asistente para poder movilizarse, el mismo que no posee una fuerza de empuje necesaria, esta opción es la más adecuada, en vista que el trabajo será efectuado por el motor y el ayudante solo da la dirección. [21]

Gráfico 6.
Mando para Acompañante.



Fuente: Ceapat, 2010.

- e) **Mando Digital Controlado por un Dedo**, se recomienda su utilización mediante un sensor luminoso, sin contacto, el cual se desplaza a través del movimiento dado por el dedo. [21]

Gráfico 7.
Control Táctil.

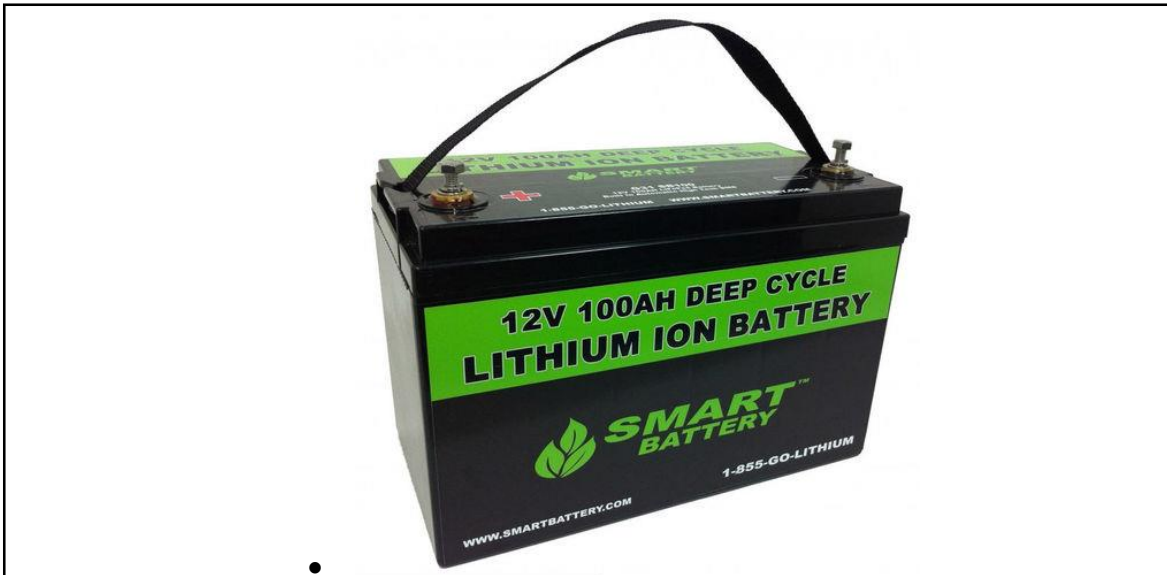


Fuente: Ceapat, 2010.

- **Batería de Litio**, también denominada batería Li-Ion, es un dispositivo diseñado para almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito una sal de litio que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo. Como sus propiedades están la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad energética y resistencia a la descarga, junto con

el poco efecto memoria que sufren o su capacidad para funcionar con un elevado número de ciclos de regeneración, han permitido diseñar acumuladores livianos, de pequeño tamaño y variadas formas, con un alto rendimiento. [22]

Gráfico 8.
Batería de Litio.



Fuente: www.nauticexpo.es (2016)

- **Actuador**, es un dispositivo de una máquina, delegado de proveer energía mecánica para que funcione, el cual debe ser apto para transformar algún tipo de energía, ya sea neumática, hidráulica o eléctrica, en mecánica; los mismos que son usados para manejar aparatos mecatrónicos. [23]

Tipos de Actuadores:

Según (Sánchez, Rafael, 2008) los actuadores se clasifican en:

- 1) **Eléctricos**, son encargados de convertir la energía eléctrica en mecánica.
- 2) **Neumáticos**, son encargados de transformar la energía potencial, almacenada en algún gas en mecánica.
- 3) **Hidráulicos**, son los encargados de convertir la energía potencial almacenada de un líquido en mecánica.
- 4) **Térmicos**, son los encargados de transformar la energía calorífica en mecánica.
- 5) **Elásticos**, son los encargados de convertir la energía potencial almacenada en la deformación elástica, de un material en mecánica.

6) **Gravitatorios**, son los encargados de convertir la energía potencial gravitatoria en mecánica.

7) **De origen animal**, son los encargados de convertir la energía calorífica de los alimentos animales en mecánicas.

Tabla 3.
Tipo de Actuadores.

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	• Aire a presión (5-10 bar)	• Aceite mineral (50 – 100 bar)	• Corriente eléctrica
Opciones	• Cilindros • Motor de paletas. • Motor de pistón.	• Cilindros • Motor de paletas. • Motor de pistones axiales.	• Corriente continua. • Corriente alterna. • Motor paso a paso.
Ventajas	• Baratos • Rápidos • Sencillos • Robustos	• Rápidos. • Alta relación potencia-peso. • Autolubricantes. • Alta capacidad de carga. • Estabilidad frente a cargas estáticas.	• Precisos. • Fiables • Fácil control • Sencilla instalación. • Silenciosos.
Desventajas	• Dificultad de control continuo. • Instalación especial. • Ruidosos.	• Difícil mantenimiento. • Instalación especial. • Frecuentes fugas. • Precios elevados.	• Potencia limitada.

Fuente: Sánchez, Rafael, Accionamiento y actuadores eléctricos, 2008.

Elaborado: Autor (2016)

Gráfico 9.
Actuador LINAK



Fuente: Linak (2016)

- **Accesorios**, “como los apoyabrazos que sirven como apoyo de los codos, los cuales son de diferentes tipos; los reposapiés, los mismos que soportan los miembros inferiores a diferentes alturas” [19].
- **Actuadores Lineales**, “son dispositivos que transforman la energía hidráulica, neumática o eléctrica en algún determinado proceso, en donde los actuadores pueden ser: electrónicos, hidráulicos, neumáticos de doble efecto o simple, o también eléctricos los cuales se utilizan según los motores que se tengan ubicados” [24].
- **Motor**, “se conectan de manera sencilla, caracterizándose por tener una alta potencia, gran eficiencia, poco consumo de energía, gran torsión de arranque entre otras; aplicándose a scooter, sillas de rueda eléctrica, etc.” [25].

2.3. Marco Legal.

A continuación, se especifican los reglamentos legales o normativas que se utilizan en el Ecuador referente al proyecto de investigación:

a) Reglamento Técnico Ecuatoriano: RTE INEN 104

“Muebles”

Objeto: Este Reglamento determina los requisitos que deben tener los muebles, con el fin de prevenir los riesgos referentes a la seguridad y a la vida de las personas, aplicadas al medio ambiente.

b) NTP 242: Ergonomía; análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas.

Introducción:

- La función principal de la Ergonomía es la adaptación de las máquinas y puestos de trabajo al hombre.
- Este análisis ergonómico es un estudio de carácter global más no de diseño.

c) Norma Venezolana: COVENIN 2915:1998 (ISO 7176-2:1990) (E)

Sillas de Ruedas. Determinación de la Estabilidad Dinámica de las Sillas de Ruedas Eléctricas.

Objeto: Esta Norma Venezolana detalla los métodos que permiten determinar la estabilidad dinámica de las sillas de ruedas eléctricas.

d) Norma Venezolana: COVENIN 2911:1998 (ISO 7176/5:1986) (E)

Sillas de Ruedas. Determinación de Dimensiones Globales, Masa y Espacios de Giro.

Objeto: Esta Norma Venezolana detalla los métodos que permiten determinar las dimensiones globales, masa y espacio de giro mínimo de sillas de ruedas.

e) Normas:

- **Norma Venezolana:** COVENIN 2910:1998 (ISO 7176-4:1997) (E)

Sillas de Ruedas. Determinación del Consumo de Energía de las Sillas de Ruedas Eléctricas.

- **Norma Española:** UNE – EN 12184

Título: Sillas de ruedas con motor eléctrico, scooters y sus cargadores. Requisitos y métodos de ensayo.

Objeto: Estas Normas detallan los métodos y requisitos de ensayo de las Sillas de Rueda con Motor Eléctrico, en donde se especifica que la Velocidad Máxima.

- Sillas de ruedas con Motor Eléctrico.
- Scooters con motor eléctrico.

f) Norma Española: UNE-EN 12183

Título: Sillas de ruedas de propulsión manual. Requisitos y métodos de ensayo.

Objeto y campo de aplicación: Esta Norma detalla los métodos y requisitos de ensayo de las sillas de ruedas de propulsión manual a ser usados por una persona.

g) Norma Española: UNE-EN ISO 9999

Título: Productos de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología. (ISO 9999:2007).

Objeto y campo de aplicación:

- Esta Norma determina una clasificación de productos de apoyo, producidos o disponibles para personas con discapacidad, que demandan la asistencia de otra persona para su funcionamiento.

Productos de Apoyo para la Movilidad Personal.

- **Sillas de Ruedas de Propulsión Manual.** Mecanismo que ayuda a movilizar a personas con capacidad limitada para caminar y que son conducidas por el mismo usuario o un asistente.
- **Sillas de Ruedas de Propulsión Motorizada.** Mecanismo con propulsión con Motor que ayuda a movilizar a personas con capacidad limitada para caminar.
- **Accesorios para Sillas de Ruedas.** Mecanismos asociados a la utilización de la Silla de Ruedas.

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

El presente proyecto de investigación se realizó en el cantón de Quevedo, el cual se encuentra ubicado en la provincia de los Ríos; limitado de la siguiente manera, al norte con los cantones de Buena Fe y Valencia, al sur con el cantón de Mocache, al este con los cantones de Quinsaloma y Ventanas, mientras que al oeste con la provincia del Guayas; con una población según el censo efectuado el año 2010 de 173 575 habitantes, donde se divide por género en 86 821 hombre y 86 754 mujeres; ocupando el 86.9% la zona urbana y el 13.1% la rural.

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación de campo.

Este tipo de investigación se empleó en la obtención de la información concerniente a la ergonomía y modelos requeridos de las sillas de ruedas, al momento de visitar las casas de las PCD (personas con discapacidad), a Doctores y Fisiatras, poniéndose en contacto directo con la realidad y por ende con el problema.

3.2.2. Investigación exploratoria.

Esta investigación exploratoria se utilizó, para determinar y verificar la situación actual que viven los PCD, las necesidades que tienen las sillas de ruedas permitiendo tener una mejor percepción del proyecto.

3.2.3. Investigación descriptiva.

Esta clase de investigación se utilizó para analizar el uso actual que le dan a una silla de ruedas personas con diferentes tipos de discapacidades físicas.

3.2.4. Investigación documental.

La investigación documental se utilizó en la búsqueda de diseños similares, normas, libros que sirvan como guía para el estudio que se desarrolla, facilitando de esta manera la

comprensión del problema, permitiendo ampliar y deducir la conceptualización de diferentes autores relacionados con el proyecto.

3.3. Métodos de investigación.

Los métodos de investigación que se aplicaron en el presente proyecto fueron:

3.3.1. Método analítico.

El método analítico se empleó para analizar y verificar los datos obtenidos como son: el diseño, costos, manuales, entre otras.

3.3.2. Método bibliográfico.

Este tipo de método se utilizó para recolectar o conseguir fuentes bibliográficas relacionadas con el diseño de los elementos que se exponen en la silla de ruedas, tal como con Shigley, McCormac, Mott entre otras.

3.3.3. Método Inductivo.

Este método ayudó a entender de mejor manera los conceptos y características, de temas relacionados con el diseño mecánico, selección de actuadores, neumáticos, baterías, servomotores, etc.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

Las fuentes secundarias utilizadas en este proyecto de investigación se dieron a partir de revistas científicas, libros, manuales y páginas web. De igual manera las fuentes primarias se dan mediante sondeos dados a través de observación directa mediante la realidad de vida del problema planteada durante las visitas de las casas de las PCD, Doctores y Fisiatras.

3.5. Diseño de la investigación.

3.5.1. Diseño no experimental.

Se utilizó para la manipulación de las variables independientes que surgieron de esta investigación y se observaron tal como se dieron de forma natural, así como en su contexto para después analizarlos.

3.6. Técnicas e instrumentos de investigación.

3.6.1. Observación directa.

Se empleó en la investigación de campo poniéndose en contacto directo con la realidad, recopilando información que garantice la validez y fiabilidad del trabajo investigativo en proceso, para después registrarla para su posterior análisis.

3.6.2. Cuaderno de Notas.

El cuaderno de notas se utilizó para describir lo observado, recopilando información necesaria relacionada con el proyecto de investigación como los datos, expresiones, etc., siendo uno de los principales instrumentos primordiales utilizados en la técnica de observación directa.

3.7. Tratamientos de los datos.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación, se utilizó la herramienta EXCEL, con la cual se procedió a tabular los datos obtenidos y recopilados en la observación directa.

3.8. Recursos humanos y materiales.

3.8.1. Recursos humanos.

Para desarrollar el proyecto presente, se contó con la colaboración del:

- Director de Proyecto
- Autor del Proyecto

3.8.2. Materiales.

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo del presente proyecto son:

- Computadora
- Impresora
- Libros
- Internet
- Copias
- Cd
- Calculadora
- Esferos
- Lápices
- Revistas científicas

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. “Diseño de la Silla de Ruedas Eléctrica”.

A continuación, se dará a conocer las características generales del diseño que son de primordial importancia saber, para diseñar la silla de ruedas articulada con posicionamiento vertical – horizontal para beneficio de las personas con discapacidad física.

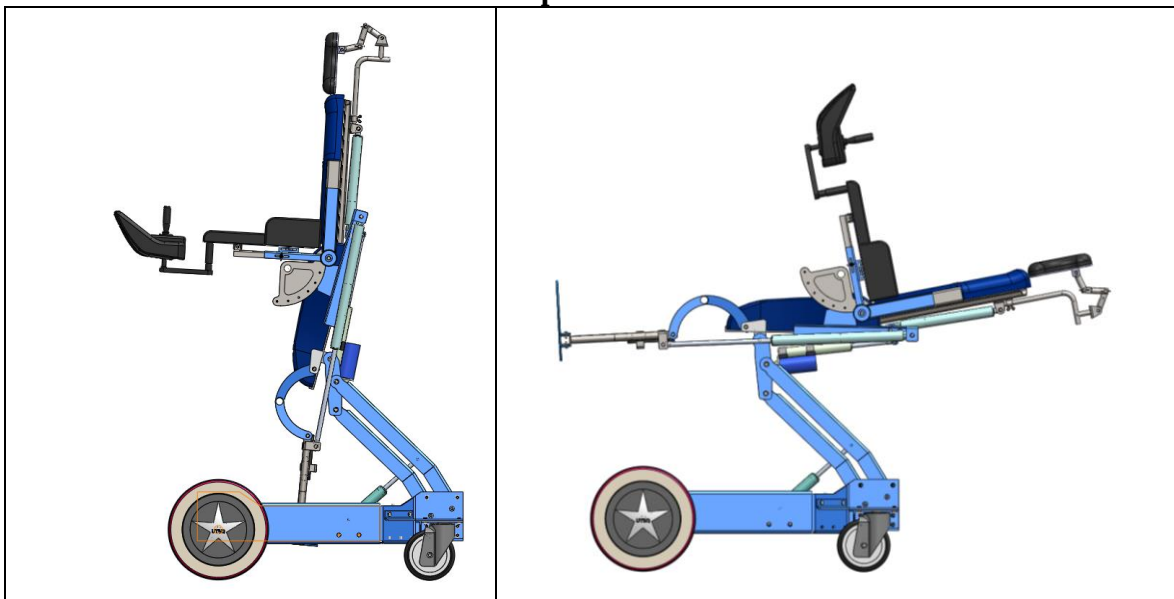
En el **ANEXO 8**, se muestran los resultados obtenidos a través de encuestas realizadas a personas con diferentes tipos de discapacidad física que necesiten o usen una silla de ruedas, con la finalidad de saber si ellos estarían interesados en adquirir un modelo de silla de ruedas como la presentada en este proyecto, explicando las funciones de la misma y la mejora en la calidad de vida que tendrían con ella, además de conocer un valor promedio que estas personas están dispuestas a desembolsar por esta ayuda técnica.

También se presenta en el **ANEXO 10** los datos del centro de masa o centro de gravedad, obtenidos del diseño en conjunto de la silla de ruedas articula, con ayuda del software de diseño mecánico SOLIDWORK.

4.1.1.1. Diseño de elementos mecánicos.

Gráfico 10.

Silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal.



Elaborado: Autor (2016)

4.1.1.2. Selección del tipo de material para la estructura.

Para seleccionar el material se debe tener en cuenta algunos factores como:

- Resistencia
- Disponibilidad en el Mercado
- Costo

a) Resistencia

El material a utilizar tiene que ser resistente por el trabajo que va a realizar, por lo que el mismo deberá poseer carbono, para mejorar su resistencia a la tracción y al desgaste provocado por las condiciones excesivas al ambiente.

b) Disponibilidad en el Mercado

Se debe tener presente que la disponibilidad en el mercado es factor fundamental para poder seleccionar un material adecuado, por lo que se debería emplear un acero que sea de fácil adquisición a nivel local.

c) Costo

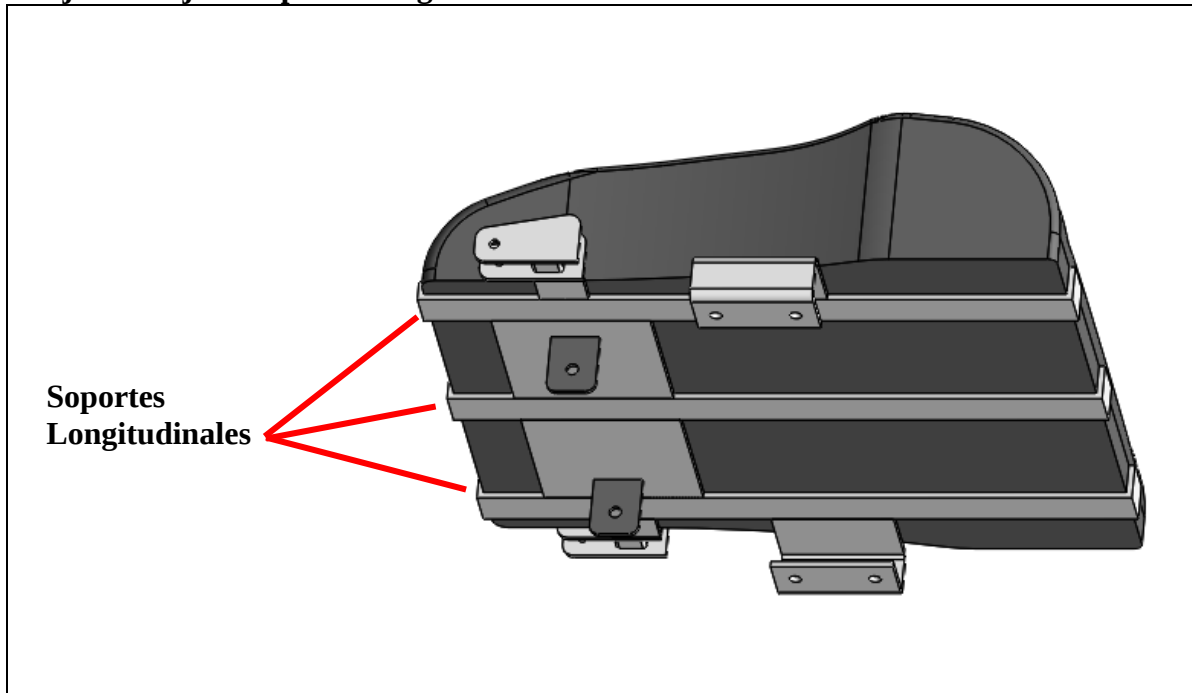
El factor económico es otro elemento muy importante que se debe tener presente para seleccionar un material, ya que el mismo no debería ser muy costoso para que se apto y válido.

Una vez detallado los factores que inciden en la selección del tipo de material para la estructura, se opta por elegir un Acero Estructural ASTM A-36 y un ASTM A 500, ya que el mismo es de fácil adquisición y económico, además es resistente a la corrosión provocada por las condiciones excesivas al ambiente, por el porcentaje de carbono que tiene el mismo.

4.1.1.2.1. Selección del material a utilizar para los soportes longitudinales del asiento.

Gráfico 11.

Conjunto Cojín - Soportes longitudinales del asiento.



Elaborado: Autor (2016)

Se debe tener presente que el material a utilizar para que sirva de soportes longitudinales del asiento, por estética, seguridad y comodidad en vista que se darían constantes movimientos articulados, es la platina, la misma que se determina como vigas, para lo que se tienen los siguientes datos:

- Peso Total = Peso Promedio de una Persona = $P_T = 75 \text{ Kg}$
- Peso Requerido = Es el Peso que se va a ubicar sobre cada Viga.
Se debe tener presente que el asiento va a estar soportado por 3 platinas longitudinales por lo que el Peso por Viga Requerido P_R , es de: $\frac{75\text{Kg}}{3} = 25\text{Kg}$
- Longitud de la Platina = 535mm=53.5 cm.
- Carga Distribuida: $q = \frac{25\text{Kg}}{53.5 \text{ cm}} = 0.47 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36, $F_y = 2\,530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

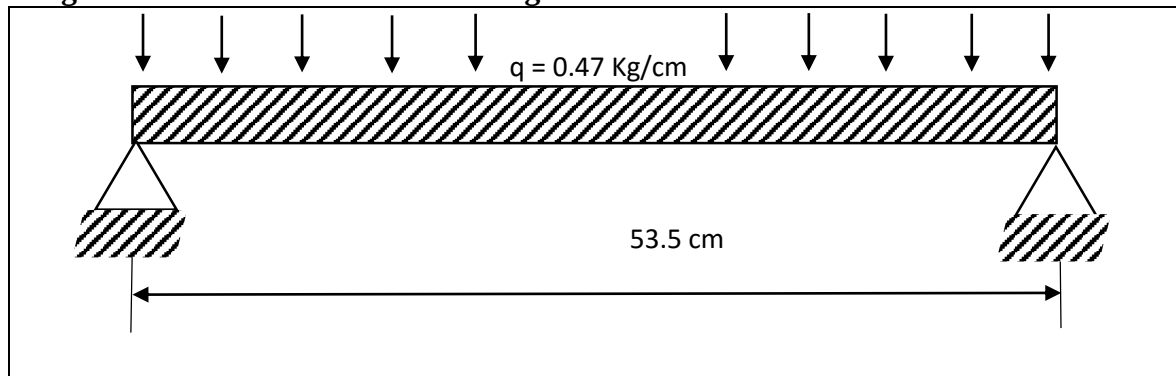
Tabla 4.
Propiedades del Acero ASTM A36.

Datos característicos del Acero ASTM A36			
Características	Símbolos	Sistema Métrico	Sistema Inglés
Límite de Fluencia	Fy	2 530 $\frac{Kg}{cm^2}$	36 Kpsi
Esfuerzo Mínimo de Ruptura	S_u	4 080 $\frac{Kg}{cm^2}$	58 Kpsi
Densidad	d	7 860 $\frac{Kg}{m^3}$	0.28 $\frac{lb}{pulg.^3}$

Fuente: Manual de Diseño para la Construcción con ACERO, 2013.

Elaborado: Autor (2016)

Gráfico 12.
Carga Distribuida en las Platinas Longitudinales.



Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar el material más apropiado se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$M = \frac{qL^2}{8} \quad \text{Ecuación (1)}^{[26]}$$

Donde:

M = Momento (Kg*cm):?

q = Carga Distribuida: $q = 0.47 \frac{Kg}{cm}$

L = Longitud de la Placa: 53.5 cm

Por lo que:

$$M = \frac{0.47 \frac{Kg}{cm} \times (53.5 \text{ cm})^2}{8} = 168.16 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$Fb = 0,66 Fy$$

Ecuación (2) ^[26]

Donde:

Fb = Esfuerzo Permisible ($\frac{Klb}{pulg^2}, \frac{Kg}{cm^2}$):?

Fy = Límite de Fluencia: $2\,530 \frac{Kg}{cm^2} = 36 \frac{Klb}{pulg^2}$

Por lo que:

$$Fb = 0,66 \times 36 \text{ Kpsi} = 23,76 \text{ Kps.} = 1\,674,003 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$23,76 \frac{Klb}{pulg.^2} \times \frac{1000 \text{ Lb}}{1 \text{ Klb}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{2,2 \text{ Lb}} \times \frac{1 \text{ pulg}^2}{(2,54 \text{ cm})^2} = 1\,674,003 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$Sx = \frac{M}{Fb}$$

Ecuación (3) ^[26]

Donde:

Sx = Módulo de Sección (cm^3)

M = Momento $168.16 \text{ Kg} * cm$

Fb = Esfuerzo Permisible $= 1\,674,003 \frac{Kg}{cm^2}$

Por lo que:

$$Sx = \frac{168.16 \text{ Kg} * cm}{1\,674,003 \frac{Kg}{cm^2}} = 0,1 \text{ cm}^3$$

Tabla 5.
Especificaciones Técnicas de la Platina.

Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
A	A	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 30X3	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00

Fuente: DIPAC (2016)

Se debe tener presente que para seleccionar una viga se lo hace en base al módulo de sección calculado y el que se dan normalmente en el catálogo.

Como se observa el catálogo no tiene módulo de sección, entonces se debe determinar el mismo, para posteriormente proceder a comparar con los calculados y poder seleccionar la Platina más adecuada.

Por lo que se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$S_M = \frac{I}{c} \quad \text{Ecuación (4)}^{[26]}$$

$$I = \frac{h^3}{12} \quad \text{Ecuación (5)}^{[26]}$$

Donde:

S_M = Modulo de Sección del Material (cm^3):?

I = Inercia (cm^4): ?

b = Base de la Platina = 3 cm

h = Altura de la Platina =0.6 cm

C = Distancia del Centroides de la Platina = 0.3 cm

Por lo que se procede a escoger una Platina ubicada en la **selección A** de la **Tabla 5** y a determinar su módulo de sección para después compararla con la requerida; para lo cual se utilizará una **PLT 30X6**.

Donde:

$$I = \frac{3 * (0.6)^3}{12} = 0.054 \text{ cm}^4$$

$$S_M = \frac{0.054 \text{ cm}^4}{0.3 \text{ cm}} = 0.18 \text{ cm}^3$$

En vista que posee el Módulo de Sección más aproximado al Determinado ($S_x = 0,1 \text{ cm}^3$), existente en el Mercado.

A continuación, se comprueba la validez de la Platina elegida.

Para lo cual se procede a establecer la Carga Total del Perfil que se genera de la Fuerza Distribuida determinada más la del Material indicado en el Catalogo; el Momento con la **Ecuación (1)** y el Módulo de Sección Requerido con la **Ecuación (3)**.

$$q = 0,47 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} + 1,41 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,48 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{0,48 \frac{Kg}{cm} \times (53.5 \text{ cm})^2}{8} = 171.74 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$S_{req.} = \frac{M}{Fb} = \frac{171.74 \text{ Kg} * \text{cm}}{1\,674,003 \frac{Kg}{cm^2}} = 0,103 \text{ cm}^3 < 0,18 \text{ cm}^3$$

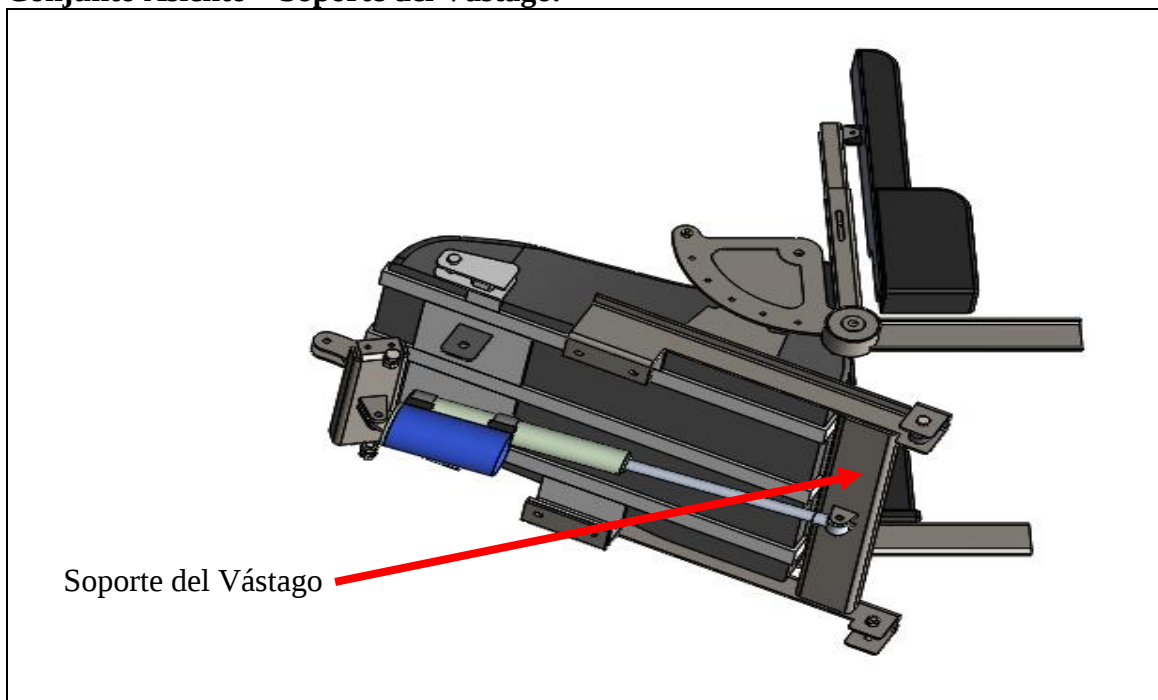
$$S_{req.} < S_M.$$

Como se puede observar que el **Módulo de Sección** que se **Requiere** si es menor que el originado por el **Material**, se puede deducir que la Platina seleccionada **PLT 30X6** es la correcta.

4.1.1.3. Selección del material del soporte del vástago del asiento.

Gráfico 13.

Conjunto Asiento – Soporte del Vástago.



Elaborado: Autor (2016)

Tal como en la elección del material a utilizar para los soportes longitudinales del asiento, por estética, trabajo, seguridad y comodidad; se selecciona una platina, cual se determina como vigas, para lo que se tienen los siguientes datos:

Tabla 6.

Datos para seleccionar el material para el soporte del vástago.

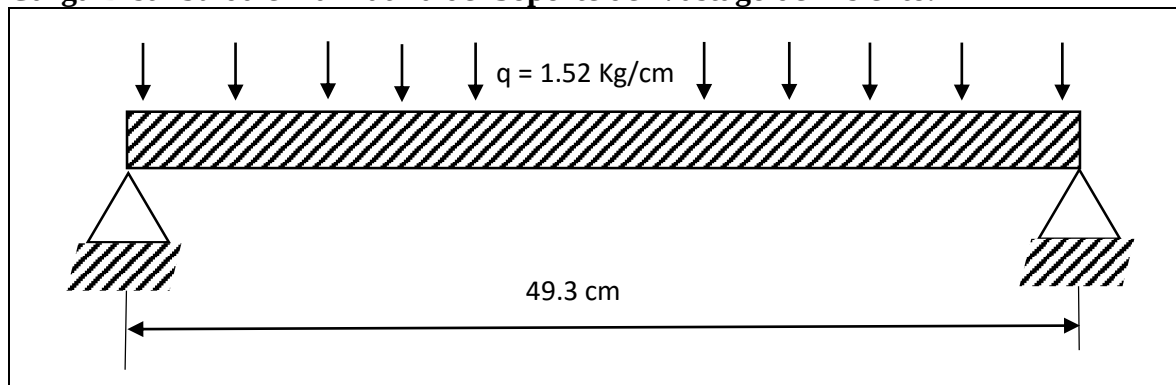
Datos característicos para seleccionar el material				
Especificaciones	Peso total: Peso promedio de una persona	Longitud de la Platina	Carga Distribuida	Límite de Fluencia
Símbolo	P_T	L	q	F_y
Datos	75 Kg	49,3 cm	$1,52 \frac{Kg}{cm}$	36 Kpsi

Elaborado: Autor (2016)

- Carga Distribuida: $q = \frac{75Kg}{49.3 \text{ cm}} = 1.52 \frac{Kg}{cm}$

Gráfico 14.

Carga Distribuida en la Platina del Soporte del Vástago del Asiento.



Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar el material más apropiado se utilizan las siguientes ecuaciones:

Para el cálculo del Momento se utiliza la **Ecuación (1)**.

Donde:

M = Momento (Kg*cm): ?

q = Carga Distribuida: $q = 1.52 \frac{Kg}{cm}$

L = Longitud de la Placa: 49.3 cm

Por lo que:

$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{1.52 \frac{Kg}{cm} \times (49.3 \text{ cm})^2}{8} = 461.79 \text{ Kg} * \text{cm}$$

Para el cálculo del Esfuerzo Permisible se utiliza la **Ecuación (2)**.

Donde:

Fb = Esfuerzo Permisible: ?

Fy = Límite de Fluencia: $36 \frac{Klb}{pulg^2}$ (**Tabla 4**).

Por lo que:

$$Fb = 0,66 \times Fy = 0.66 \times 36 \text{ Kpsi} = 23,76 \frac{Klb}{pulg.^2} = 1\,674,003 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$23,76 \frac{Klb}{pulg.^2} \times \frac{1000 \text{ lbf}}{1 \text{ Klb}} \times \frac{1 \text{ Kgf}}{2,2 \text{ lbf}} \times \frac{1 \text{ pulg}^2}{(2,54 \text{ cm})^2} = 1\,674,003 \frac{Kgf}{cm^2}$$

Para el cálculo del Módulo de Sección se utiliza la **Ecuación (3)**.

Donde:

Sx = Módulo de Sección Requerido (cm^3)

M = Momento $461.79 \text{ Kg} * \text{cm}$

Fb = Esfuerzo Permisible = $1\,674,003 \frac{Kg}{cm^2}$

Por lo que:

$$Sx = \frac{M}{Fb} = \frac{461.79 \text{ Kg} * \text{cm}}{1\,674,003 \frac{Kg}{cm^2}} = 0.275 \text{ cm}^3$$

Se debe tener presente que para seleccionar una viga se lo hace en base al módulo de sección calculado y el que se da normalmente en el catálogo.

Como se observa en el Catálogo de DIPAC referente a las Especificaciones Técnicas de la Platina, no posee módulo de sección, entonces se debe determinar el mismo, para

posteriormente proceder a comparar con los calculados y poder seleccionar el material más adecuado.

Por lo que se utilizan las siguientes ecuaciones:

Para el cálculo del Módulo de Sección del Material se utiliza la **Ecuación (4)** y la Inercia la **Ecuación (5)**.

Donde:

S_M = Módulo de Sección del Material (cm^3):?

I = Inercia (cm^4): ?

b = Base de la Platina = 5 cm

h = Altura de la Platina = 0.6 cm

C = Distancia del Centroide de la Platina = 0.3 cm

Por lo que se procede a escoger una Platina ubicada en la **selección B** de la **Tabla 5** y a determinar su módulo de sección para después compararla con la requerida; para lo cual se utilizará una **PLT 50x6**.

$$I = \frac{5 * (0.6)^3}{12} = 0.09 \text{ cm}^4$$

$$S_M = \frac{0.09 \text{ cm}^4}{0.3 \text{ cm}} = 0.3 \text{ cm}^3$$

Se selecciona la Platina PLT 50x6 en vista que posee el Módulo de Sección más aproximado al Determinado ($S_x = 0,275 \text{ cm}^3$), existente en el Mercado.

A continuación, se comprueba la validez de la Platina elegida.

Para lo cual se procede a establecer la Carga Total del Perfil que se genera de la Fuerza Distribuida determinada más la del Material indicado en el Catálogo; el Momento con la **Ecuación (1)** y el Módulo de Sección Requerido con la **Ecuación (3)**.

$$q = 1.52 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} + 2.26 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1.543 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$M = \frac{qL^2}{8} = \frac{1.543 \frac{Kg}{cm} \times (49.3 \text{ cm})^2}{8} = 469 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$S_{req.} = \frac{M}{Fb} = \frac{469 \text{ Kg} - \text{cm}}{1\,674.003 \frac{Kg}{cm^2}} = 0.2801 \text{ m}^3 < 0.3 \text{ cm}^3$$

$$S_{req.} < S_M.$$

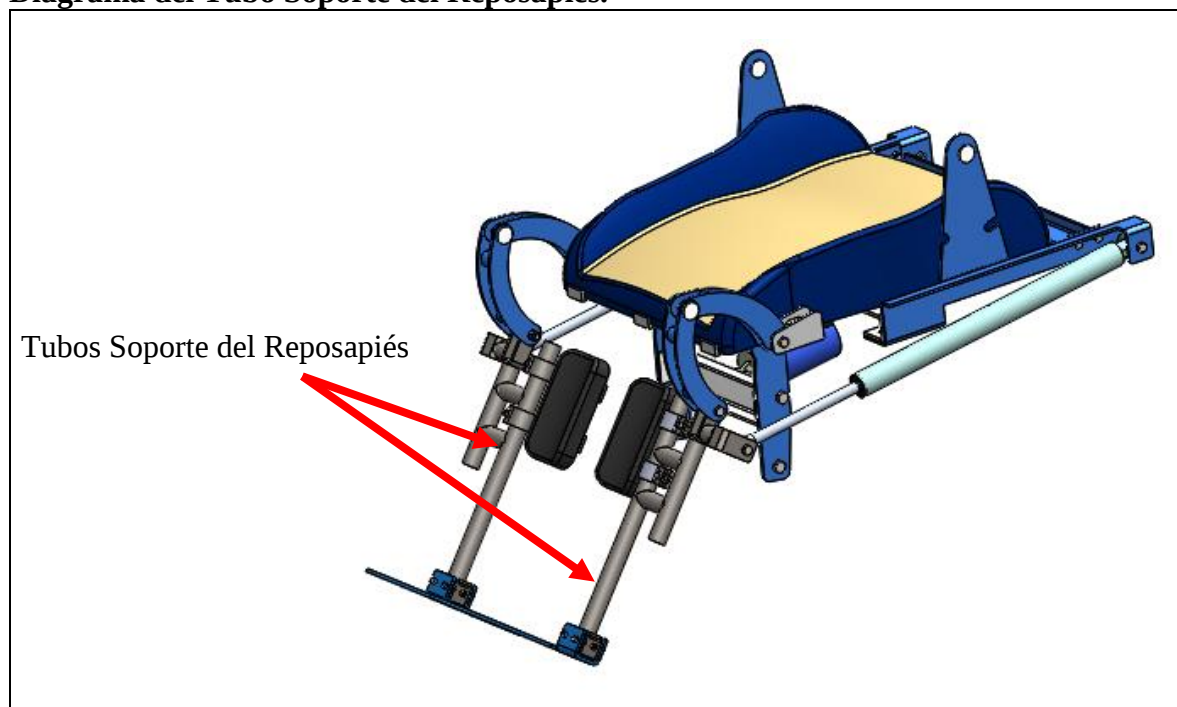
Como se puede observar que el **Módulo de Sección** que se **Requiere** si es menor que el originado por el **Material**, se puede deducir que la Platina seleccionada **PLT 50X6** es la correcta.

4.1.1.4. Selección del material del tubo soporte del reposapiés.

A continuación, se procede a seleccionar el material más adecuado para el soporte del reposapiés, el mismo que se determinará como columna, por lo que se tienen los siguientes datos:

Gráfico 15.

Diagrama del Tubo Soporte del Reposapiés.



Elaborado: Autor (2016)

- Peso Total = Peso Promedio de una Persona = $P_T = 75 \text{ Kg}$
- Peso Requerido = Es el Peso que se va a ubicar sobre cada Columna.
Se debe tener presente que la Silla de Ruedas va a estar compuesto por 2 Tubos Soportes Reposapiés, por lo que el Peso Requerido P_R , es de: $\frac{75 \text{ Kg}}{2} = 37.5 \text{ Kg}$
- Como la estructura del Reposapiés se encuentra Articulada – Articulada, se designa un factor de $K = 1$, tal como se indica en la **Tabla 8**.
- Longitud del Soporte Reposapiés = $L = 350 \text{ mm}$
- Límite de fluencia de Acero ASTM A500, $F_y = 3\,235 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 46 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$ (**Tabla 7**).
- Con una Relación de Esbeltez $\frac{KL}{r} = 50$, se establece que $F_a = 22,69 \text{ Kpsi}$., tal como se indica en la **Tabla 9**.

Tabla 7.
Propiedades del Acero ASTM A500.

Datos característicos del Acero ASTM A500			
Características	Símbolos	Sistema Métrico	Sistema Inglés
Límite de Fluencia	F_y	$3\,200 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$	46 Kpsi
Esfuerzo Mínimo de Ruptura	S_u	$4\,100 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$	58 Kpsi
Densidad	D	$7\,860 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	$0.28 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3}$

Fuente: Manual de Diseño para la Construcción con ACERO, 2013.

Elaborado: Autor (2016)

Tabla 8.
Longitudes efectivas de las columnas.

Longitudes efectivas de columnas						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valor K teórico						
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones son parecidas a las ideales.	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

Fuente: MOTT R. Diseño de elementos de máquinas. México. Cuarta Edición. 2006.

Tabla 9.

Esfuerzos Permisibles de Columnas ($F_y = 46\,000\text{ psi}$).

$\frac{KL}{r}$ ratio		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Fa	27,540	27,480	27,420	27,360	27,300	27,230	27,160	27,090	27,020
10	26,950	26,870	26,790	26,720	26,630	26,550	26,470	26,380	26,290	26,210
20	26,110	26,020	25,930	25,830	25,730	25,640	25,540	25,430	25,330	25,230
30	25,120	25,010	24,900	24,790	24,680	24,560	24,450	24,330	24,210	24,100
40	23,970	23,850	23,730	23,600	24,480	23,350	23,220	23,090	22,960	22,830
50	22,690	22,560	22,420	22,280	22,140	22,000	21,860	21,720	21,570	21,430
60	21,280	21,130	20,980	20,830	20,680	20,530	20,370	20,220	20,060	19,900
70	19,740	19,580	19,420	19,260	19,100	18,930	18,760	18,600	18,430	18,260
80	18,080	17,910	17,740	17,560	17,390	17,210	17,030	16,850	16,670	16,480
90	16,300	16,120	15,930	15,740	15,550	15,360	15,170	14,970	14,780	14,580

Fuente: Allowable Compressive (σ_a) Values (1963 AISC), Main Members

Se debe indicar que $\frac{KL}{r}$ ratio es la Relación de Esbeltez, la misma que es Adimensional.

McCormac, recomienda iniciar utilizando una Relación de Esbeltez $\frac{KL}{r} = 50$, por lo que se tendría un Esfuerzo Permisible (F_a) = 22.69 Kpsi, inicialmente, para después proceder a calcular y a determinar la F_a requerida.

Para seleccionar el material más apropiado se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{P}{F_a} \quad \text{Ecuación (6)}^{[26]}$$

Donde:

A = Área de Sección del Tubo (cm^2): ?

P = Carga Requerida: $37.5\text{ Kg} = 82.67\text{ lb}$.

F_a = Esfuerzo Permisible: $22\,690 \frac{\text{lb}}{\text{pulg.}^2}$

Por lo que:

$$A = \frac{82.67\text{lb}}{22\,690 \frac{\text{lb}}{\text{pulg.}^2}} = 0.004 \text{ pulg.}^2 = 0.026 \text{ cm}^2$$

Tabla 10.
Especificaciones Técnicas del Tubo Redondo.

(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	i
Pulgadas	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³
7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

Fuente: DIPAC, 2016.

Una vez determinado el Área de Sección ($0,026 \text{ cm}^2$), se procede a seleccionar el Tubo adecuado, el mismo que es: de $\varnothing = 7/8"$ y $e = 1,5 \text{ mm}$, el cual tiene un:

- Área: $A_g = 0,98 \text{ cm}^2 = 0.152 \text{ pulg.}^2$
- Radio de Giro: $r = 0.73 \text{ cm} = 7.3 \text{ mm} = 0.29 \text{ pulg}$

Verificación del tubo seleccionado.

a) Comprobación:

Para verificar la validez del tubo seleccionado se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\frac{KL}{r} \quad \text{Ecuación (7)}^{[26]}$$

Donde:

- K = Factor de Longitudes Efectivas = 1; porque el Soporte del Reposapiés, se encuentra Articulada – Articulada, tal como se indica en la Tabla 4.
- L = Longitud del Soporte Reposapiés = 350 mm
- r = Radio de Giro = 7.3 mm.

Una vez que se determine la relación de esbeltez se procede a seleccionar el esfuerzo permisible, el mismo que es:

$$\frac{1 \times 350 \text{ mm}}{7.3 \text{ mm}} = 47.9 \approx 48$$

En donde mediante la **Tabla 9**, Fa = **22.96 Kpsi**, con el cual se procede a calcular la Carga Requerida, para lo que se va utilizar la siguiente ecuación:

$$P_C = A \times F_a \quad \text{Ecuación (8)}^{[26]}$$

Donde:

P_C = Carga Requerida = ?

A = Área de Sección del Tubo seleccionado = $0,98 \text{ cm}^2 = 0.152 \text{ pulg.}^2$

Fa = Esfuerzo Permisible = 22 960 psi.

Por lo que la Carga Requerida es:

$$P_C = 0,98 \text{ cm}^2 \times 22\,960 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \times \frac{1 \text{ pulg}^2}{(2,54 \text{ cm})^2} = 3\,487.63 \text{ lb}$$

Por lo que se puede decir que P_C es:

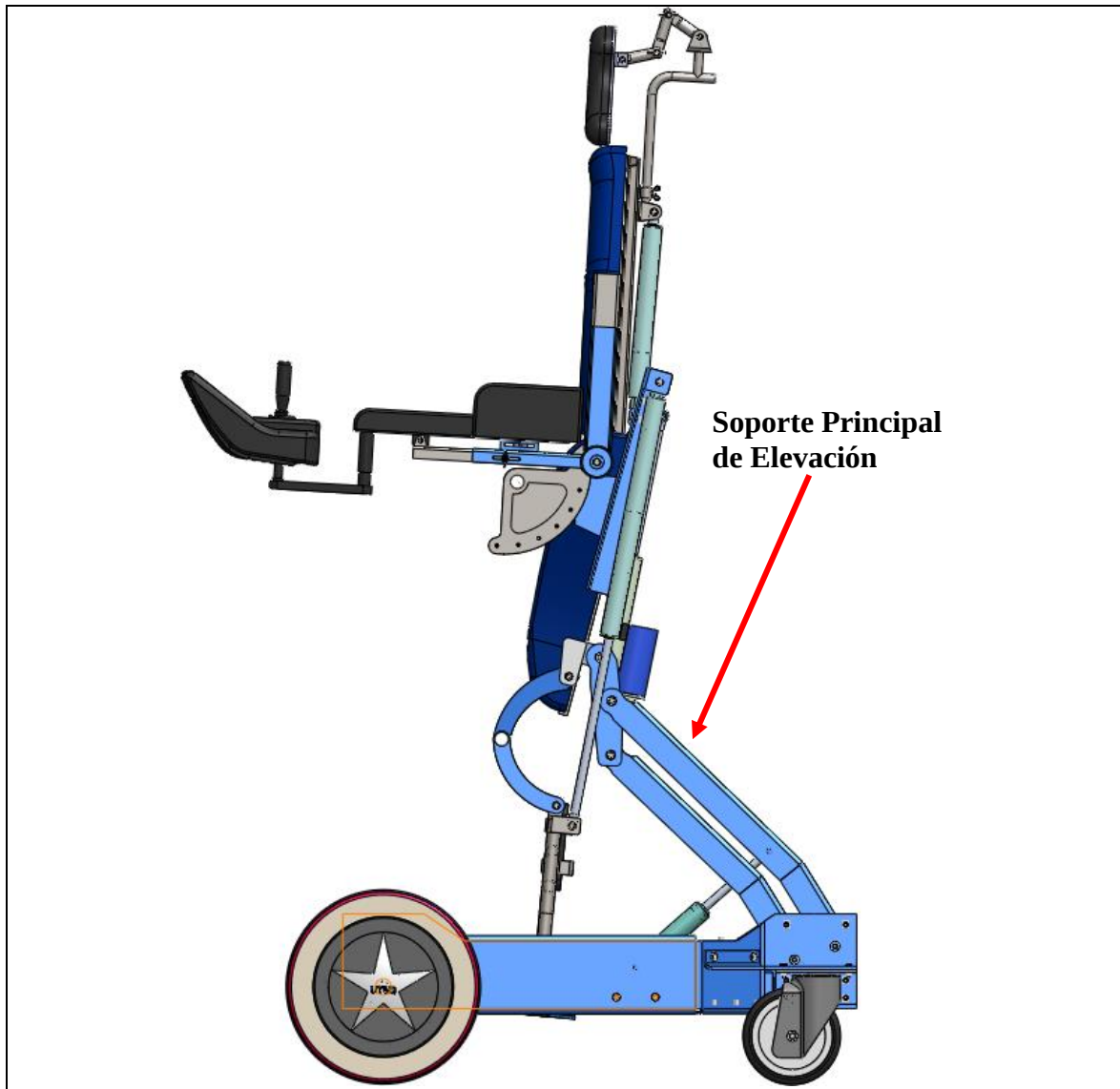
$$3\,487.63 > 82,67 \text{ lb OK}$$

Una vez verificado la validez del Material, se procede a determinar que el Tubo Correcto es el: $\varnothing = 7/8''$ y $e = 1,5$ mm.

4.1.1.5. Selección del material a utilizar del soporte principal de elevación.

Gráfico 16.

Vista lateral de la silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal.



Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar el material a utilizar para el soporte principal de elevación se determina como viga, para lo que se tiene los siguientes datos.

Tabla 11.**Datos para seleccionar el material para el soporte del vástago.**

Especificaciones	Longitud de la Platina	Carga Puntual	Límite de Fluencia
Símbolo	L	q	F_y
Datos	66.25 cm	121.88 Kg	36 Kpsi

Elaborado: Autor (2016)

La carga que va a soportar la Placa en C es:

Tabla 12.**Carga de los elementos a resistir el soporte principal de elevación.**

Elementos	Cantidad	Masa (Kg)
Persona	1	75
Soporte Vástago del Asiento	1	1.68
Soporte Sub brazo	2	2.80
Regulador del Asiento	2	1.70
Conjunto Silla Estructura-Cojín	1	8
Soporte del Cilindro del Asiento	2	3
Tubo Reposapiés	2	2.5
Planta Reposapiés	2	0.3
Reposa Canillas	2	1.6
Conjunto Espaldar Estructura-Cojín	1	10.45
Actuador	6	10
Eslabones del Asiento	8	4
Platinas Laterales del Asiento	2	0.85
Total		121.88

Elaborado: Autor (2016)

$P_t = \text{Carga a Resistir del Soporte Principal} = 121.88 \text{ Kg} = 268.70 \text{ lb.}$

Para seleccionar el material más apropiado se utilizan las siguientes ecuaciones:

Para el cálculo del Momento se utiliza.

$$M = FL$$

Ecuación (9)^[4]

Donde:

M = Momento (Kg*cm): ?

q = Carga Puntual: $q = 121.88 \text{ Kg}$

L = Longitud de la Placa: 66.25 cm

Por lo que:

$$M = FL = 121.88 \text{ Kg} * 66.25 \text{ c} = 8\,074.55 \text{ Kg cm.}$$

Para el cálculo del Esfuerzo Permisible se utiliza la **Ecuación (2)**.

Donde:

Fb = Esfuerzo Permisible: ?

Fy = Límite de Fluencia: $36 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$ (**Tabla 4**).

Por lo que:

$$Fb = 0,66 \times Fy = 0.66 \times 36 \text{ Kpsi} = 23,76 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2} = 1\,674,003 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$23,76 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2} \times \frac{1000 \text{ lbf}}{1 \text{ Klb}} \times \frac{1 \text{ Kgf}}{2,2 \text{ lbf}} \times \frac{1 \text{ pulg}^2}{(2,54 \text{ cm})^2} = 1\,674,003 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

Para el cálculo del Módulo de Sección se utiliza la **Ecuación (3)**.

Donde:

Sx = Módulo de Sección Requerido (cm^3)

M = Momento 8 074.55 Kg * cm

Fb = Esfuerzo Permisible = $1\,674,003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

Por lo que:

$$S_x = \frac{M}{F_b} = \frac{8\,074.55 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{1\,674,003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 4.82 \text{ cm}^3$$

En base al **Módulo de Sección Requerido**, se determina un Perfil C de 60x30x3.

Tabla 13.
Especificaciones Técnicas del Perfil C.

Designación	Dimensiones (mm)			Masa	A	d1	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	e				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
	mm	mm	mm				cm4	cm4	cm3	cm3	cm	cm
C 50 x 25 x 2	50	25	2	1,45	1,87	0,72	7,06	1,13	2,83	0,63	1,94	0,72
C 50 x 25 x 3	50	25	3	2,09	2,7	0,77	9,7	1,57	3,88	0,91	1,89	0,76
C 60 x 30 x 2	60	30	2	1,77	2,26	0,85	12,5	2,00	4,16	0,93	2,35	0,94
C 60 x 30 x 3	60	30	3	2,56	3,3	0,89	17,5	2,84	5,85	1,34	2,31	0,93
C 60 x 30 x 4	60	30	4	3,30	4,2	0,95	21,1	3,51	7,03	1,72	2,24	0,91
C 80 x 40 x 2	80	40	2	2,40	3,07	1,09	30,8	4,89	7,71	1,68	3,17	1,26
C 80 x 40 x 3	80	40	3	3,51	4,5	1,14	43,9	7,01	11	2,45	3,12	1,25
C 80 x 40 x 4	80	40	4	4,56	5,87	1,19	55,4	8,92	13,9	3,17	3,07	1,23
C 80 x 40 x 5	80	40	5	5,55	7,18	1,23	65,49	10,62	16,37	3,83	3,02	1,21
C 80 x 40 x 6	80	40	6	6,49	8,42	1,28	74,18	12,1	18,54	4,44	2,96	1,19
C 100 x 50 x 2	100	50	2	3,02	3,87	1,34	61,5	9,72	12,3	2,66	3,99	1,58
C 100 x 50 x 3	100	50	3	4,45	5,7	1,39	88,5	14,1	17,7	3,89	3,94	1,57
C 100 x 50 x 4	100	50	4	5,81	7,47	1,44	113	18,1	22,6	5,07	3,89	1,56
C 100 x 50 x 5	100	50	5	7,12	9,18	1,48	135	21,8	27,1	6,19	3,84	1,54
C 100 x 50 x 6	100	50	6	8,37	10,82	1,53	115,3	25,14	31,05	7,24	3,79	1,52
C 100 x 60 x 4	100	60	4	6,44	8,13	1,86	128	29,7	25,6	7,17	3,97	1,91
C 100 x 50 x 5	100	50	5	7,91	9,95	1,92	152	35,7	30,5	8,76	3,91	1,9
C 100 x 60 x 6	100	60	6	9,31	12,02	1,93	181,8	42,25	36,36	10,38	3,89	1,87
C 100 x 60 x 8	100	60	8	11,95	15,5	2,06	222,6	52,47	44,52	13,32	3,78	1,83
C 125 x 50 x 2	125	50	2	3,42	4,37	1,2	103	10,4	16,5	2,74	4,86	1,54
C 125 x 50 x 3	125	50	3	5,04	6,45	1,24	149	15,1	23,9	4,02	4,81	1,53
C 125 x 50 x 4	125	50	4	6,60	8,47	1,29	192	19,4	30,7	5,24	4,76	1,51
C 125 x 50 x 5	125	50	5	8,10	10,4	1,34	231	23,4	37	6,4	4,71	1,5
C 125 x 50 x 6	125	50	6	9,55	12,32	1,38	266	27,19	42,67	7,51	4,65	1,48
C 125 x 60 x 5	125	60	5	8,89	11,43	1,7	267	39,36	42,71	9,15	4,83	1,86
C 125 x 60 x 6	125	60	6	10,49	13,52	1,75	309,3	45,83	49,48	10,78	4,78	1,84
C 125 x 60 x 8	125	60	8	13,52	17,5	1,81	383,3	57,3	61,33	13,94	4,68	1,8
C 125 x 80 x 6	125	80	6	12,37	15,92	2,61	394,3	102,9	63,08	19,1	4,97	2,54
C 125 x 80 x 8	125	80	8	16,03	20,69	2,64	493	130,3	78,88	24,3	4,88	2,5
C 125 x 80 x 10	150	80	10	19,45	25,21	2,74	576,6	154,2	92,25	29,31	4,78	2,47
C 150 x 50 x 2	150	50	2	3,81	4,87	1,09	138	10,9	21,1	2,8	5,71	1,5
C 150 x 50 x 3	150	50	3	5,62	7,2	1,13	230	15,9	30,7	4,11	5,65	1,49
C 150 x 50 x 4	150	50	4	7,38	9,47	1,17	297	20,5	39,6	5,36	5,6	1,47
C 150 x 50 x 5	150	50	5	9,08	11,7	1,22	359	24,8	47,9	6,55	5,55	1,46
C 150 x 50 x 6	150	50	6	10,72	13,82	1,26	416,7	28,8	55,55	7,7	5,49	1,44
C 150 x 60 x 5	150	60	5	9,87	12,68	1,56	411,9	41,72	54,91	9,4	5,7	1,81
C 150 x 60 x 6	150	60	6	11,67	15,02	1,6	478,9	48,7	63,85	11,07	5,64	1,8
C 150 x 60 x 8	150	60	8	15,09	19,5	1,74	598,7	61,15	79,83	14,35	5,54	1,77
C 150 x 80 x 6	150	80	6	13,55	17,42	2,43	603,4	109,9	80,45	19,73	5,88	2,51
C 150 x 80 x 8	150	80	8	17,60	22,69	2,44	760,2	139,5	101,4	25,09	5,78	2,47
C 150 x 80 x 10	150	80	10	21,42	27,71	2,54	896,3	165,9	119,5	30,37	5,68	2,44
C 150 x 80 x 12	150	80	12	25,00	32,47	2,64	1013	189,3	135,1	35,31	5,59	2,41

Fuente: Dipac, 2016.

A continuación, se comprueba la validez del Perfil C 60x30x3.

Para lo cual se establece la Carga Total del Perfil que se genera de la Fuerza Puntual determinada más la del Material indicado en el Catálogo; el Momento con la **Ecuación (9)** y el Módulo de Sección Requerido con la **Ecuación (3)**.

$$q = 121.88 \text{ Kg} + 2.56 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times 0.6625 \text{ m} = 123.576 \text{ Kg}.$$

$$M = FL = 123.575 \text{ Kg} \times 66.25 \text{ cm} = 8\,186.84 \text{ Kg cm}.$$

$$S_{req.} = \frac{M}{Fb} = \frac{8\,186.84 \text{ Kg} \times \text{cm}}{1\,674.003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 4.89 \text{ cm}^3 < 5.85 \text{ cm}^3$$

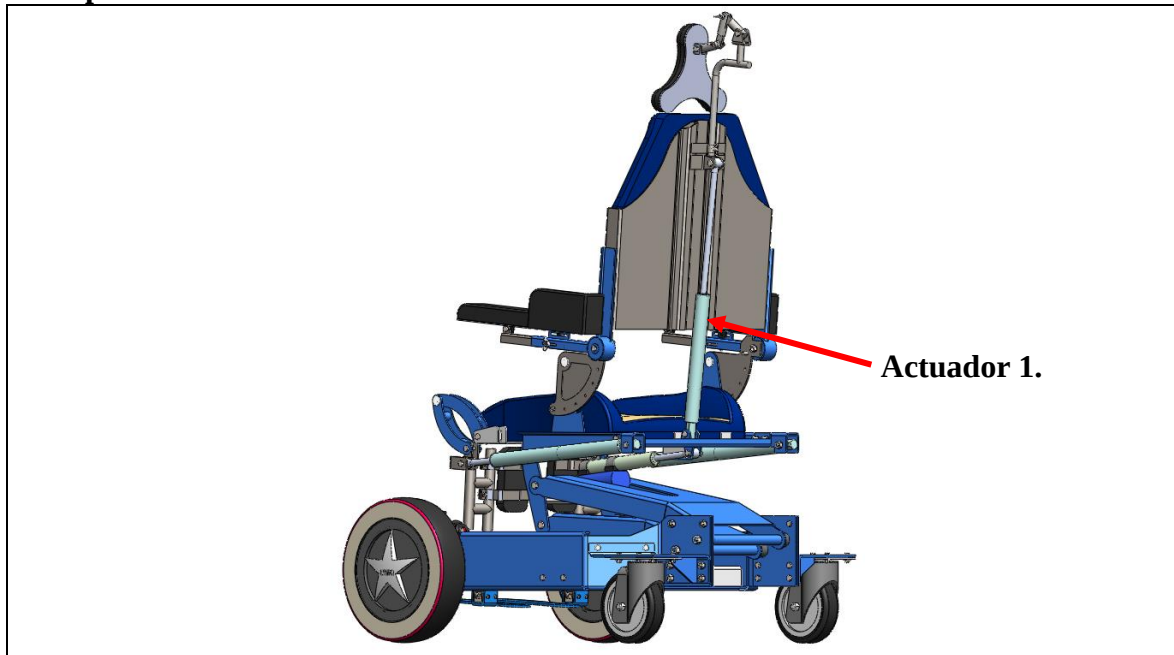
$$S_{req.} < S_M.$$

Como se puede observar que el **Módulo de Sección** que se **Requiere** si es menor que el originado por el **Material**, se puede deducir que el Perfil C 60X30X3 es la correcta.

4.1.1.6. Selección de Actuador ubicado en el Espaldar del Asiento.

Gráfico 17.

Vista posterior de la silla de ruedas eléctrica articulada.



Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar el Actuador Eléctrico adecuado, el cual será ubicado en la parte posterior del espaldar del asiento, se debe determinar la Carga generada Total, la misma que da:

La masa de la parte del cuerpo humano que va a soportar, por lo que se procederá a guiarse en la siguiente Tabla, donde se divide en porcentajes y kilogramos.

Tabla 14.
Masa del cuerpo humano.

Partes del cuerpo humano	Masa (%)	Masa (Kg)
Cabeza	7.3	5.48
Tronco	50.7	38.02
Ambos Brazos	8.4	6.30
Ambas Manos	1.4	1.05
Ambas Piernas	29.2	21.90
Ambos Pies	3.0	2.25
Total	100	75.00

Fuente: Ergonomía para el Diseño, Flores, 2001.

Elaborado: Autor (2016)

En base a la Tabla detallada anteriormente de las partes de cuerpo humano, se determina que la masa a soportar por el Espaldar del Asiento, es el generado por la cabeza, tronco, ambos brazos y ambas manos, la misma que es igual a: $5.48 \text{ Kg} + 38.02 \text{ Kg} + 6.30 \text{ Kg} + 1.05 \text{ Kg} = 50.85 \text{ Kg}$.

En la siguiente Tabla se detalla la masa total generada, que soporta el espaldar del asiento.

Tabla 15.
Masa de los elementos a resistir por el Espaldar del Asiento.

Elementos	Cantidad	Masa (Kg)
Persona	1	50.85
Soporte Sub brazo	2	2.80
Regulador del Asiento	2	1.70
Conjunto Espaldar Estructura-Cojín	1	10.45
Actuador	1	2.50
Total		68.30

Elaborado: Autor (2016)

A continuación, se determina la Carga o Peso Total, que va a soportar el Actuador Eléctrico, de la siguiente manera:

$$P = mg \quad \text{Ecuación (10)}^{[4]}$$

Donde:

P = Peso (N): ?

m = Masa = 68.30 Kg.

g = gravedad = $9.807 \frac{m}{s^2}$

Por lo que:

$$P = 68.30 \text{ Kg} * 9.807 \frac{m}{s^2} = 669.82 \text{ N}$$

Una vez definida la Carga generada que debe tener el Actuador 1 (**ANEXO 1**), se concluyó que el mismo debe soportar una Fuerza Máxima de 669.82 N, con una Carrera solicitada del Vástago de 300 mm determinada anteriormente en el pre diseño, por lo que se selecciona un Actuador con las siguientes características:

Tabla 16.

Información Técnica Actuador LINAK LA25120AB.

LINAK LA25120B	
Descripción	Unidades
Clase de Protección	IP66 (Dinámica) y IP69K (Estática)
Fuerza Máx. (N)	900
Longitud de Carrera Estándar (mm)	300
Velocidad Normal sin carga (mm/s) $\pm 10\%$	13
Velocidad Normal con carga (mm/s) $\pm 10\%$	9.6
Amperaje Normal sin carga (A)	0.9
Amperaje Normal con carga (A)	3.8
Motor	24V DC

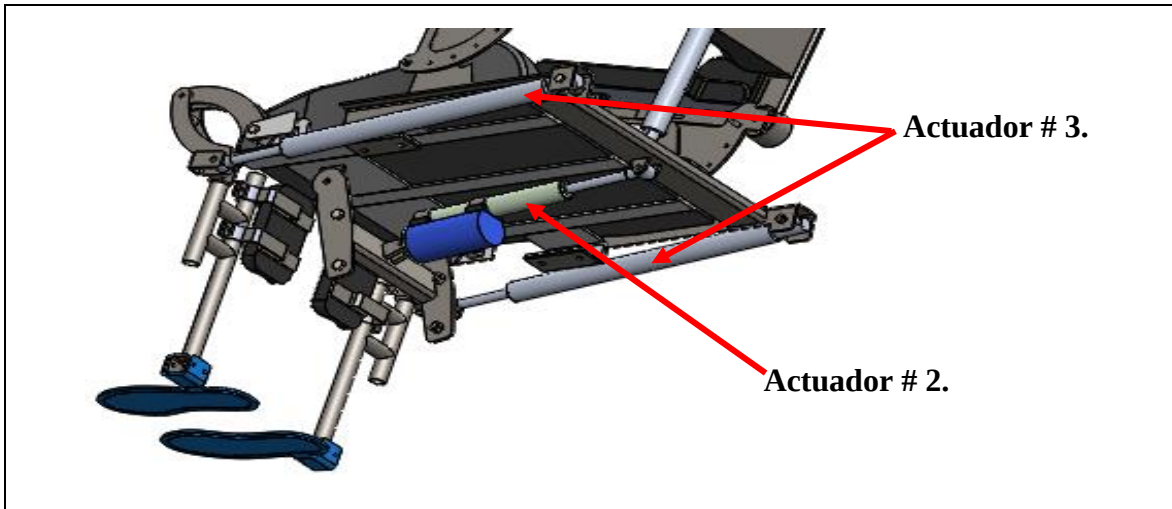
Fuente: Linak (2016)

Elaborado: Autor (2016)

4.1.1.7. Selección de Actuadores ubicados en la Parte Inferior del Asiento.

Gráfico 18.

Vista del lado inferior del asiento de la silla de ruedas eléctrica articulada.



Elaborado: Autor (2016)

Actuador # 2.

Para seleccionar el Actuador 2 Eléctrico adecuado, el cual sería ubicado en la parte inferior del asiento de la silla de ruedas, se debe determinar la Carga generada Total en esta sección mediante la **Ecuación (10)**, la misma que se da, de la masa total, que soporta el asiento que es de: **121.88 Kg**, según la **Tabla 12**, de la siguiente manera:

Donde:

P = Peso (N): ?

m = Masa = 121.88 Kg.

g = gravedad = $9.807 \frac{m}{s^2}$

Por lo que: $P = m * g = 121.88 \text{ Kg} * 9.807 \frac{m}{s^2} = 1\,195.28 \text{ N}$

Una vez definida la Carga generada que debe tener el Actuador # 2 (**ANEXO 1**), se concluye que el mismo debe soportar una Fuerza Máxima de 1 195.28 N, con una Carrera solicitada del Vástago de 100 mm determinado anteriormente en el pre diseño; por lo que se selecciona un Actuador con las siguientes características:

Tabla 17.
Información Técnica Actuador LINAK LA25090B.

LINAK LA25090B	
Descripción	Unidades
Clase de Protección	IP66 (Dinámica) y IP69K (Estática)
Fuerza Máx. (N)	1200
Longitud de Carrera Estándar (mm)	300
Velocidad Normal sin carga (mm/s) $\pm$ 10%	9.5
Velocidad Normal con carga (mm/s) $\pm$ 10%	8.1
Amperaje Normal sin carga (A)	0.4
Amperaje Normal con carga (A)	2.0
Motor	24V DC

Fuente: Linak (2016)

Elaborado: Autor (2016)

Actuador # 3.

Para seleccionar el **Actuador 3** Eléctrico adecuado, el cual sería ubicado en la parte inferior del asiento de la silla de ruedas, se debe determinar la Carga generada Total en esta sección, la misma que se da, de la masa total, que soportan las piernas, pies y estructura que conforma el reposapiés (Tubo, planta, reposa canillas, actuadores y eslabones), para lo que se deberá guiar en la siguiente **Tabla**.

Tabla 18.
Masa de los elementos a resistir por los Actuadores # 3.

Elementos	Cantidad	Masa (Kg)
Ambas Piernas	1	21.90
Ambos Pies	1	2.25
Tubo Reposapiés	2	2.5
Planta Reposapiés	2	0.3
Reposa Canillas	2	1.6
Actuador	2	5.0
Eslabones del Asiento	8	4.0
Total		37.55

Elaborado: Autor (2016)

Se debe tener presente que se utilizarán dos Actuadores, uno para cada pierna por lo que la Carga dada será dividida para dos, la cual es de 18.775 Kg.

La Carga generada total se determina mediante la **Ecuación (10)**.

Donde:

P = Peso (N): ?

m = Masa = 18.775 Kg.

g = gravedad = $9.807 \frac{m}{s^2}$

Por lo que:

$$P = m \cdot g = 18.775 \text{ Kg} \cdot 9.807 \frac{m}{s^2} = 184.13 \text{ N}$$

Una vez definida la Carga generada que deberán tener los Actuadores 3 (**ANEXO 1**), se concluye que los mismos deben soportar una Fuerza Máxima de 184.13 N cada uno, con una Carrera solicitada del Vástago de 294 mm determinado anteriormente en el pre diseño; por lo que se selecciona un Actuador con las siguientes características:

Tabla 19.
Información Técnica Actuador LINAK LA25200B.

LINAK LA25200B	
Descripción	Unidades
Clase de Protección	IP66 (Dinámica) y IP69K (Estática)
Fuerza Máx. (N)	600
Longitud de Carrera Estándar. (mm)	300
Velocidad Normal sin carga (mm/s) $\pm 10\%$	25
Velocidad Normal con carga (mm/s) $\pm 10\%$	18
Amperaje Normal sin carga (A)	0.4
Amperaje Normal con carga (A)	2.0
Motor	24V DC

Fuente: Linak (2016)

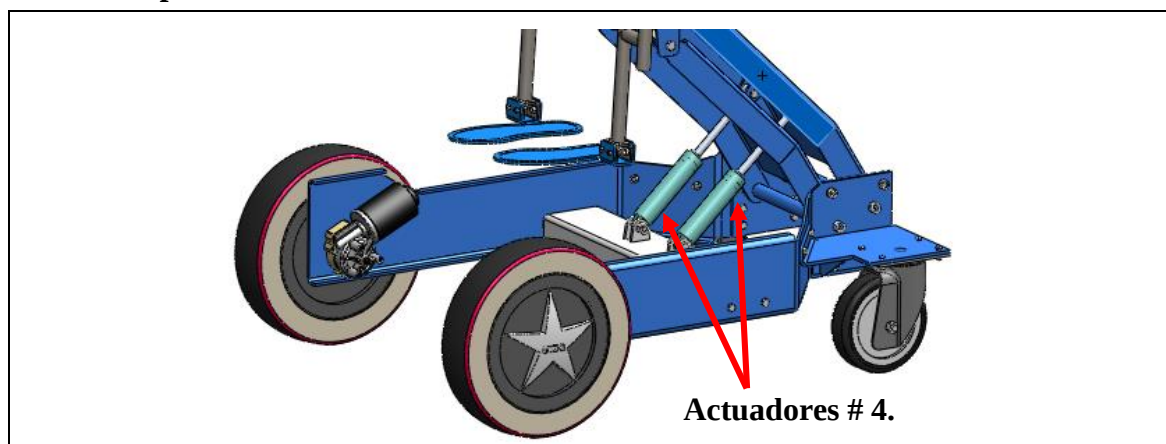
Elaborado: Autor (2016)

Se debe especificar que se seleccionó dicho actuador porque tiene los datos más cercanos al requerido, como son la Fuerza necesaria y la carrera solicitada.

4.1.1.8. Selección de Actuadores ubicados en la parte inferior del soporte principal de elevación.

Gráfico 19.

Vista de la parte inferior de la silla de ruedas eléctrica articulada.



Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar los Actuadores Eléctricos adecuados, los cuales serían ubicados en la parte inferior del soporte principal de elevación, se debe determinar la Carga generada Total, la misma que se da de, la masa total generada, que soportaría esta sección.

Tabla 20.

Carga de los elementos a resistir por los Actuadores # 4.

Elementos	Cantidad	Masa (Kg)
Persona	1	75
Soporte Vástago del Asiento	1	1.68
Soporte Sub brazo	2	2.80
Regulador del Asiento	2	1.70
Conjunto Silla Estructura-Cojín	1	8.00
Soporte del Cilindro del Asiento	2	3.00
Tubo Reposapiés	2	2.50
Planta Reposapiés	2	0.30
Reposa Canillas	2	1.60
Conjunto Espaldar Estructura-Cojín	1	10.45
Actuadores Lineales Eléctricos # 1, 2, 3 y 4	6	15.00
Eslabones del Asiento	8	4.00
Platinas Laterales del Asiento	2	0.85
Soporte Principal de Elevación	1	9.00
Total		135.88

Elaborado: Autor (2016)

A continuación, se determina la Carga o Peso Total, que va a soportar el Actuador Eléctrico, de la siguiente manera, mediante el uso de la **Ecuación (10)**.

Donde:

P = Peso (N): ?

m = Masa = 135.88 Kg.

g = gravedad = $9.807 \frac{m}{s^2}$

Por lo que: $P = 135.88 \text{ Kg} * 9.807 \frac{m}{s^2} = 1332.6 \text{ N}$

Se debe indicar además que se utilizarán dos Actuadores, que ayuden a la elevación del soporte principal por lo que la Carga originada será dividida para dos, la misma que es de 666.30 N.

Una vez definida la Carga generada que va actuar en cada Actuador 4 (**ANEXO 2**), se concluyó que el mismo debe ser capaz de soportar una Fuerza Máxima de 666.30 N, con una Carrera solicitada del Vástago de 126.5 mm determinada anteriormente en el pre diseño, por lo que se selecciona un Actuador con las siguientes características:

Tabla 21.
Información Técnica Actuador LINAK LA1200124.

LINAK LA1200124	
Descripción	Unidades
Clase de Protección	IP66
Fuerza Máx. (N)	750
Longitud de Carrera Máxima, en pasos de 30 (mm)	130
Velocidad Normal sin carga (mm/s) $\pm 10\%$	14
Velocidad Normal con carga (mm/s) $\pm 10\%$	6.0
Amperaje Normal sin carga (A)	0.75
Amperaje Normal con carga (A)	2.2
Motor	24V DC

Fuente: Linak (2016)

Elaborado: Autor (2016)

4.1.1.9. Selección de neumáticos delanteros para la silla de ruedas eléctrica articulada.

Para seleccionar los neumáticos se debe tener en cuenta la capacidad de carga que debe soportar cada uno, la misma que se explica a continuación.

Tabla 22.
Carga de los elementos a resistir por los Neumáticos Delanteros.

Elementos	Cantidad	Masa (Kg)
Persona	1	75.00
Soporte Vástago del Asiento	1	1.68
Soporte Sub brazo	2	2.80
Regulador del Asiento	2	1.70
Conjunto Silla Estructura-Cojín	1	8.00
Soporte del Cilindro del Asiento	2	3.00
Tubo Reposapiés	2	2.50
Planta Reposapiés	2	0.30
Reposa Canillas	2	1.60
Conjunto Espaldar Estructura-Cojín	1	10.45
Actuadores Lineales Eléctricos # 1, 2, 3 y 4	6	15.00
Eslabones del Asiento	8	4.00
Platinas Laterales del Asiento	2	0.85
Soporte Principal de Elevación	1	9.00
Motores	2	21.00
Baterías	2	20.00
Base Soporte Inferior	2	15.00
Base Soporte de los Cilindros Inferiores	1	5.20
Total		197.08

Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar los neumáticos delanteros, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Como los neumáticos delanteros ofrecen impulso al sistema eléctrico, estos deben poseer el doble de capacidad de carga que los posteriores, por este motivo a la Carga Total generada se le divide solo para 2 y no para las 4 ruedas.

- Se debe tener presente que, para seleccionar los neumáticos delanteros, estos deben ofrecer requerimientos definidos como, impulso a la silla de ruedas, por lo que van a tener una carga total generada de 197.08 Kg, en vista que se utilizarían 2, la carga requerida en cada una sería de: 98.54 Kg.
- Por criterio propio se detalla que, al valor determinado en cada neumático, se le añadiría 10.00 Kg, por seguridad, por concepto de la Carga que generarían las mismas ruedas.

En base a estos criterios se determina que la Carga por Neumático Delantero sería de: 98.54 Kg + 10.00 Kg = 108.54 Kg.

Por lo que se selecciona un Neumático con las siguientes características, según el catálogo de ruedas AFO (ANEXO 3):

Tabla 23.
Información Técnica de Ruedas Delanteras.

Aro Fort Goma Negra GN		
Descripción	Símbolos	Unidades
Serie		1001 GN
Código		95190
Ancho (mm)		35
Diámetro (mm)		200
Capacidad de Carga (Kg)		120

Fuente: Catálogo de Ruedas AFO, 2011.

Elaborado: Autor (2016)

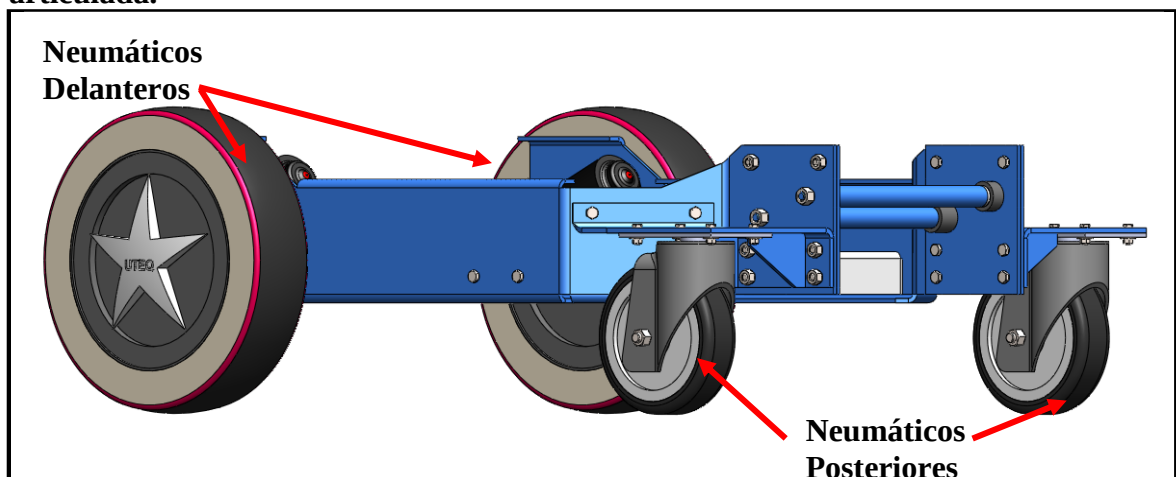
Aro Fort, Mono bloque y bandaje de Goma Negra, inyectado sobre Núcleo de Nylon en color Marfil. Con una capacidad de carga de 120 Kg siendo esta mayor a la requerida de 108,54 Kg.

Gráfico 20.
Aro Fort Goma Negra.



Fuente: Catálogo de Ruedas AFO, 2011.

Gráfico 21.
Conjunto de Neumáticos Delanteros y Posteriores de la silla de ruedas eléctrica articulada.



Elaborado: Autor (2016)

4.1.1.10. Selección de neumáticos posteriores para la silla de ruedas eléctrica articulada.

Para seleccionar los neumáticos posteriores, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los neumáticos posteriores, deben ofrecer dirección a la silla de ruedas, por lo que tienen que ser capaces de girar 180° en su mismo eje.
- Los neumáticos deben soportar una carga total generada de 197.08 Kg. **Tabla 22**; la carga se dividirá para las 4 ruedas ya que estás solo servirán de soporte y no como ruedas motrices, la carga requerida máxima en cada una sería de: **49.27 Kg.**

Debido a estos criterios se selecciona un Neumático (**ANEXO 3**) con las siguientes características:

Tabla 24.
Información Técnica de Ruedas Posteriores.

Aro Standard Metálica Goma		
Descripción	Símbolo	Unidades
Código		00440
Descripción		2/50 GN
Ancho (mm)		18
Diámetro (mm)		50
Altura Total (mm)		77
Radio de Giro (mm)		49
Pasador (mm)		10
Capacidad de Carga (Kg)		50

Fuente: Catálogo de Ruedas AFO, 2011.
Elaborado: Autor (2016)

La llanta seleccionada soporta una carga máxima de 50 Kg superando los 49,27 Kg que debe soportar según los cálculos realizados. Las características que poseen este tipo de ruedas, según el Catálogo de AFO, 2011, son:

Soporte: Giratorio de Acero.

Rodamientos: Dos hileras axiales de bolas de Acero.

Acabado: Cincado blanco brillante.

Aro: Monobloque y Bandaje de Goma Negra, inyectado sobre núcleo de nylon en color marfil.

Rodamiento: Buje con taladro liso ó (CB) Cojinete a Bolas.

Acabado: Platinas laterales de acero estampado, cincadas en blanco brillante y cromado.

Gráfico 22.
Rueda 2-GN.



Fuente: Catálogo de Ruedas AFO, 2011.

4.1.1.11. Selección de los motores utilizados para dar movimiento a las ruedas delanteras.

Para seleccionar el motor se debe determinar principalmente la Potencia Requerida, la cual se da de la siguiente manera:

a) Potencia Requerida.

La Potencia Requerida se determina en función de la velocidad y la fuerza máxima generada, tal como se especifica a continuación:

$$P_{\text{máx.}} = F_{\text{máx.}} * V_{\text{máx.}} \quad \text{Ecuación (11)}^{[4]}$$

Donde:

$P_{\text{máx.}}$ = Potencia Máxima =?

$F_{\text{máx.}}$ = Fuerza Máxima generada de los elementos a resistir es de: 121.88 Kg. **Tabla 12**

$V_{\text{máx.}}$ = Velocidad Máxima; la misma que por recomendación de fabricantes de sillas de ruedas electrónicas, el estándar es de 2.45 m/s.

Por lo que:

$$P_{\text{máx.}} = 121.88 \text{ Kg} * 2.45 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 298.61 \text{ Watts}$$

b) Capacidad de Carga.

La capacidad máxima de carga que debería tener el Motor es de: 121.88 Kg.

En base a la potencia requerida y a la capacidad de carga se procede a seleccionar un Motor (ANEXO 4) con las siguientes características:

Tabla 25.
Datos Técnicos del Motoreductor DYD.

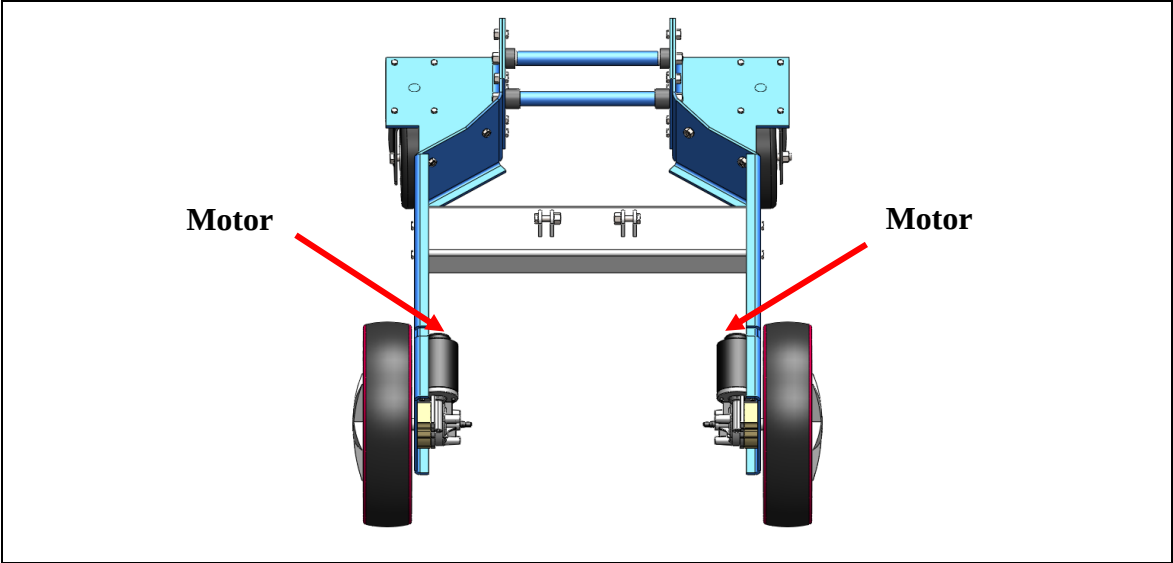
Esquema	Descripción	Unidades
	Marca	DYD-D-320W
	Potencia	300 W
	Capacidad de Carga	145 Kg
	Corriente	2 A Máx.
	Velocidad del Motor	3 800 ± 100 rpm
	Torque Mínimo	22 Nm
	Torque Máximo	60 Nm
	Voltaje Nominal	24 V
	Peso Neto del Motor	7 Kg

Fuente: Motor DYD-D-320W.

Elaborado: Autor (2016)

Como conclusión, se puede indicar que la Potencia que se requiere es de: 298.61 Watts, mientras que la proporcionada es de 300 W, al igual que la capacidad de carga requerida es de 121.88 Kg y la suministrada es de 145 Kg, siendo estas mayores a las solicitadas por lo que se da como aceptable el Motor seleccionado.

Gráfico 23.
Conjunto de Motores de la silla de ruedas eléctrica articulada.



Elaborado: Autor (2016)

4.1.1.12. Selección de Baterías.

Se tiene previsto utilizar en la Silla de ruedas 2 baterías de 12V, las cuales se conectarán en serie para aumentar el voltaje a 24V y mantener los Ah calculados más adelante.

a) Selección de Baterías, para el accionamiento de los Motores.

Para seleccionar las baterías, las mismas que accionaran a los motores, se procede de la siguiente manera, donde se debe tener presente:

- La autonomía promedio de sillas de ruedas eléctricas existentes en el mercado es de: 20 Km.
- La velocidad máxima de la silla de ruedas por recomendación de fabricantes, es de 2.45 m/s.
- La Potencia de un Motor DYD-D-320W es: 300 Watts. **Tabla 25.**
- El Voltaje Nominal de un Motor DYD-D-320W es: 24 V. **Tabla 25.**

En primer lugar, se debe determinar el tiempo de autonomía que tendría la silla de ruedas de la siguiente manera:

$$T = \frac{d}{v} \quad \text{Ecuación (12)}^{[28]}$$

Donde:

T = Tiempo (Segundos):?

d = Autonomía promedio de sillas de ruedas eléctricas existentes en el mercado es: 20 Km.

V = La velocidad máxima de la silla de ruedas es de 2.45 m/s.

Por lo que:

$$T = \frac{20\,000\,m}{2.45\,\frac{m}{seg}} = 8\,163.3\,Segundos = 2.27\,h$$

A continuación, se debe especificar el consumo de corriente que se dan en los dos motores de la siguiente manera:

Para un Motor DYD-D-320W, el Consumo de Corriente (A) se determina de la siguiente manera.

Se determinó en el **Grafico 24** que la batería necesaria para los motores es una de 24V-100Ah.

b) Selección de Baterías, para el accionamiento de los Actuadores

Para seleccionar las baterías, las mismas que accionarían a los actuadores, se procede de la siguiente manera, donde se debe tener presente:

- La autonomía sería de 2.27 *h* igual que en el caso anterior.
- El Consumo de Corriente en el Actuador 1 es: 3.8 A. **Tabla 16.**
- El Consumo de Corriente en el Actuador 2 es: 2.0 A **Tabla 17.**
- El Consumo de Corriente en los Actuadores 3 es: 4.0 A **Tabla 19.**
- El Consumo de Corriente en los Actuadores 4 es: 4.4 A. **Tabla 21.**

A continuación, se determina el Consumo de Corriente de los Actuadores que actúan en la Silla de Ruedas Eléctrica de la siguiente manera.

El Consumo Total de Corriente del Actuador 1, del Actuador 2, del Actuador 3 y del Actuador 4 es:

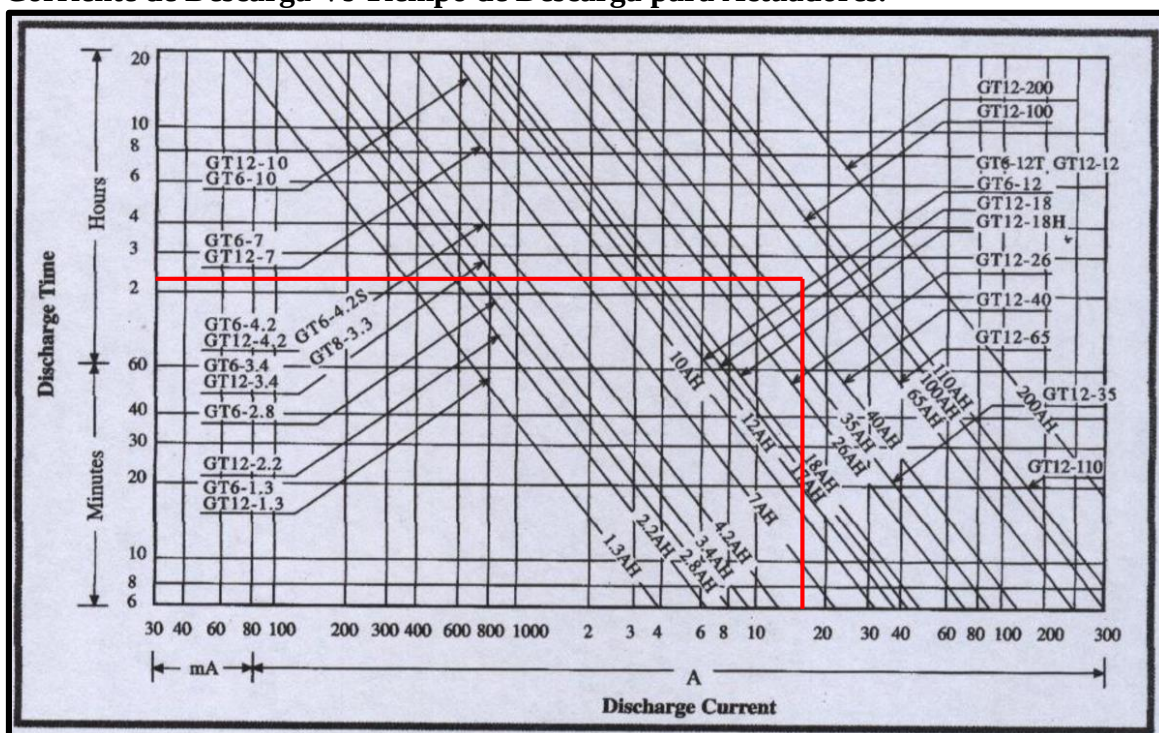
Consumo de Corriente Total de los actuadores:

$$3.8 \text{ A} + 2.0 \text{ A} + (2 \times 2.0 \text{ A}) + (2 \times 2.2 \text{ A}) = 16.2 \text{ A}.$$

Una vez establecido el Tiempo de Autonomía (2.27 h) y el Consumo Total de Corriente (16.2 A), se procede a determinar la capacidad de la batería en el **Grafico 25.**

Gráfico 25.

Corriente de Descarga Vs Tiempo de Descarga para Actuadores.



Fuente: Cálculo de Autonomía, Carlos T, 2009.

Se determinó en el **Grafico 25** que la batería necesaria para los actuadores es una de 24V-65Ah.

Para seleccionar las baterías correctas se suman los 2 valores obtenidos en los 2 gráficos anteriores:

$$100\text{Ah} + 65\text{ Ah} = 165\text{ Ah}$$

En base a la capacidad determinada se deben seleccionar son 2 baterías (**ANEXO 5**) de 165 Ah de 12V conectadas en serie para obtener el mismo Ah a 24V. **Tabla 27.**

Tabla 27.

Datos Técnicos de la Batería para Motores y Actuadores.

Descripción	Unidades
Marca	DMD
Código	DMD12V
Capacidad Nominal. Amperios – Hora de la Batería.	165 Ah
Tensión Nominal	12 V

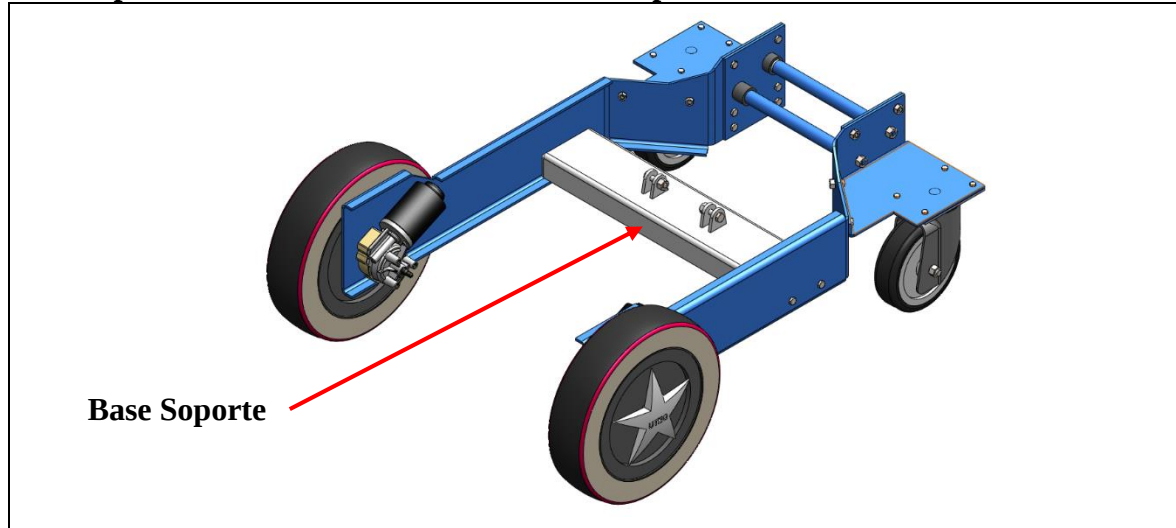
Fuente: Batería DMD, Alibaba.com.

Elaborado: Autor (2016)

4.1.1.13. Selección del material base soporte del Actuador 4 del sistema principal de elevación.

Gráfico 26.

Base Soporte del Actuador 4 del Sistema Principal de Elevación.



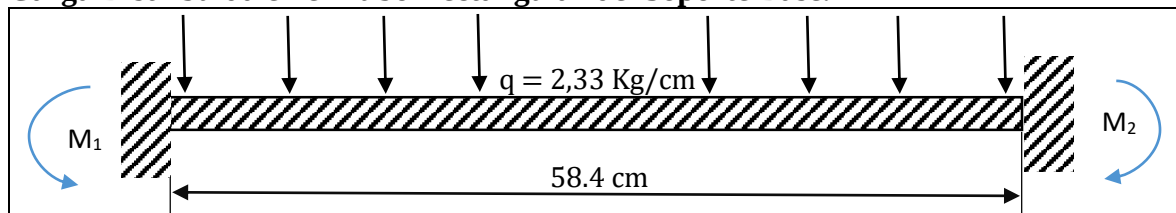
Elaborado: Autor (2016)

El material a utilizar de la base soporte por estética, trabajo, seguridad y comodidad; es un Tubo Rectangular, cual se determina como viga, para lo que se tienen los siguientes datos:

- Peso Total = Carga de los elementos a resistir = 135.88 Kg. **Tabla 20.**
- Longitud del Tubo Rectangular = 584 mm = 58.4 cm.
- Carga Distribuida: $q = \frac{135.88 \text{ Kg}}{58.4 \text{ cm}} = 2.33 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$
- Límite de fluencia de Acero ASTM A500, $F_y = 3\,235 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 46 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg.}^2}$

Gráfico 27.

Carga Distribuida en el Tubo Rectangular del Soporte Base.



Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar el material más apropiado para la viga base soporte, se utilizan las siguientes ecuaciones según (Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica, 2008).

$$M_1 = M_2 = \frac{qL^2}{12} \quad \text{Ecuación (14)}^{[4]}$$

M1 = M2 porque es una carga distribuida, en donde los Momentos Flectores que se producen en los extremos son iguales.

Donde:

M = Momento (Kg*cm): ?

q = Carga Distribuida: $q = 2.33 \frac{Kg}{cm}$

L = Longitud de la Placa: 58.4 cm

Por lo que:

$$M = \frac{2.33 \frac{Kg}{cm} \times (58.4 \text{ cm})^2}{12} = 662.22 \text{ Kg} * \text{cm}$$

Además, en base a la **Ecuación (2)** se determinó el Esfuerzo Permisible.

Donde:

Fb = Esfuerzo Permisible ($\frac{Klb}{pulg^2}, \frac{Kg}{cm^2}$):?

Fy = Límite de Fluencia = $3\ 235 \frac{Kg}{cm^2} = 46 \frac{Klb}{pulg.^2}$

Por lo que:

$$Fb = 0,66 \times 46 \text{ Kpsi} = 30.36 \text{ Kpsi} = 2139 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$30.36 \frac{Klb}{pulg.^2} \times \frac{1000 \text{ Lb}}{1 \text{ Klb}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{2,2 \text{ Lb}} \times \frac{1 \text{ pulg}^2}{(2,54 \text{ cm})^2} = 2\ 139 \frac{Kg}{cm^2}$$

Finalmente se determina mediante **Ecuación (3)** el Módulo de Sección.

Donde:

Sx = Módulo de Sección Requerido (cm^3)

M = Momento 662.22 Kg * cm

Fb = Esfuerzo Permisible = $2\ 139 \frac{Kg}{cm^2}$

Por lo que:

$$S_x = \frac{M}{Fb} = \frac{662.22 \text{ Kg} * \text{cm}}{2 \text{ 139} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 0.309 \text{ cm}^3$$

En base al módulo de sección (Sx) dado y mediante el catálogo de productos DIPAC, se selecciona un Tubo Rectangular con las siguientes características:

- Tubo Rectangular: 40x20 mm
- e = 1.2 mm
- Área Ag = 1,32 cm²
- Radio de giro r_y = 1.12 cm = 11.2 mm
- Sx = 0.88 cm³

Tabla 28.
Especificaciones Técnicas del Tubo Rectangular.

Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X - X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm2	I cm4	W cm3	i cm	i cm4	W cm3	i cm3
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15

Fuente: Dipac, 2016.

A continuación, se comprueba la validez del Tubo Rectangular elegido.

Para lo cual se procede a establecer la Carga Total del Perfil que se genera de la Fuerza Distribuida determinada más la del Material indicado en el Catálogo; el Momento con la **Ecuación (14)** y el Módulo de Sección Requerido con la **Ecuación (3)**.

$$q = 2.33 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} + 1.09 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 2.341 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$M = \frac{qL^2}{12} = \frac{2.341 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \times (58.4 \text{ cm})^2}{12} = 665.34 \text{ Kg} * \text{cm}$$

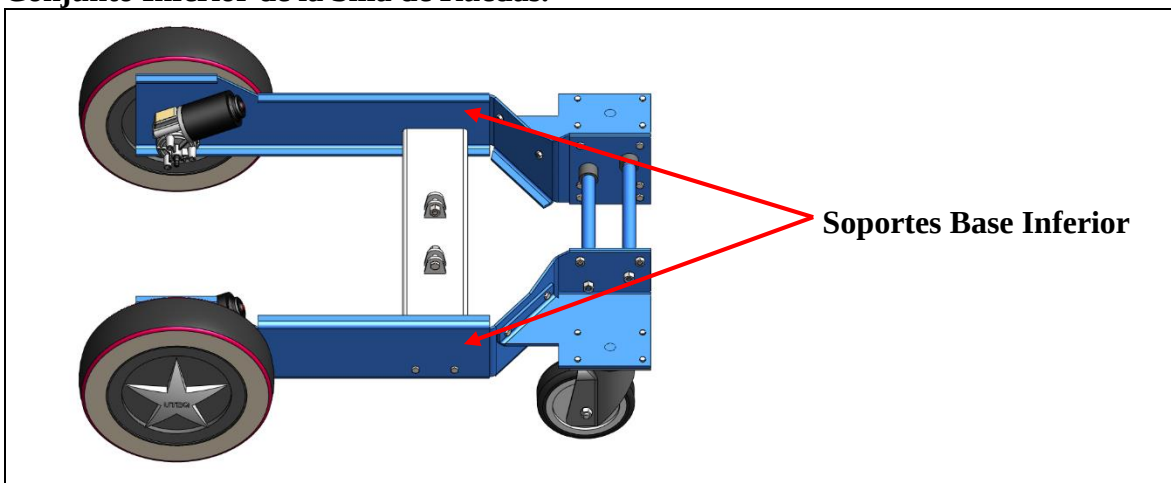
$$S_{req.} = \frac{M}{Fb} = \frac{665.34 \text{ Kg} * \text{cm}}{2139 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 0.311 \text{ cm}^3 < 0.88 \text{ cm}^3$$

$$S_{req.} < S_M. \text{ OK}$$

Como se puede observar que el **Módulo de Sección** que se **Requiere** si es menor que el dado por el **Material**, se puede deducir que el Tubo Rectangular 40x20x1.2 es el correcto.

4.1.1.14. Validación del material a utilizar para los soportes de la base inferior de la silla de ruedas.

Gráfico 28.
Conjunto Inferior de la Silla de Ruedas.



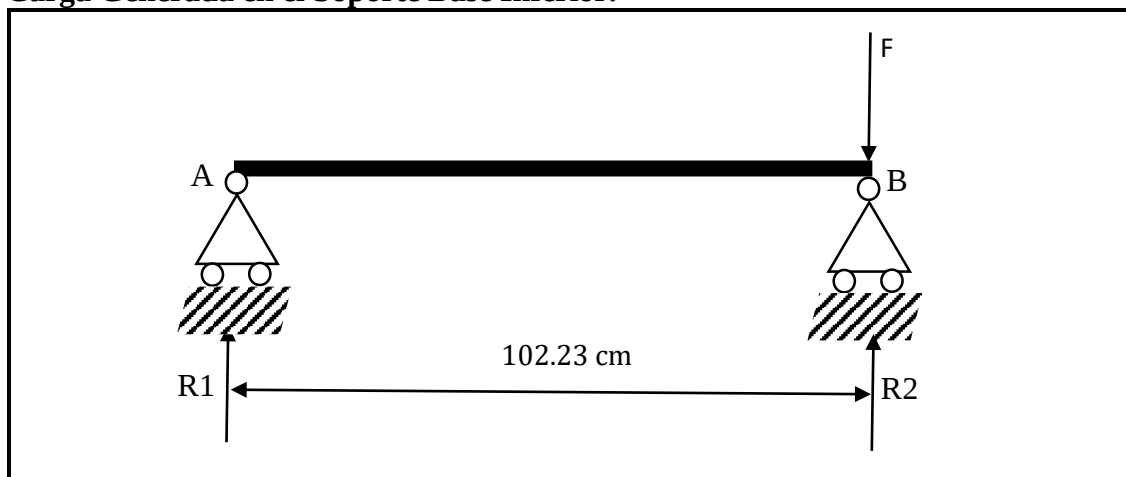
Elaborado: Autor (2016)

Se debe tener presente que el material a utilizar para que sirva de soportes para las bases inferiores de la silla de ruedas, por trabajo y comodidad, el más adecuado sería una Placa de Acero ASTM A36, con las aristas dobladas hacia adentro, la misma que debería ser seleccionada como viga, con una Carga Total requerida a resistir de: **197.08 Kg. Tabla 22.**

- Carga Total = $F = 197.08 \text{ Kg} = 434,5 \text{ lb.}$
- Longitud de la Platina = $1022.3\text{mm} = 102.23 \text{ cm.}$
- Límite de fluencia de Acero ASTM A36, $F_y = 2\,530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 36 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$

Gráfico 29.

Carga Generada en el Soporte Base Inferior.



Elaborado: Autor (2016)

Para seleccionar el material más apropiado se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$R1 = R2 = F = 197.08 \text{ Kg}$$

En base a la **Ecuación (9)** se determinó el Momento.

Donde:

M = Momento (Kg*cm): ?

q = Carga Puntual = $F = 197.08 \text{ Kg.}$

L = Longitud de la Placa: 102.23 cm.

Por lo que:

$$M = Fl = 197.08 \text{ Kg} \times 102.23 \text{ cm} = 20\,147.5 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

En base a la **Ecuación (2)** se determinó el Esfuerzo Permisible.

Donde:

$$Fb = \text{Esfuerzo Permisible } \left(\frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}, \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right):?$$

$$Fy = \text{Límite de Fluencia: } 2\,530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 36 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2}$$

Por lo que:

$$Fb = 0,66 \times 36 \text{ Kpsi} = 23,76 \text{ Kpsi} = 1\,674,003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$
$$23,76 \frac{\text{Klb}}{\text{pulg}^2} \times \frac{1000 \text{ Lb}}{1 \text{ Klb}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{2,2 \text{ Lb}} \times \frac{1 \text{ pulg}^2}{(2,54 \text{ cm})^2} = 1\,674,003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Finalmente se realiza el cálculo del **Módulo de Sección**, del Soporte de la Base Inferior de la Silla de Ruedas mediante la **Ecuación (3)**.

Donde:

$$Sx = \text{Módulo de Sección Requerido } (\text{cm}^3)$$

$$M = \text{Momento } 20\,147.5 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$Fb = \text{Esfuerzo Permisible} = 1\,674,003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo que:

$$Sx = \frac{M}{Fb} = \frac{20\,147.5 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{1\,674,003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 12.04 \text{ cm}^3$$

Se debe tener presente que para seleccionar una viga se lo hace en base al módulo de sección calculado.

A continuación, se detalla que una vez determinado el Módulo de Sección, se procede a comparar con el que se origina en el material que se tiene previsto ubicar en los soportes de

la base inferior, la misma que tiene las aristas dobladas para dentro y posee las siguientes medidas que son: 145x5 mm.

En base a los datos ofertados del material, se procede a determinar el Módulo de Sección **Ecuación (4)**, pero antes se debe establecer mediante la **Ecuación (5)** la Inercia.

Donde:

I = Inercia (cm^4): ?

b = Base de la Platina = 5 mm = 0.5 cm.

h = Altura de la Platina = 145 mm = 14.5 cm.

Por lo que:

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0.5 \text{ cm} * (14.5 \text{ cm})^3}{12} = 127.03 \text{ cm}^4$$

Una vez determinada la Inercia se procede a establecer el Módulo de Sección mediante la **Ecuación (4)** de la siguiente manera:

Donde:

S_M = Modulo de Sección del Material (cm^3):?

I = Inercia 127.03 cm^4

C = Distancia del Centroide = 7.25 cm

Por lo que:

$$S_M = \frac{I}{C} = \frac{127.03 \text{ cm}^4}{7.25 \text{ cm}} = 17.52 \text{ cm}^3$$

Una vez determinado el Módulo de Sección del Material (S_M), se procede a comparar con el Requerido o Calculado ($S_{req.}$), de la siguiente manera:

$$12.04 \text{ cm}^3 < 17.52 \text{ cm}^3$$

$$S_{req.} < S_M.$$

Como se puede verificar que el **Módulo de Sección** que se **Requiere** aproximadamente si es menor que el originado por el **Material**, se puede deducir que el Material elegido en el

pre diseño, como es la Viga elaborado por una Placa con las siguientes dimensiones 145x5 mm es el correcto.

4.1.2. Costo total de construcción.

4.1.2.1. Costos Directos.

- a) **Costos de la Materia Prima;** representan todos los materiales que son indispensables para la fabricación de la Silla de Ruedas Eléctricas.

Tabla 29.
Costos de Materia Prima.

Materia Prima			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario por m o unidad	Costo (USD)
Platina PLT 30x6	1.605 m	0.54	0.87
Platina PLT 50x6	0.5 m	0.58	0.29
Tubo Redondo Ø7/8x1.5 mm	1 m	1.08	1.08
Tubo Rectangular 40x20x1.2	0.584 m	0.76	0.44
Perfil C 60X30X3	1.5 m	3.12	4.68
Plancha 200x5 mm	2.5 m	83.07	32.04
Actuador LINAK LA25120B.	1	105.87	105.87
Actuador LINAK LA25090B.	1	105.87	105.87
Actuador LINAK LA25200B.	2	105.87	211.74
Actuador LINAK LA1200124.	2	80.44	160.88
Ruedas 1001 GN 95190	2	15.00	30.00
Ruedas 2/50 GN 00440	2	11.45	22.90
Motores DYD-D-320W	2	193.83	387.66
Batería Marca: DMD	2	259.70	519.40
Asientos Almohadilla, correas.	1	40.00	40.00
Pintura	1 Litro	20.00	20.00
Disolvente	1 Litro	7.00	7.00
Conjunto Joystick	1	70.00	70.00
Varios (Pernos, cables, etc)		30.00	30.00
Sub Total			1 750.72
IVA 14%			245.10
Total			1 995.82

Elaborado: Autor (2016)

Como se puede verificar los componentes en su mayoría son de adquisición local a excepción de los elementos eléctricos los cuales deberán ser importados.

El conjunto joystick va a ser el encargado de controlar el movimiento total de la silla, seleccionando el modelo de acuerdo a la discapacidad física de cada persona como se puede comprobar en el marco teórico.

b) Costos de Maquinado; representa la inversión de las piezas que se necesitan mecanizar.

Tabla 30.
Costos de Mecanizados o Maquinados.

Proceso	Cantidad	Costo / Hora (USD/h)	Costo Total (USD)
Doblado	3 h	3.00	9.00
Soldado	40 Cordones	0.50	20.00
Fresado	10 h	12.50	125.00
Torneado	2 h	9.00	18.00
Total			172.00

Elaborado: Autor (2016)

- Doblado se da en: los soportes longitudinales del asiento, de la base inferior del motor, en el soporte principal de elevación y en él apoya cabezas y el soporte del cilindro.
- Soldado se da en: la base del espaldar, en él apoya cabezas, apoya brazos, en la base del motor del asiento, base del cilindro inferior, en la base del apoyapié.
- Fresado se da en el regulador del apoyabrazos, eslabones, platinas iniciales del soporte principal de elevación, en el mecanismo del apoyabrazos.
- Torneado en los ejes de los motores de la silla de ruedas, base del apoya cabezas, ejes uniones de los eslabones, mecanismo del apoyabrazos.
- Los pernos utilizados en toda la estructura son M8 a diferentes longitudes según las necesidades.

Para calcular el valor del ensamblado de la silla de ruedas calculamos el 10% de la suma de los totales de Costos de Materia Prima **Tabla 29** y Costos de Mecanizados y Maquinados **Tabla 30**, $(1995.82 + 172) \times 10\% = 216.78$

El costo del ensamblado de la Silla de ruedas es de \$216.78

Tabla 31.
Costo Total Directo.

Elementos	Costos (USD)
Costos de Materia Prima	1 995.82
Costos de Mecanizado o Maquinado	172.00
Costo del Conjunto Armado	216.78
Total	2 384.60

Elaborado: Autor (2016)

4.1.2.2. Costos Indirectos.

Tabla 32.
Costos Indirectos.

Elementos	Costo (USD)
Papelería e impresión	20,00
Movilización	50.00
Instrumentos de Escritorios (esferos, papel, lápiz, etc.)	20.00
Subtotal	90.00
10% de Imprevistos	9.00
Total	99.00

Elaborado: Autor (2016)

4.1.2.3. Costo Total.

Tabla 33.
Costo Total.

Característica	Costo (USD)
Costo Directo Total	2 384.60
Costo Indirecto Total	99.00
Costo Total	2 483.60

Elaborado: Autor (2016)

4.2. Discusión.

Para diseñar el proyecto de investigación, se fundamentó en criterios emitidos por medios tecnológicos, así como bibliográficos que tiene que ver con el diseño y construcción de sillas de ruedas eléctrica donde se especifica que:

Según la (AISC), establece que las cargas definidas para esfuerzos permisibles de Acero comúnmente utilizados como es el ASTM A36 y el estructural ASTM A500, son cargas máximas a las que puede ser sometido un material.

Los tipos de materiales a elegir se basan en criterios como de resistencia, en donde se detalla que deben poseer carbono, para mejorar su resistencia a la tracción y al desgaste dado por las condiciones excesivas al ambiente; centrándose en la disponibilidad en el mercado se especifica que debe ser de fácil adquisición a nivel local, en caso que sea necesario realizar alguna reparación o cambio de repuesto y finalmente el costo que debe ser aceptable a nivel económico; en base a estos conceptos definidos y establecidos se escogió materia prima proveniente de Industrias DIPAC.

Además, el proyecto de investigación, se basa en criterios dados por (Mott, Robert, 2006) donde se especifican las Longitudes Efectivas de las Columnas, adecuadas y correctas a elegir.

Según criterios emitidos por (McCormac, 2012), especifica que, si la Relación de Esbeltez es menor que la Constante de Columna, se debe utilizar la ecuación parabólica para determinar el Esfuerzo Permisible.

Otro criterio a tener en cuenta especifica según (Flores, 2001), es el porcentaje de la masa del cuerpo humano dividido en las diferentes partes.

En el proyecto se desarrolló, todos los cálculos establecidos para el diseño de la Silla de Ruedas Eléctricas, para poder seleccionar los diversos componentes como son: actuadores, motores, baterías, y ruedas.

La silla de ruedas eléctrica fue diseñada para soportar a la capacidad de una persona que pesa 75Kg, la misma que tiene una autonomía de 20 Km, proveyéndose además de un manual de funcionamiento y mantenimiento.

El costo que se dio es el valor monetario que influye de manera directa e indirecta en el proyecto.

Finalmente se detalla mediante el empleo del Software CAD-CAE (**ANEXO 7**), se pudo analizar que los materiales utilizados son los más óptimos, asegurando la resistencia de los componentes de la Silla de ruedas eléctrica articulada, donde se obtuvieron los siguientes resultados que son:

Tabla 34.
Resultado de los factores de los componentes.

N°	Componentes	Estático		
		FDS Mínimo	Tensiones Mínimas	Tensiones Máximas
1	Soporte de Elevación Superior	1.45	0.099 Mpa	128.3 MPa
2	Soporte Medio	1.6	0.065 MPa	155.8 MPa
3	Eslabón de Rodilla	1.87	0.037 MPa	137.6 MPa
4	Base de Elevación	3.85	0.0000038 MPa	6.395 MPa
5	Base rueda	3.2	0.06188 MPa	75.6 MPa
6	Soporte Base Inferior	3.68	0.000257 MPa	6.79 MPa

Elaborado: Autor (2016)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se concluye que el proyecto de investigación cumple con el objetivo planteado que es llevar con éxito el diseño y a su vez el análisis de la estructura de la silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para personas con discapacidad física, alcanzando resultados favorables, la altura máxima a la que llega la silla de ruedas estando en posición de bipedestación (estar de pie) es de 188 cm.
- Se determinó el costo total que llevaría la construcción de la silla de ruedas articulada dando un valor de \$ 2 483,60.
- Se desarrollaron manuales que ayudan al uso como se le debe dar a la silla de ruedas eléctrica articulada y al mantenimiento, para garantizar de mejor manera la conservación de la misma.

5.2. Recomendaciones.

- Se determina que la Silla de Ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal para personas con discapacidad física, se puede construir en cualquier taller mecánico que se disponga, ya que no representa una mecanización difícil de sus partes, así como su ensamblaje.
- Buscar auspiciantes que estimulen alianzas para poder realizar la construcción de las sillas de ruedas eléctricas articuladas, en favor de la comunidad discapacitada del cantón, provincia y país.
- Se recomienda diseñar más sistemas que ayuden a mejorar la vida de las personas discapacitadas.
- Es recomendable en caso que se decidiera construir la silla de ruedas eléctrica articulada, aparte de facilitar el manual de funcionamiento y mantenimiento al usuario, por seguridad se deberá capacitar personalmente o ayudar a interpretar lo que se allá escrito en los manuales, en caso que no se entendiera algún tema o parte específica.
- Se recomienda seguir las sugerencias dadas en el Manual de Mantenimiento referente a la conservación de la misma para que pueda alargar la vida útil de la Silla de Ruedas Eléctrica Articulada.
- Se sugiere acolchonar y revestir el espaldar y el asiento de la silla de ruedas con esponja y tela antiescaras para prevenir al máximo la aparición de las mismas.
- La velocidad máxima que alcanza la silla de ruedas es de 2.45 m/s, se debe indicar al usuario conducir con precaución para evitar algún tipo de accidente.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [2] P. Gómez, P. Vázquez y R. Rodríguez, Sillas de ruedas. Características técnicas y antropométricas., Madrid, 1999.
- [3] CONSEJO INTERTERRITORIAL DEL SISTEMA NACIONAL DE SALUD, GUÍA DESCRIPTIVA DE ORTOPRÓTESIS. TOMO I, Madrid: FER/EDIGRAFOS, 2000.
- [4] R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- [5] C. Egea y A. Sarabia, Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad, Murcia, 2001.
- [6] Comisión Nacional de los Derechos Humanos MÉXICO, Que es la discapacidad, México D.F.: Juventud S.A., 2012.
- [7] CONADIS; MP, Estadísticas, 2015.
- [8] S. Pomar, Ejercicios de Mantenimiento en el lesionado medular en fase crónica.
- [9] Organización Mundial de la Salud, Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entorno de menores recursos, Ginebra: L'IV Com Sàr, 2008.
- [10] N. Quemada y C. Álvarez, Manual de ayudas externas, Bilbao: Berekintza, 2005.
- [11] Organización Mundial de la Salud, Paquete de Capacitación en Servicio de Sillas de Ruedas. Nivel Básico., Ginebra, 2012.
- [16] I. Valle, Sillas de ruedas eléctricas. Opciones de mandos de control y cambios de postura., Madrid, 2013.
- [17] R. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas., Naucalpan de Juárez: Pearson Educación., 2006.
- [21] Ceapat, Centro de Referencia Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, Madrid, 2010.
- [23] R. Sánchez, Accionamientos y actuadores eléctricos., Huelva, 2008.
- [25] REACTiv, «REACTiv. S.A. de C.V.,» [Último acceso: 16 Noviembre 2016].
- [26] J. McCormac y S. Csernak, Diseño de Estructuras de Acero, México, D.f: Alfaomega, 2012.
- [27] DIPAC , «Perfiles Laminados PLATINAS,» *PRODUCTOS DE ACERO*, pp. 1-1, 2016.
- [28] TopChair, Silla y Salva Escaleras. Instrucciones de Uso., MONTRABE.
- [29] J. CRONEY, «Antropometría para diseñadores,» 1978.
- [30] C. Flores, Ergonomía para el Diseño, México, D.F.: Designic, 2001.
- [31] AFO, Ruedas AFO, Barcelona, 2011.
- [35] McCormac, Diseño de Estructuras de Acero, Mexico D.F.: Alfaomega, 2012.
- [36] AHMSA, Manual de Diseño para la Construcción con Acero, México D.F., 2013.

Linkografía

- [1] Y. Perdomo, «DIRECCIÓN NACIONAL DE DISCAPACIDADES,» 3 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.salud.gob.ec/direccion-nacional-de-discapacidades/>. [Último acceso: 13 Noviembre 2016].
- [12] SUNRISE MEDICAL, «Consideraciones Biomecánicas,» 17 Octubre 2005. [En línea]. Available: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bio/imagina__biomecanica_de_una_silla_de_ruedas.pdf. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [13] A. Perez, «Sillas de Ruedas,» 24 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://documents.mx/documents/1-clase-silla-de-ruedas.html#>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [14] N. Obaid, «Sillas de ruedas,» 27 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/normaobaid/sillas-de-ruedas-28671370>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [15] L. García, «Sillas de Ruedas,» 30 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://prezi.com/ipilnanfirwy/sillas-de-ruedas/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [18] UPM, «Universidad Politécnica de Madrid,» [En línea]. Available: <http://ocw.upm.es/ingenieria-mecanica/especificacion-de-dimensiones-y-tolerancias-gd-t/01-diseno/0101-diseno.pdf>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [19] L. Holguín, «Sillas de Ruedas,» 28 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/wy8ls6wfgyn7/sillas-de-ruedas/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [20] J. Tovar, «Dispositivos del PC,» 30 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://senagadispositivosentrada.blogspot.com/2013/10/que-es-el-joystick-y-sus-caracteristicas.html>. [Último acceso: 08 Diciembre 2016].
- [22] «www.codesolar.com,» CodeSolar Cia. Ltda., [En línea]. Available: <http://www.codesolar.com/Energia-Solar/Energias-Renovables/Baterias-Litio.html>. [Último acceso: 02 Enero 2017].
- [24] O. Muñoz, «Tipos de actuadores lineales y empresas especializadas,» 25 Julio 2011. [En línea]. Available: <http://economaiyempresa.over-blog.es/article-tipos-actuadores-lineales-empresas-especializadas-85910594.html>. [Último acceso: 16 Noviembre 2016].
- [32] DYD, «DYD PRODUCTS,» 2016. [En línea]. Available: http://www.dongyangmotor.com/Wheelchair_Motors-Electric_Wheelchair_Gear_Motor.html.
- [33] AutoSolar, «Batería de Gel 24V 85Ah Sonnenschein S12-85,» 2016. [En línea]. Available: http://autosolar.es/baterias/bateria-24v/bateria-de-gel-24v-85ah_precio.
- [34] McCormac, Diseño de Estructuras de Acero, Mexico D.F.: Alfaomega, 2012.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1.

Información Técnica Actuador LINAK LA25120B.

Actuator LA25

With its robust design, high IP degree and aluminium housing, the actuator LA25 is ideal for harsh environments where operation under extreme conditions is required. Furthermore, the compact dimensions of the LA25 make it applicable for confined spaces.

Features:

- 12 or 24 V DC permanent magnetic motor
- Thrust from 900 N - 2500 N in push and pull
- Max. speed up to 13 mm/sec. depending on load and spindle pitch
- Stroke length from 20 - 300 mm
- Protection class: IP66 (dynamic) and IP69K (static)
- Built-in endstop switches
- Guided nut

Options in general:

- Back fixture and piston rod eye material: Steel or stainless steel
- Safety nut in push or pull (2500N version only safety nut in push)
- Exchangeable cables in different lengths up to 5 m
- Special anodised housing for extreme environments
- IECEX/ATEX certified for Zone 21
- Hall effect sensor
- Hall potentiometer
- IC options including:
 - IC - Integrated Controller
 - Integrated Parallel Controller
 - LIN bus communication
 - Analogue or digital feedback for precise positioning
 - Endstop signals
 - PC configuration tool

Usage:

- Duty cycle at is max. 20%
The duty cycles are valid for operation within an ambient temperature of +5°C to +40°C
- Ambient operating temperature: -40° to +85°C, full performance from +5°C to +40°C
- For IECEX/ATEX:
Ambient operating temperature: -25°C to +65°C



This TBC HLINE® actuator comes with IC - Integrated controller.
For more information on our IC options, please see: www.linak.com/techline



LA25 with 24V motor

Type	Push/Pull Max. (N)	Self-lock min. (N) Push/Pull				Spindle pitch (mm)	*Typical speed (mm/s)		Standard stroke length (mm)	*Typical amp. @ 24 V	
		With short circuit		Without short circuit			No load	Full load		No load	Full load
		Self- lock (N)	**Back- drive (mm)	Self- lock (N)	**Back- drive (mm)						
25030xxxxxxxxB...	2500	2500	1	2500	1	3	3.2	2.6	20 - 300	0.4	1.9
25060xxxxxxxxB...	1500	1200	1	1500	2	6	6.4	5.5	20 - 300	0.4	1.9
25090xxxxxxxxB...	1200	750	2	1200	4	9	9.5	8.1	20 - 300	0.4	2.0
25120xxxxxxxxB...	900	750	3	900	7	12	12.6	10.4	20 - 300	0.4	1.9
25200xxxxxxxxB...	600	600	5	600	12	20	25	18	20 - 300	0.4	2.0

Fuente: Linak (2016)

ANEXO 2.

Información Técnica Actuador LINAK LA1200124. Actuator LA12

Thanks to its small size and outstanding performance, the actuator LA12 provides a practical and cost-effective alternative to small-scale traditional hydraulic and pneumatic systems. The LA12 is ideal for applications requiring short linear movements. After many years on the market, the actuator LA12 demonstrated that it is a very reliable and robust actuator that can handle almost any situation and challenge.



This TECHLINE® actuator comes with IC - Integrated controller.
For more information on our IC options, please see: www.linak.com/techline

Features:

- 12 or 24 V DC permanent magnetic motor
- Max. thrust 750 N
- Max. speed up to 40 mm/sec. depending on load and spindle pitch
- Stroke length from 19 to 130mm
- Compact design, built-in dimensions 245 mm (up to 355 mm)
- Piston rod and back fixture in high-strength plastic
- Protection class: IPX1
- Built-in endstop switches

Options in general:

- Stainless steel inner tubes, piston rod eyes and back fixtures
- Protection class: IP66
- Reed switch
- IC options including:
 - IC - Integrated Controller
 - Hall sensor
 - Analogue or digital feedback for precise positioning
 - Mechanical potentiometer (max. 100 mm stroke length)
 - Endstop signals
 - Ready signal for diagnostics

Usage:

- Duty cycle at 750N and 2 mm pitch is max. 10%
- Duty cycle at 300N and 4 mm pitch is max. 40%
- Duty cycle at 200N and 6 mm pitch is max. 60%
- The duty cycles are valid for operation within an ambient temperature of +5°C to +40°C
- Ambient operating temperature: -20° to +60°C, full performance from +5°C to +40°C



Technical specifications

Type	Motor voltage (V)	Spindle Pitch (mm)	Thrust max. Push/Pull (N)	Self-lock max. (Push) (N)	Self-lock max. (Pull) (N)	* Typical speed (mm/s)		Stroke length (in steps of 30 mm)			* Typical Amp. (A)	
						No load	Full load	Min.		Max.	No load	Full load
12XX00-1XXX12XX	12	2	750	750	375	14	5	40	-	130	1.75	4.6
12XX00-1XXX24XX	24	2	750	750	375	14	6	40	-	130	0.75	2.2
12XX00-2XXX12XX	12	4	300	300	150	27	16	40	-	130	1.75	2.5
12XX00-2XXX24XX	24	4	300	300	150	27	16	40	-	130	0.75	1.5
12XX00-3XXX12XX	12	6	200	200	100	40	28	40	-	130	1.75	2.2
12XX00-3XXX24XX	24	6	200	200	100	40	28	40	-	130	0.75	1.0

* The typical values can have a variation of $\pm 20\%$ on the current values and $\pm 10\%$ on the speed values.
Measurements are made with an actuator in connection with a stable power supply and an ambient temperature at 20°C.

Fuente: Linak (2016)

ANEXO 3.

Información Técnica de Ruedas Delanteras.



Ruedas AFO

Fabricación de Ruedas Domésticas e Industriales
ventas@ruedasafos.es - www.ruedasafos.es

Serie 2

Fort Pasador
de 30 a 120 kgs.

Soporte Fort Pasador

Soporte: Giratorio de acero estampado de 1,5 a 3 m/m. de espesor con taladro liso pasador para tornillo.

Rodamiento: Dos hileras axiales de bolas de acero.

Acabado: Cincado blanco brillante hasta diám. 80 m/m. y cromado a partir de 100 m/m.

Aro Fort Goma Negra

Aro: Monobloque de goma negra (en diámetros de 32 a 60 m/m.) y bandaje de goma negra, inyectado sobre núcleo de nylon (poliamida) en color marfil (a partir de 80 m/m.).

Rodamiento: Buje con taladro liso ó (CB) cojinete a bolas de precisión a partir de 60 m/m.

Acabado: Platinas laterales de acero estampado, cincadas en blanco brillante y cromado a partir de 100 m/m.



Recambio: Serie 1001 GN



2-GN



2-FA GN



Freno FDA

En diám. de 100 a 200 m/m.

FDA: Dispositivo freno de doble acción. Boleo frita y simultáneo de la rueda y de goma de soporte.

					Código	Descripción	P.V.P.
32X14	47	35	7	30	00400	2/32 GN	
42X17	58	45	7	40	00420	2/42 GN	
50X18	77	49	10	50	00440	2/50 GN	
60X19	82	54	10	60	00450	2/60 GN	
					05570	2/60 GN CB	
80X20	100	65	10	70	00663	2/80 GN	
					05580	2/80 GN CB	
100X21	123	77	10	80	00490	2/100 GN	
					05590	2/100 GN CB	
125X25	154	101	12	90	00510	2/125 GN	
					05610	2/125 GN CB	
150X28	188	120	12	100	00520	2/150 GN	
					05620	2/150 GN CB	
200X35	248	165	12	120	95190	2/200 GN	
					00694	2/200 GN CB	
42X17	58	45	7	40	04210	2/42 FA GN	
50X18	77	49	10	50	91027	2/50 FA GN	
60X19	82	54	10	60	04220	2/60 FA GN	
					04222	2/60 FA GN CB	
80X20	100	65	10	70	04230	2/80 FA GN	
					90029	2/80 FA GN CB	
100X21	123	77	10	80	91095	2/100 FA GN	
					05591	2/100 FA GN CB	
					00577	2/100 FDA GN	
					00589	2/100 FDA GN CB	
125X25	154	101	12	90	90616	2/125 FA GN	
					00583	2/125 FA GN CB	
					00537	2/125 FDA GN	
					00551	2/125 FDA GN CB	
150X28	188	120	12	100	00556	2/150 FDA GN	
					00602	2/150 FDA GN CB	
200X35	248	165	12	120	00692	2/200 FDA GN	
					00693	2/200 FDA GN CB	

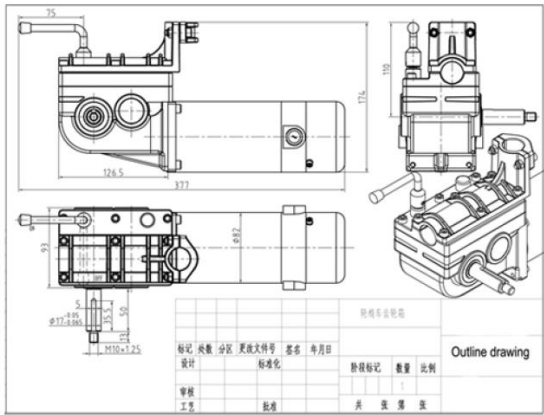
Fuente: Catálogo de Ruedas AFO, 2011.

ANEXO 4.
Datos Técnicos del Motor DYD.

DYD-D-320W



Drawing: DYD-D-320W



Specification:

Nominal Voltage	24V
Power	300W
Free Load Current	2A Max
Ratio	32:1
Motor Speed	3800±100
Brake	DC24V,0.5A,2NM
Motor Efficiency	≥78%
Motor Diameter	82mm
Axle leaway	0.1~0.6MM
On Load Torque	22N.M
Max Torque Output	60N.m
Noise	≤62DB
Net Weight	7kg
Packing Size	44*35*23mm (2PCS)
Weight Capacity	145kg

Summary: The dual motor can be used in electric wheelchair

Fuente: Motor DYD-D-320W.

ANEXO 5.

Datos Técnicos de la Batería para Motores y actuadores.

FACTORY SELLING DIRECTLY

THE LITHIUM BATTERY DMD-12V/100AH

CB CE RoHS

ZOOM

View larger image

Share to:

Add to My Favorites

Deep cycle 18650 ultra thin and ultra light 12v 100ah inverter battery

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

US \$99-169 / Piece | 1 Piece/Pieces (Min. Order)

Supply Ability: 10000 Piece/Pieces per Month

Port: Guangzhou

[Contact Supplier](#)

Chat Now! Add to My Cart

Seller Support: Trade Assurance

100% Payment protection 100% On-time shipment 100% Product quality protection

Payment: VISA MasterCard TT e-Checking More

Product Details

Company Profile

Transactions Overview

[Product Description](#)
[Company Information](#)
[Certifications](#)
[Packaging & Shipping](#)
[FAQ](#)

[Report Suspicious Activity](#)

Overview

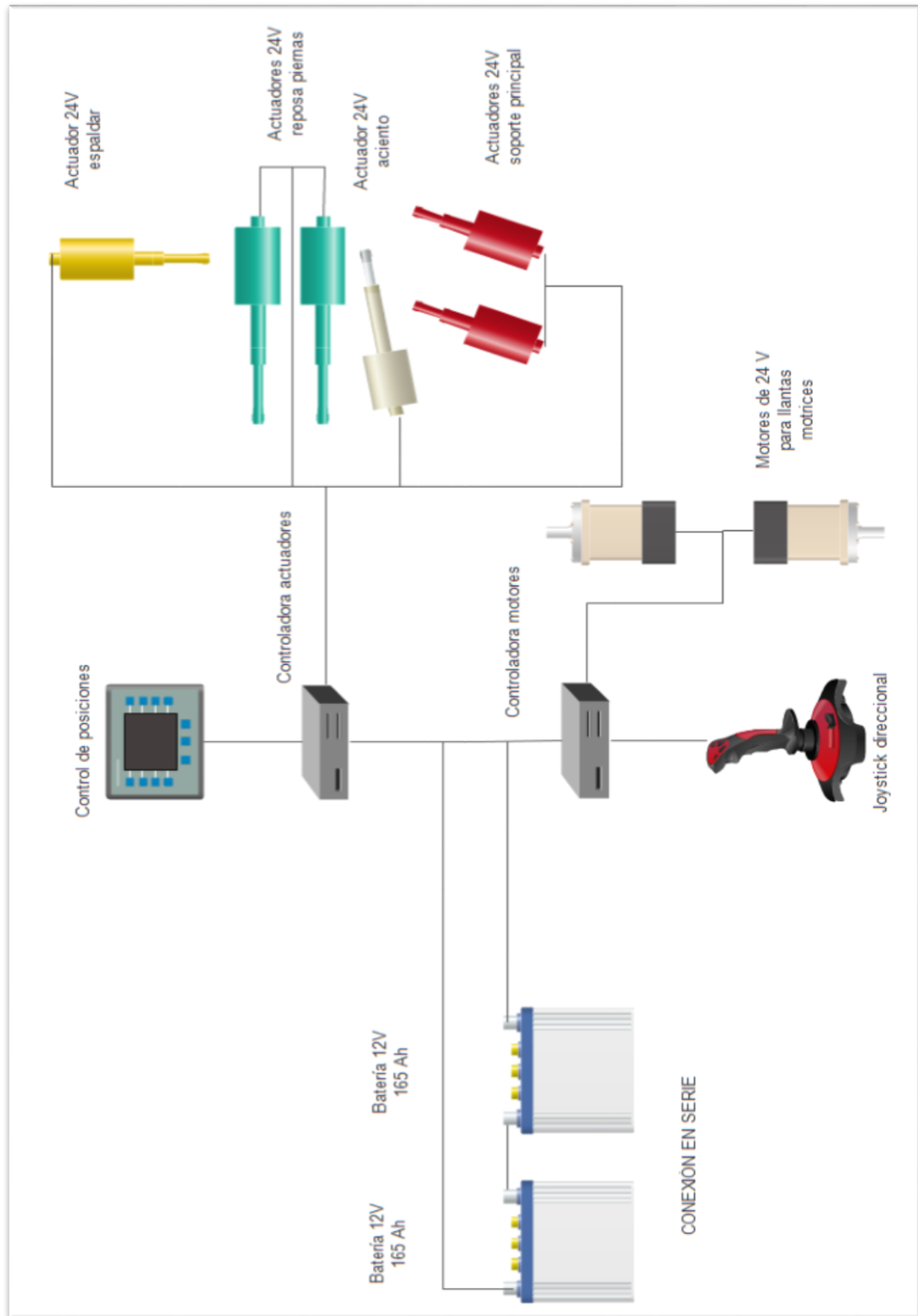
Specifications

Place of Origin:	Guangdong, China (Mainland)	Brand Name:	DMD	Model Number:	DMD-12V/100AH
Usage:	Car,UPS,Solar,Home	Voltage:	12v	Sealed Type:	Sealed
Maintenance T...	Free	Size:	346*262*62mm	Weight:	5KG
Nominal Capa...	100AH	Application:	Solar System	Certificate:	CE ROHS
Warranty:	3 Years	Battery type:	18650 Rechargeable Li-ion	Features:	Long Cycle Life
Color:	Green/Red	Service:	OEM Accepted	Accessory:	10Ah battery charger
Keyword:	Battery				

Fuente: Batería DMD, Alibaba.

ANEXO 6.

Esquema de los componentes eléctricos de la silla de ruedas articulada.



ANEXO 7.

Análisis de esfuerzos producidos en los diferentes elementos de la silla articulada

Con el fin de validar el diseño realizado, es necesario realizar un análisis de esfuerzos mediante el método de elementos finitos (MEF), de esta manera garantizar la fiabilidad de cada elemento. Mediante el análisis se obtuvo las tensiones producidas, la deformación y el factor de seguridad que es el factor más determinante en los estudios realizados.

a) Análisis de soportes.

Para realizar el análisis es necesario determinar el material que se va a utilizar además de la carga que va a ser sometida sobre el elemento.

Propiedades del Material

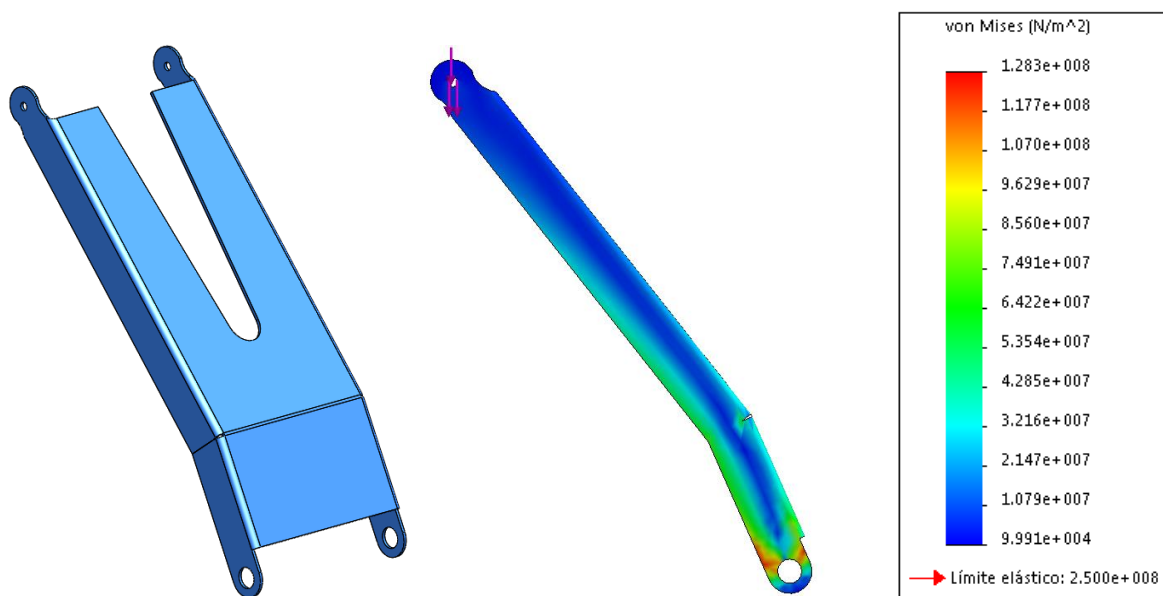
Limite elástico = 250 Mpa

Limite de tracción = 400 Mpa

Fuerza aplicada = 121.88 Kg (Según cálculo analítico)

La fuerza total se dividirá para los dos soportes principales de elevación.

Tensiones en soporte de elevación superior

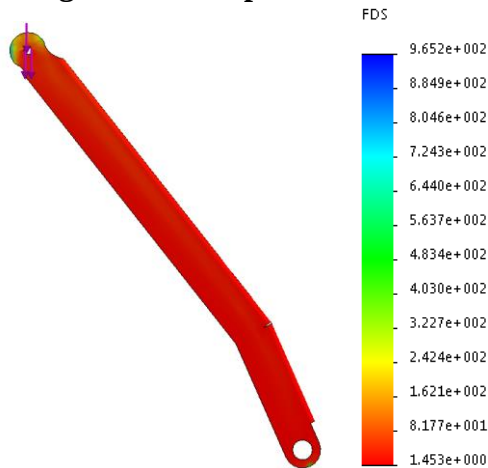


Elaborado: Autor (2016)

Mediante el análisis de esfuerzos se determinó que el esfuerzo máximo producido sobre el soporte es de $1.283 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (128.3 Mpa).

Para verificar si la resistencia del material soporta la carga sometida se obtiene el factor de seguridad como se muestra en la figura.

Factor de seguridad en soporte de elevación superior



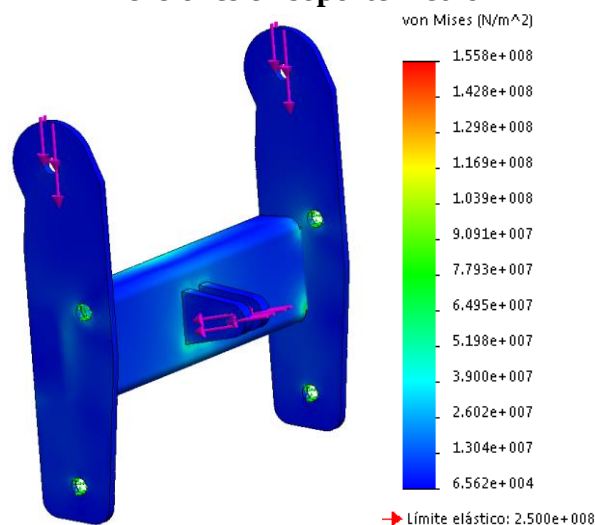
Elaborado: Autor (2016)

El resultado corresponde al factor de seguridad (FDS) presentado en el soporte de elevación, dando como resultado mínimo 1.45 lo que indica una adecuada resistencia del elemento.

b) Soporte medio

Este soporte une la parte del asiento con los soportes de elevación, además este elemento sirve de sujeción para el cilindro de inclinación del asiento. La carga aplicada es 121.88Kg.

Tensiones en soporte medio

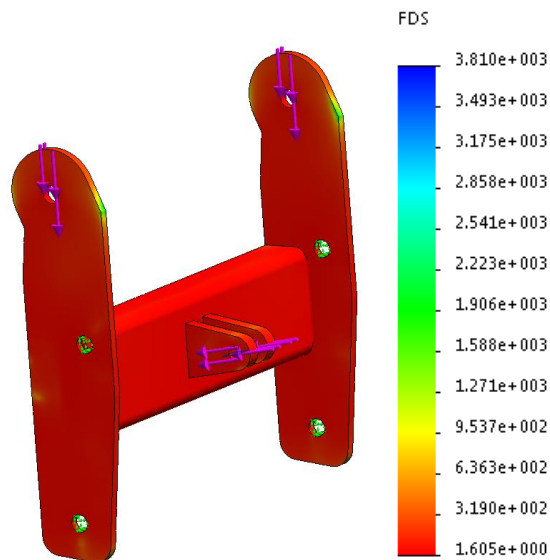


Elaborado: Autor (2016)

Mediante el análisis de esfuerzos se determinó que el esfuerzo máximo producido sobre el molde es de $1.558 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (155.8 Mpa).

Factor de seguridad en el soporte medio

Factor de seguridad en soporte medio



Elaborado: Autor (2016)

El resultado corresponde al factor de seguridad (FDS) presentado en el soporte medio, dando como resultado mínimo 1.6 lo que indica una adecuada resistencia del elemento.

c) Eslabón Rodilla

Este eslabon conecta la parte inferior donde se apoya todo el peso cuando la persona se pone de pie, por esta razon la carga aplicad en este elemento es igual a la carga total de la persona, asumida en 75 Kg como peso promedio.

Eslabones de rodilla

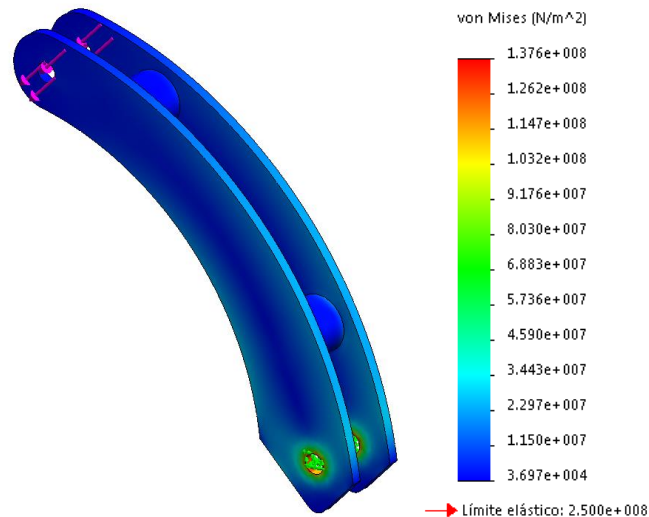


Elaborado: Autor (2016)

Tensiones presentes en el eslabón

La carga presente en el eslabón esta inclinada en su punto más crítico.

Tensiones en eslabón de rodilla



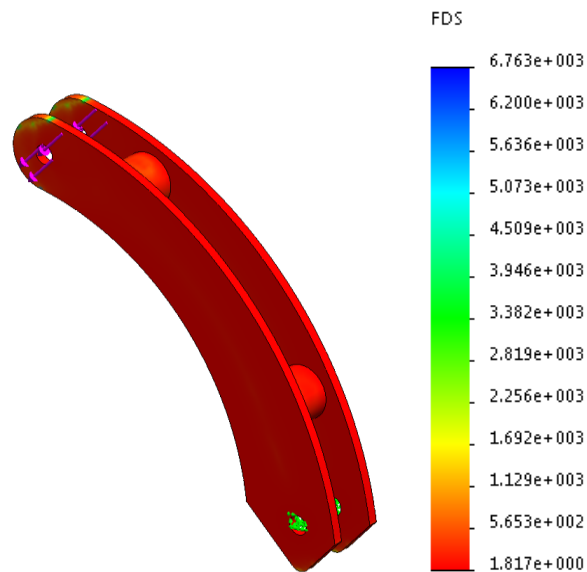
Elaborado: Autor (2016)

Mediante el análisis de esfuerzos se determinó que el esfuerzo máximo producido sobre el eslabón es de $1.37 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (137.6 Mpa).

Factor de seguridad en el eslabón

El factor de seguridad para este elemento es algo elevado debido a que la carga en esta configuración es menor.

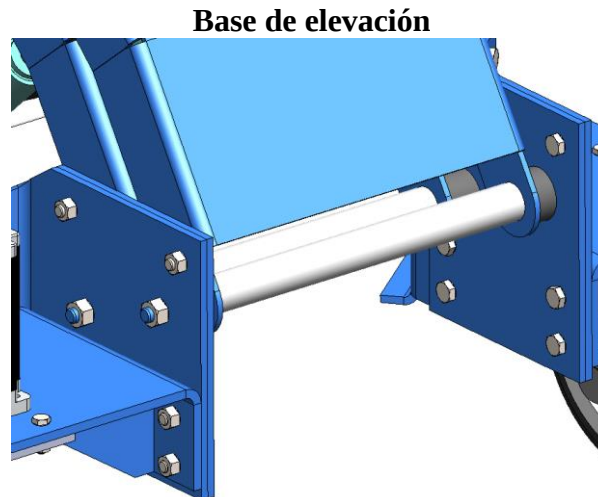
Factor de seguridad en eslabón de rodilla



Elaborado: Autor (2016)

d) Base de elevación

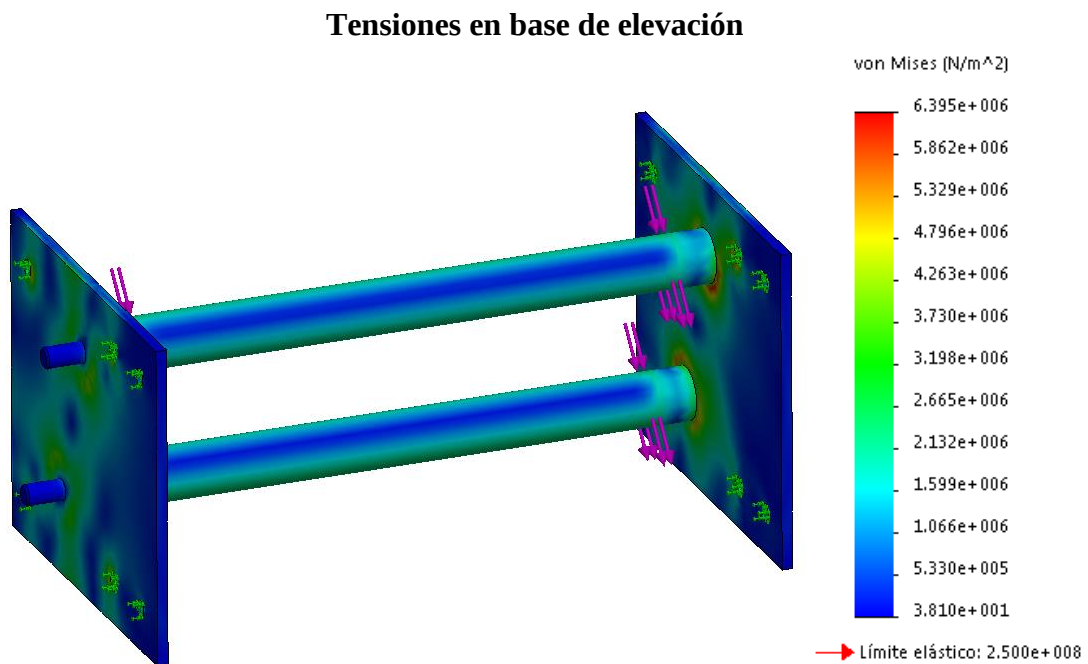
En este elemento se articula los soportes de elevación y reciben toda la carga de forma inclinada, el ángulo cuando llega la parte más alta es de 40° .



Elaborado: Autor (2016)

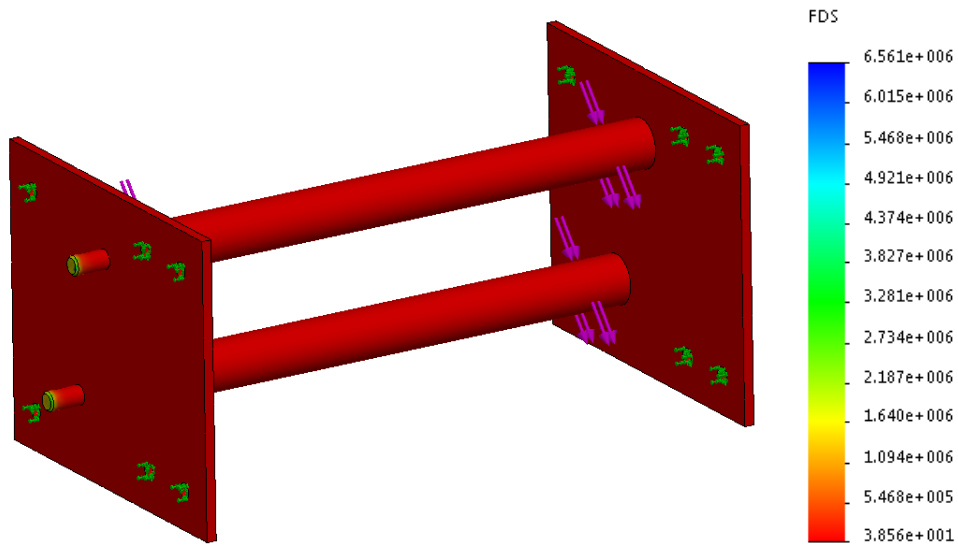
Tensiones presentes en base de elevación

La carga aplicada sobre este elemento es igual a la carga aplicada en los soportes de elevación, esta carga es igual a 121.88 kg.



Elaborado: Autor (2016)

Factor de seguridad en base de elevación

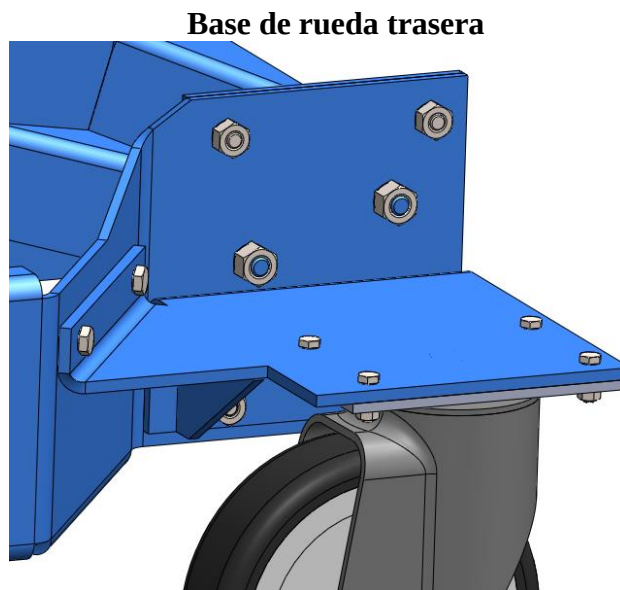


Elaborado: Autor (2016)

El factor de seguridad para este elemento esta sobredimensionado debido a que es el que soporta la mayor cantidad de esfuerzo y esta sometido a desgaste, el valor del fator de seguridad es de 3.85×10^1 .

e) Base rueda trasera

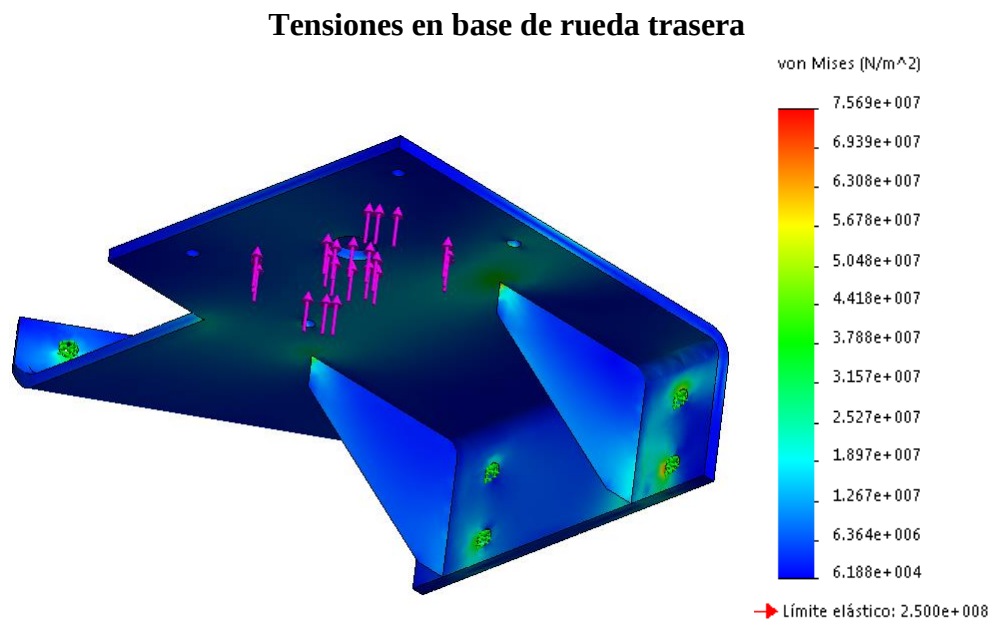
Este elemento sirve de base para la rueda que se encarga de dar dirección a la silla articulada.



Elaborado: Autor (2016)

Tensiones presentes base de rueda trasera

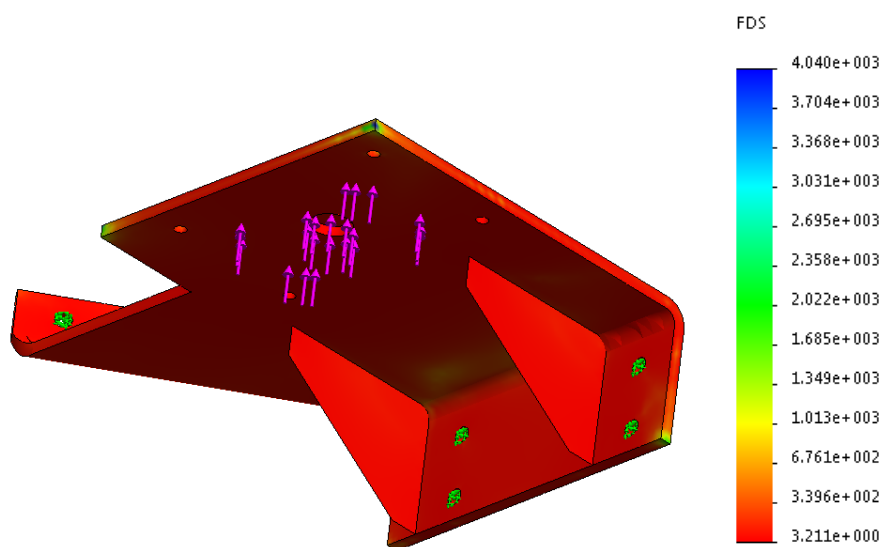
El valor de la carga presente en este elemento es de 49.27 Kg que se calculó analíticamente.



Elaborado: Autor (2016)

Mediante el análisis de esfuerzos se determinó que el esfuerzo máximo producido sobre el molde es de $7.56 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ (75.6 Mpa).

Factor de seguridad en base de rueda trasera

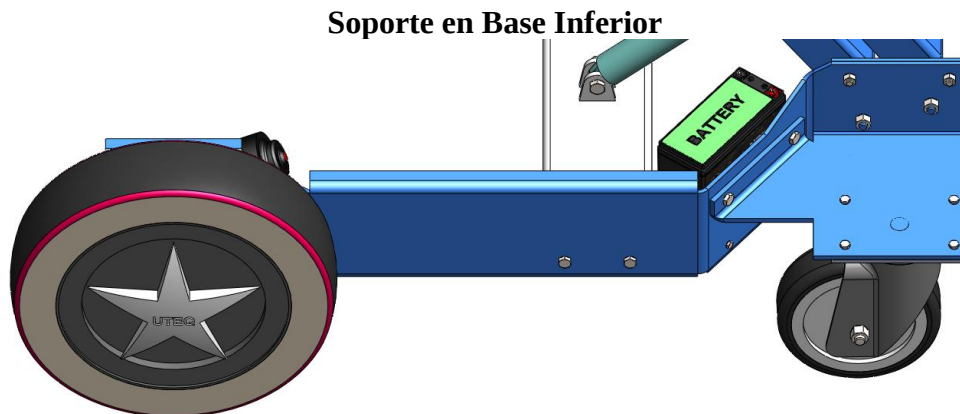


Elaborado: Autor (2016)

Se presente un Factor de seguridad mínimo de 3.2 que garantiza una adecuada resistencia y seguridad en el diseño.

f) Soportes base inferior

Este elemento corresponde a la bancada principal de la silla y es donde se va aplicar todo el peso de la misma, la carga aplicada es igual a 197 kg según análisis analítico

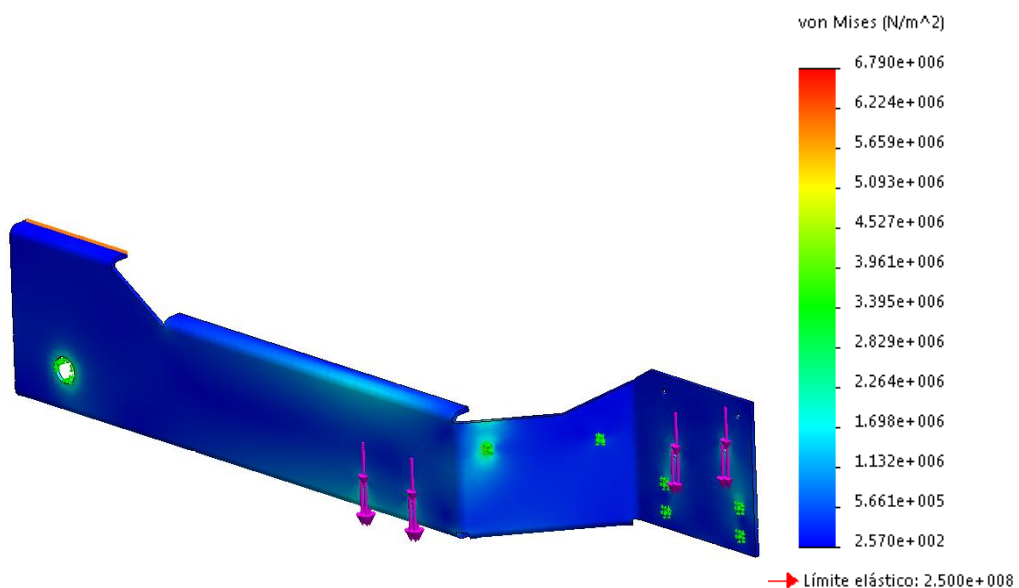


Elaborado: Autor (2016)

Tensiones presentes en base de elevación

La carga total se divide para los dos soportes aplicando un total de 98.5 kg.

Tensiones en base de rueda delantera

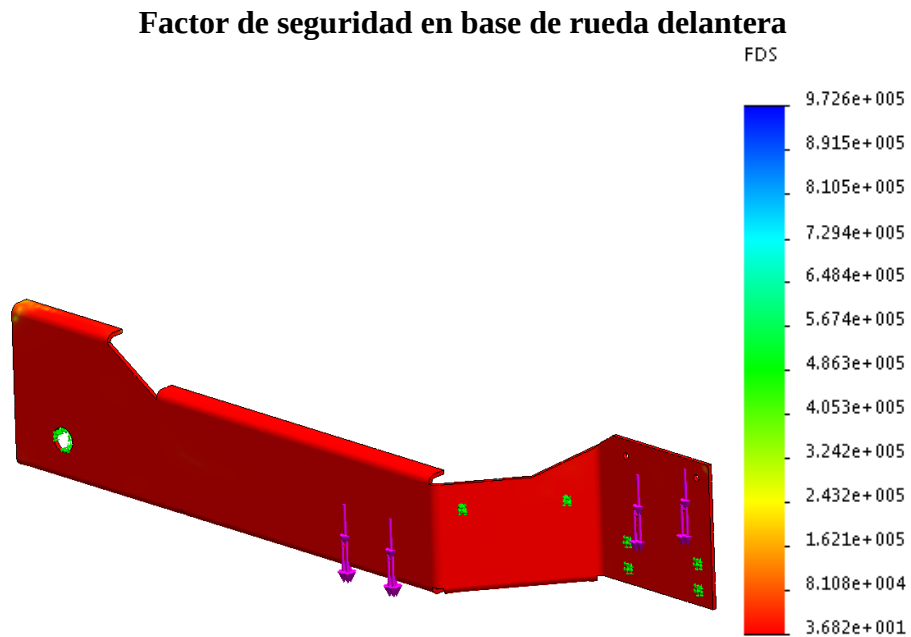


Elaborado: Autor (2016)

Con este valor de carga se produce un esfuerzo de $6.79 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ (6.79 Mpa).

Factor de seguridad en la rueda delantera

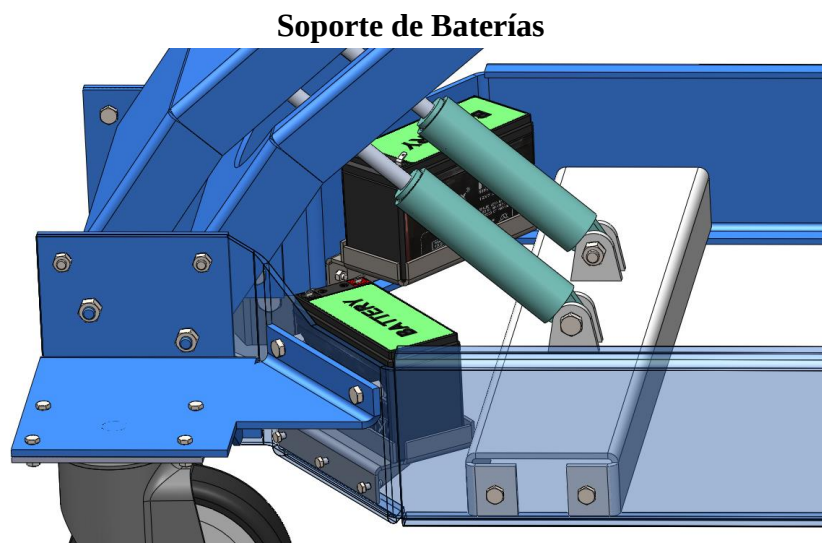
Se presente un Factor de seguridad mínimo de 3.682×10^1 aunque es un valor sobredimensionado ayudara a garantizar posibles cargas adicionales y fluctuaciones de carga, siendo este el elemento principal de la silla.



Elaborado: Autor (2016)

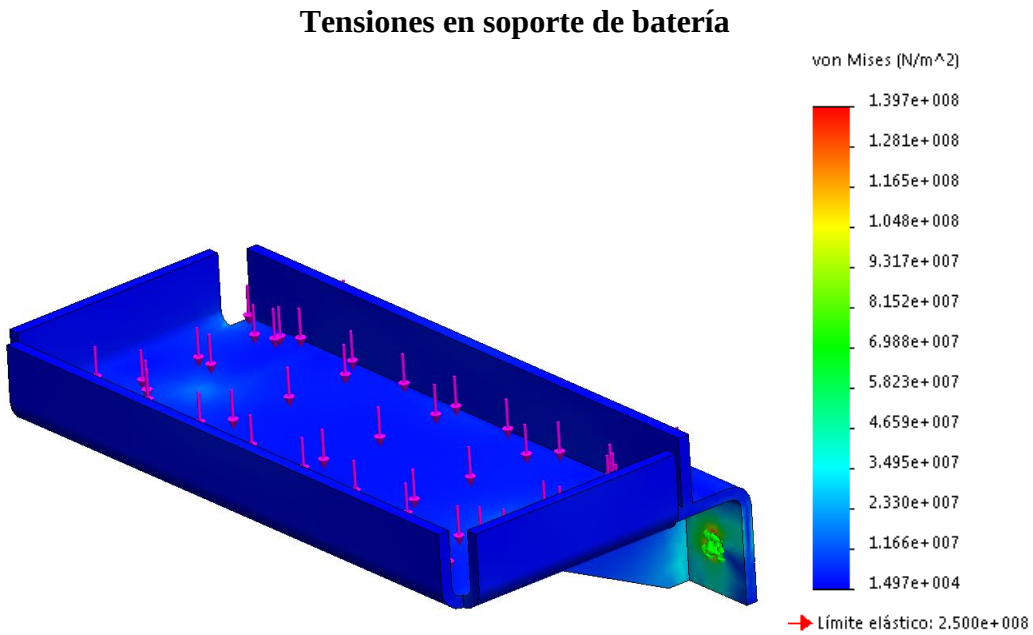
g) Soporte de baterías

La carga aplicada sobre el soporte es igual a 30 kg



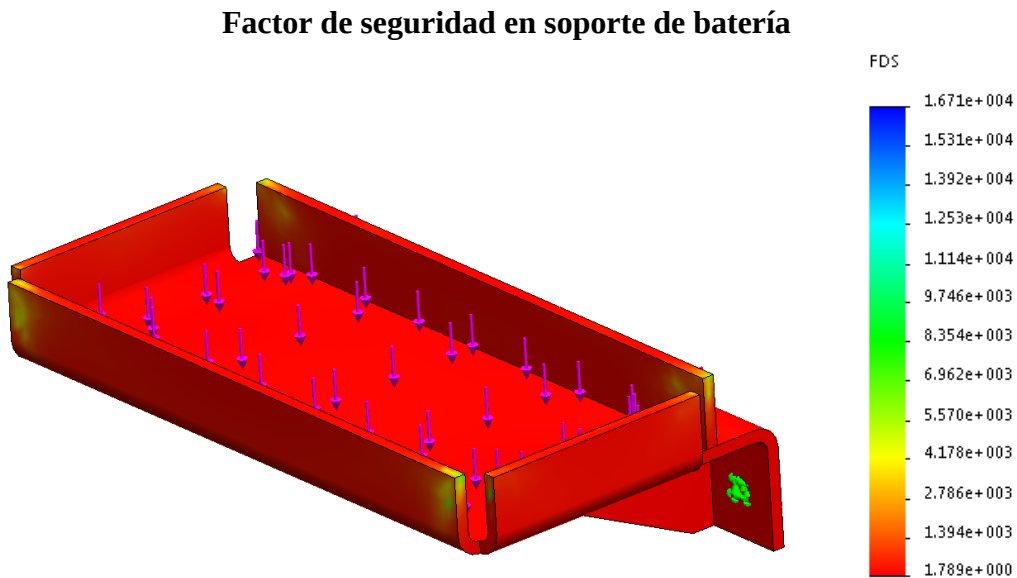
Elaborado: Autor (2016)

Mediante el análisis de esfuerzos se determinó que el esfuerzo máximo producido sobre el molde es de $1.283 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ (0.12 Mpa). Como se muestra en la figura.



Elaborado: Autor (2016)

Para verificar si la resistencia del material soporta la carga sometida se obtiene el factor de seguridad como se muestra en la figura



Elaborado: Autor (2016)

El resultado corresponde al factor de seguridad (FDS) presentado en el soporte de elevación, dando como resultado mínimo 1.75 lo que indica una adecuada resistencia del elemento.

ANEXO 8.**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
ENCUESTA DIRIGIDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD FISICA**

Marcar con una x la opción seleccionada:
1. ¿QUE TIPO DE DISCAPACIDAD FISICA USTED PADECE ?
() 1. PARAPLEJIA () 2. TETRAPLEJIA () 3. AMPUTACIONES () 4. ESCLEROSIS MULTIPLE () 5. OTRO TIPO DE DISCAPACIDAD FISICA QUE LE INCAPACITE A CAMINAR
2. ¿USTED POSEE SILLA DE RUEDAS?
() 1. SI () 2. NO
3. ¿QUE TIPO DE SILLA DE RUEDAS USTED POSEE?
() 1. NORMAL () 2. ELECTRICA
4. ¿ SE ENCUENTRA USTED COMODO CON SU SILLA DE RUEDAS?
() 1. SI () 2. NO
5. ¿ESTARIA INTERESADO EN UNA SILLA DE RUEDAS ELECTRICA QUE LE PERMITA PONERLO EN POSICION VERTICAL Y HORIZONTAL, SABIENDO QUE LE AYUDARIA A MEJORAR SU CALIDAD DE VIDA?
() 1. SI () 2. NO
6. ¿SABIA USTED QUE UNA SILLA IMPORTADA CON LAS CARACTERISTICAS ANTES MENCIONADAS TIENE UN VALOR PROMEDIO DE ENTRE \$9000 - 12000?
() 1. SI () 2. NO
7. ¿SI TUVIERA LA OPCION DE ADQUIRIR UNA SILLA DE RUEDAS CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS PERO FABRICADA DENTRO DEL PAIS, CUAL CREE USTED QUE SERIA EL VALOR ADECUADO?
() 1. ENTRE \$1000 - \$1500 () 2. ENTRE \$1500 - \$2000 () 3. ENTRE \$2000 - \$2500 () 4. ENTRE \$2500 - \$3000 () 5. ENTRE \$3500 - \$4000
8. ¿SI EL PRECIO DE LA SILLA ESTA DENTRO DE SUS POSIBILADES USTED LA ADQUIRIRIA?
() 1. SI () 2. NO

Elaborado: Autor (2016)

RESULTADOS DE LA ENCUESTA DIRIGIDA A PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA

Aquí se muestran los resultados adquiridos a través de encuestas realizadas a varias personas con discapacidad física que viven en el cantón Quevedo, con la finalidad de conocer si ellas estarían dispuestas a adquirir una silla de ruedas eléctrica articulada con posicionamiento vertical – horizontal.

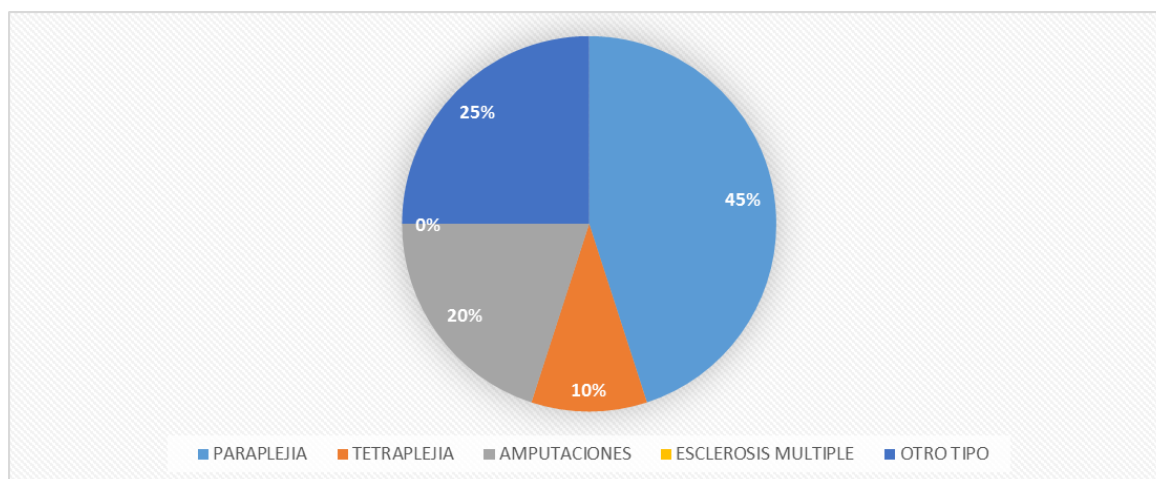
1. ¿Qué tipo de discapacidad física usted padece?

CUADRO 1. Qué tipo de discapacidad física padecen.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
PARAPLEJIA	9	45%
TETRAPLEJIA	2	10%
AMPUTACIONES	4	20%
ESCLEROSIS MULTIPLE	0	0%
OTRO TIPO	5	25%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 1. Qué tipo de discapacidad física padecen.



Elaborado: Autor (2016)

ANÁLISIS

El 45% de las personas encuestadas padecen de paraplejia que es una condición que afecta a la movilidad de sus miembros inferiores, en si todas las condiciones y enfermedades escritas en esta encuesta hacen que una persona necesite usar silla de ruedas.

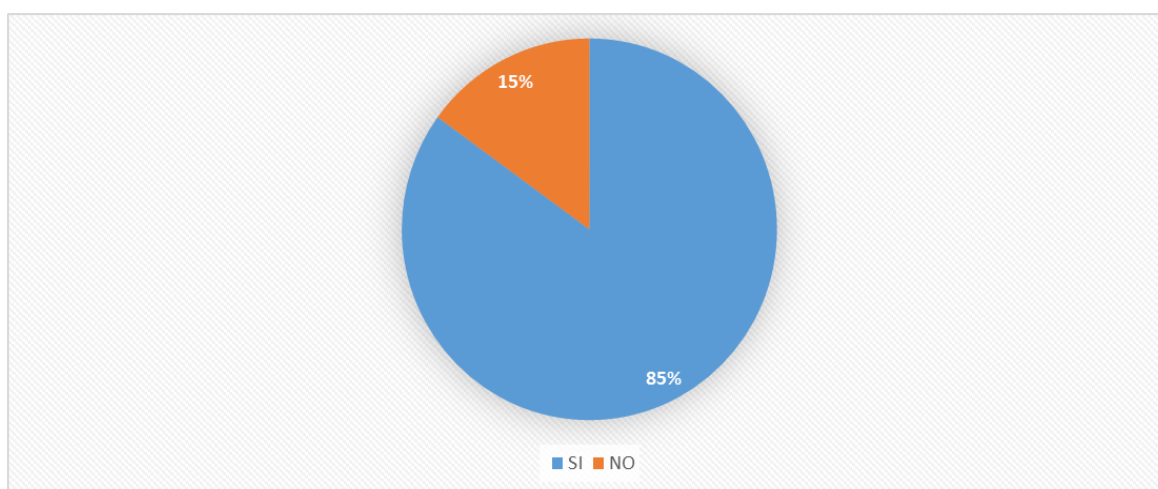
2. ¿Usted posee silla de ruedas?

CUADRO 2. Cuantas personas poseen una silla de ruedas.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	17	85%
NO	3	15%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 2. Cuantas personas poseen una silla de ruedas.



Elaborado: Autor (2016)

ANALISIS

Según los resultados el 85% de las personas encuestadas tienen una silla de ruedas, y el otro 15% no posee.

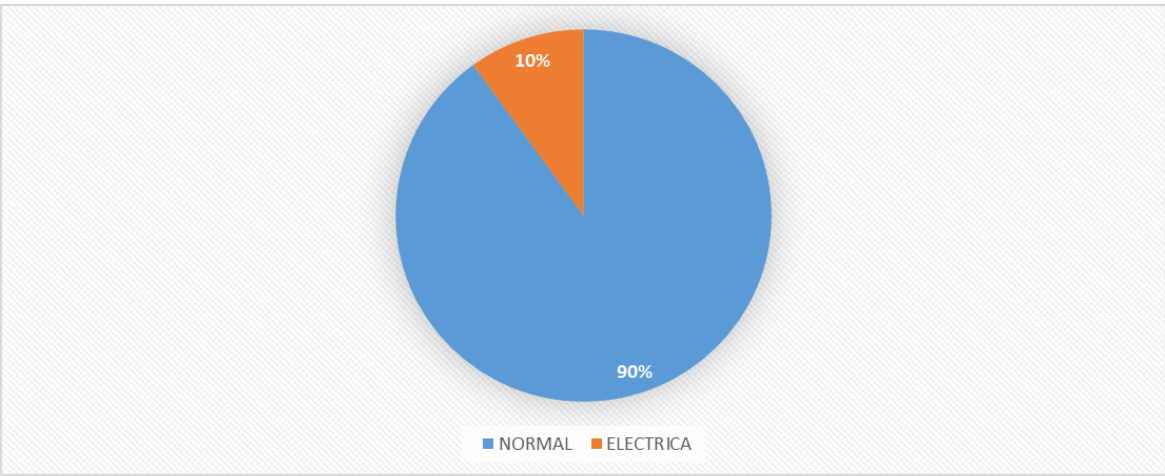
3. ¿Qué tipo de silla de ruedas usted posee?

CUADRO 3. Qué tipo de silla de ruedas poseen las personas encuestadas.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
NORMAL	18	90%
ELECTRICA	2	10%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 3. Qué tipo de silla de ruedas poseen las personas encuestadas.



Elaborado: Autor (2016)

ANALISIS

El 90% de las personas encuestadas es dueño de una silla de ruedas normal, mientras que solo el 10% de ellas tiene una silla de ruedas eléctrica solo con desplazamiento en las ruedas, estas no poseen ninguna articulación que realice algún movimiento.

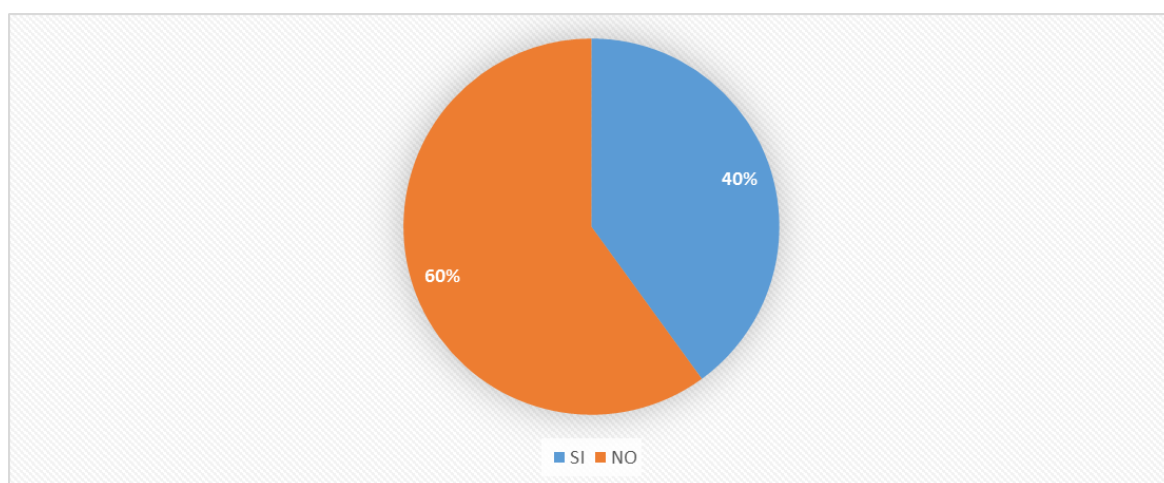
4. ¿Se encuentra usted cómodo con su silla de ruedas?

CUADRO 4. Las personas encuestadas se encuentran cómodas con su silla de ruedas.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	8	40%
NO	12	60%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 4. Las personas encuestadas se encuentran cómodas con su silla de ruedas.



Elaborado: Autor (2016)

ANALISIS

El 60% de las no se encuentran cómodas con su silla de ruedas, ya que no les presta características extras a más de trasladarlos de un lugar a otro.

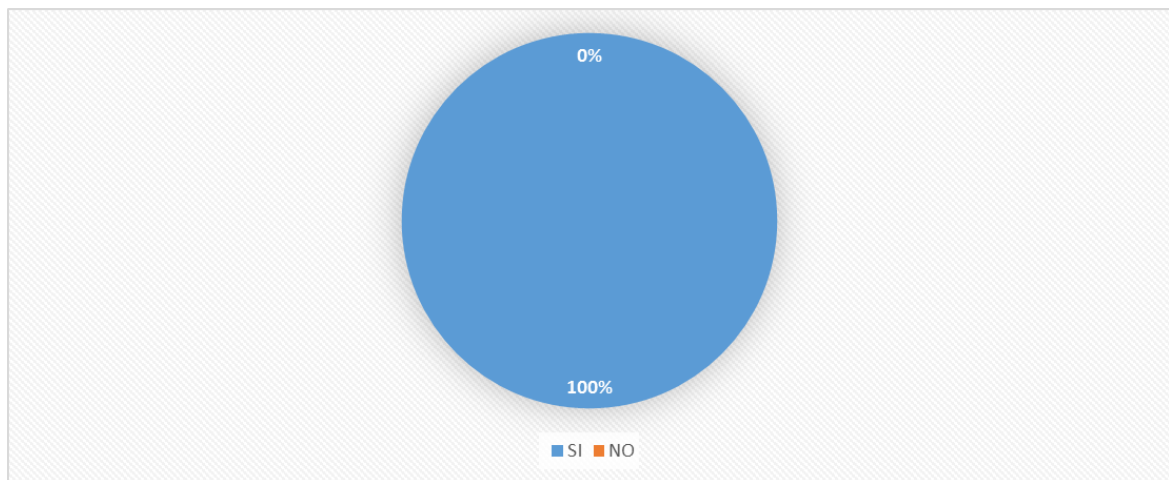
5. ¿Estaría interesado en una silla de ruedas eléctrica que le permita ponerlo en posición vertical y horizontal, sabiendo que le ayudaría a mejorar su calidad de vida?

CUADRO 5. Interés de una silla de ruedas eléctrica con posicionamiento vertical – horizontal.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	20	100%
NO	0	0%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 5. Interés de una silla de ruedas eléctrica con posicionamiento vertical – horizontal.



Elaborado: Autor (2016)

ANALISIS

El total de los encuestados respondieron que, si estarían interesados en una silla de ruedas eléctrica con posicionamiento vertical – horizontal, si esta cumple en la ayuda de mejorar su calidad de vida.

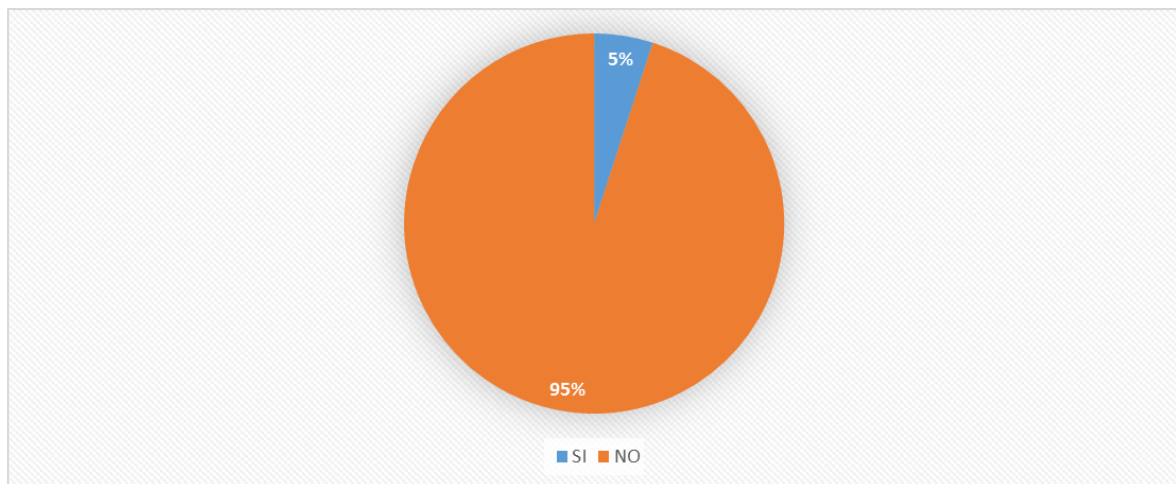
6. ¿Sabía usted que una silla importada con las características antes mencionadas tiene un valor promedio de entre \$9000 - 12000?

CUADRO 6. Sabia el precio de una silla de ruedas importadas.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	1	5%
NO	19	95%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 6. Sabia el precio de una silla de ruedas importadas.



Elaborado: Autor (2016)

ANALISIS

Según el resultado de la encuesta en esta pregunta el 95% de las personas encuestadas ignoraban el precio de una silla de ruedas con las características de las que se presentan en este proyecto.

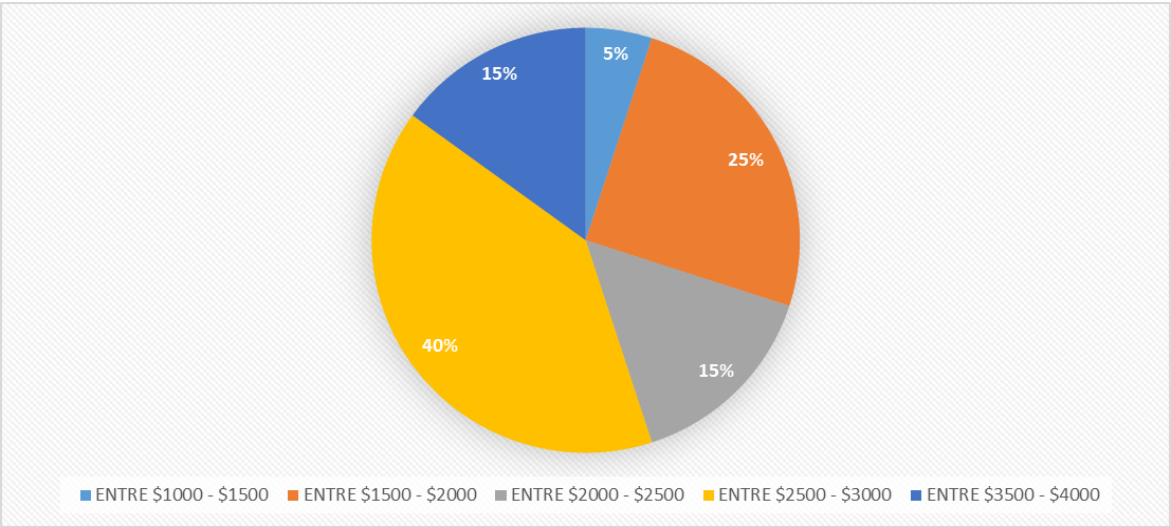
7. Si tuviera la opción de adquirir una silla de ruedas con las mismas características, pero fabricada dentro del país, ¿cuál cree usted que sería el valor adecuado?

CUADRO 7. Valor de adquisición de una silla de ruedas con posicionamiento vertical - horizontal.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ENTRE \$1000 - \$1500	1	5%
ENTRE \$1500 - \$2000	5	25%
ENTRE \$2000 - \$2500	3	15%
ENTRE \$2500 - \$3000	8	40%
ENTRE \$3500 - \$4000	3	15%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 7. Valor de adquisición de una silla de ruedas con posicionamiento vertical - horizontal.



Elaborado: Autor (2016)

ANALISIS

El mayor porcentaje de los encuestados que es el 40% creen que el valor adecuado para la silla de ruedas es de entre \$2500 a \$3000, el segundo porcentaje mayor que es el 25% indico que el precio estaría bien entre \$1500 a \$2000, esto nos da una idea de que el precio de esta ayuda técnica tiene que estar entre esos rangos de precios.

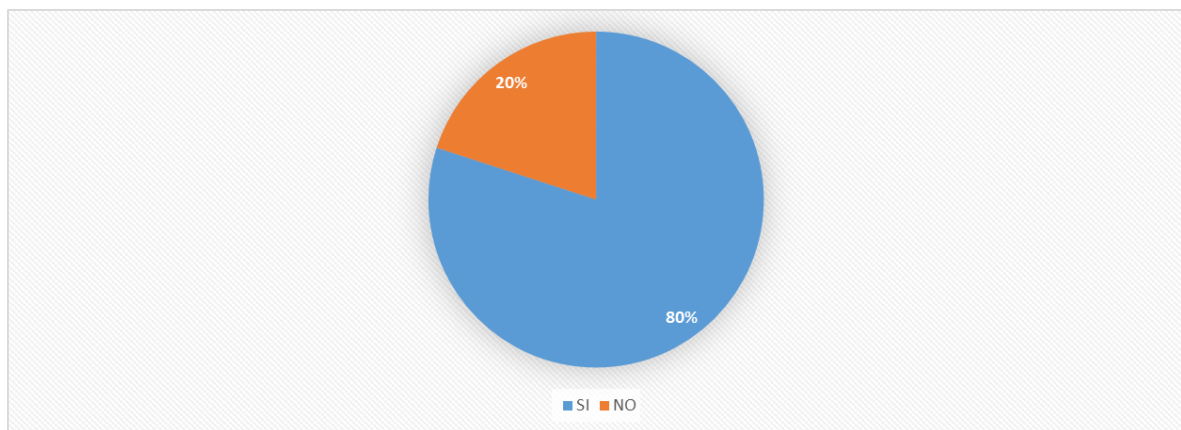
8. ¿Si el precio de la silla está dentro de sus posibilidades usted la adquiriría?

CUADRO 8. Las personas con discapacidad física adquirirían la silla de ruedas con posicionamiento vertical - horizontal.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	16	80%
NO	4	20%
TOTAL	20	100%

Elaborado: Autor (2016)

FIGURA 8. Las personas con discapacidad física adquirirían la silla de ruedas con posicionamiento vertical - horizontal.



Elaborado: Autor (2016)

ANALISIS

El 80% de las personas encuestadas respondieron que si comprarían la silla de ruedas si está si el precio es razonable a lo que se ofrece y está dentro de sus posibilidades de compra, al contrario, el 20% respondió que no porque cualquiera que sea su precio no tendrían el dinero para adquirirla.

ANEXO 9.

Manual de Funcionamiento y Mantenimiento.

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Carrera de Ingeniería Mecánica

Silla De Ruedas Eléctrica Articulada Con Posicionamiento Vertical – Horizontal.

Conjunto.



Elaborado: Autor (2016)

Información General

Antes de iniciar es importante leer detenidamente las instrucciones de funcionamiento y mantenimiento.

Control de Desplazamiento.

- Inicialmente hay que enlazar el Joystick, para lo cual se debe activar el botón de encendido.
- Hay que verificar que todas las baterías estén cargadas, las cuales se dan cuando los indicadores de cargas están encendidos.
- Se debe fijar la velocidad y posición requerida a través de pulsaciones que se dan mediante el respectivo control, ver **DIAGRAMA DEL JOYSTICK.**

- Se debe conocer que el Joystick permite controlar la dirección, posiciones y velocidad de la silla.
- Para reducir la velocidad hay que mover el joystick al centro con posición neutra.
- Se debe ubicar el joystick en posición neutra cuando se requiera detener la silla de ruedas.
- En caso que se requiera detener la silla de ruedas de forma inmediata, se debe pulsar el apagado, teniendo cuidado ya que la misma frenara en forma brusca.

El Manual de Funcionamiento consta de un Plan, en el cual se detalla lo siguiente:

Inicialmente.

- Verificar que el sistema de control este activado.
- Verificar que todas las baterías se encuentren bien cargadas.
- Ajustar la velocidad solicitada mediante el control definido.

Avisos Sonoros.

- Se debe pulsar el botón para activar el aviso sonoro.

Indicadores de carga.

- Se indica que los indicadores de carga se encuentran desconectados si los mismos se hallan apagados
- Se indica que los indicadores de carga se encuentran conectados si los mismos se hallan encendidos.
- Se puede distinguir que la batería se encuentra baja, si los indicadores parpadean de forma lenta.
- Se presenta un error, cuando los indicadores parpadean de forma rápida.

Reglas de seguridad.

- Asegurarse el cuerpo en los puntos de sujeción.
- La silla de ruedas debe ser utilizada por un solo usuario.
- Se recomienda conducir sobre las aceras.
- Practicar como operar la silla eléctrica.

- No cargar ninguna clase de mecanismo, con las baterías que poseen la silla de ruedas eléctrica.

Manejo.

- No abandonar la silla cuando esta se encuentre en movimiento.
- Por seguridad no se debe utilizar la silla en calles o sitios muy traficados o transitados.
- Asegurar que el asiento, espaldar, apoyabrazos, apoyapiés y apoyacabezas se encuentra debidamente instalado.

Diagrama del Joystick.



Fuente: Gaudioso María, Terapeuta Ocupacional, 2015.

Características del Control.

Características	Funciones
Botón 1	Sirve para encender y apagar
Botón 2	Sirve para disminuir la velocidad
Botón 3	Sirve para aumentar la velocidad
Palanca 4	Controla movimiento, dirección y posiciones de la silla
Botón 5	Sirve para activar el claxon
El Numeral 6	Indica la carga de las baterías
El Numeral 7	Indica la velocidad ajustada en ese momento
EL Numeral 8	Sirve para seleccionar las posiciones de la silla

Fuente: TopChair

Elaborado: Autor (2016)

Plan de Mantenimiento.

Detalle de Operaciones	MANTENIMIENTO		
	Diario	Semanal	Mensual
Sistema General			
Verificar si la batería se encuentra cargada.	X		
Verificar que el Sistema de Control se encuentre en buen estado.	X		
Verificar que todos los cables y accesorios, estén bien seguros.	X		
Verificar si esta desgastada la tapicería del asiento, espaldar, apoyabrazos, apoyacabeza y apoyapiés.			X
Verificar la estado de los neumáticos.			X
Limpiar la tapicería.		X	
Verificar si las ruedas giran de manera cómoda.		X	
Inspeccionar y Ajustar los terminales de las baterías.			X
Controlar que todas las conexiones estén fijadas.			X
Verificar que los apoyabrazos, apoyapiés, apoyacabeza estén bien ajustados.			X
Actuadores			
Verificar el funcionamiento correcto.	X		
Limpiar el polvo y suciedades		X	
Inspeccionar que no existan daños, desgastes y roturas		X	
En caso de existir desgaste en las piezas estas pueden ser reemplazadas.		X	
Inspeccionar el correcto funcionamiento y fijación de los cables, vástago, armario y tapones		X	
La vida operativa del actuador se estima en 20 000 maniobras.			
Se debe tener presente que el actuador puede ser lavado solo cuando el vástago del pistón se halle completamente retraído.			
Motores			
Inspeccionar el funcionamiento del Motor	X		
Limpiar polvos y suciedades		X	
Controlar las conexiones eléctricas, mecánicas.		X	
Inspeccionar los ruidos de funcionamiento	X		
La vida operativa se estima en 5 años			
Baterías			
Desconectar el Cable de la Batería		X	
Vida útil de las baterías cada 5 años			
Verificar la cantidad de ciclos posibles más de 1 500 ciclos al 80%			

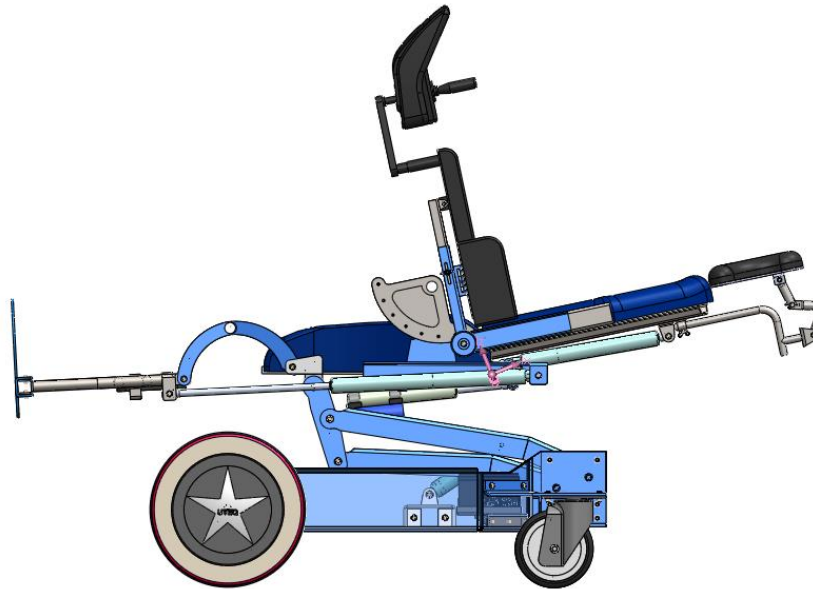
Elaborado: Autor (2016)

ANEXO 10

DEMOSTRACIÓN DEL CENTRO DE MASA O CENTRO DE GRAVEDAD

A continuación, se presenta los datos del centro de masa o centro de gravedad en cada una de las posiciones que puede tomar la silla de ruedas, obtenidos del diseño en conjunto de la misma silla con ayuda del software de diseño mecánico SOLIDWORK.

POSICIÓN HORIZONTAL



Elaborado: Autor (2016)

DATOS OBTENIDO DEL CENTRO DE MASA POSICIÓN HORIZONTAL

Masa = 205403.84 gramos

Volumen = 66325556.40 milímetros cúbicos

Área de superficie = 9268305.71 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = -173.23
Y = 319.35
Z = -141.54

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Medido desde el centro de masa.

lx = (0.89, 0.45, 0.00)	Px = 15225131972.61
ly = (0.26, -0.50, -0.83)	Py = 34946834188.56
lz = (-0.37, 0.74, -0.56)	Pz = 36020252422.48

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.

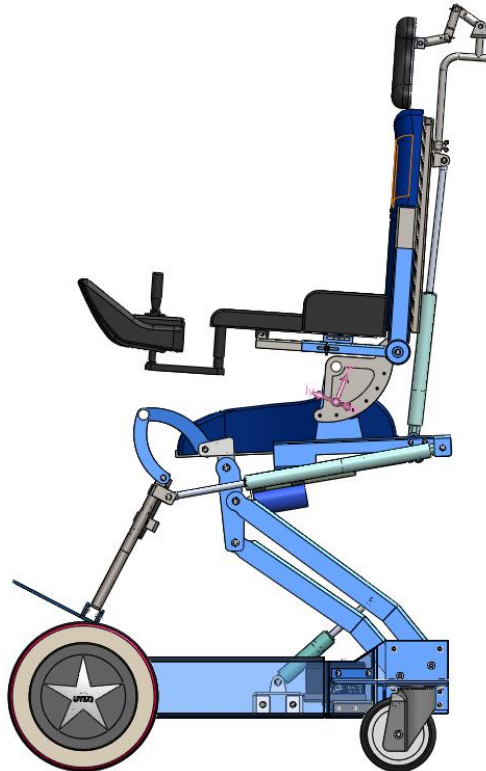
Lxx = 19436726179.51	Lxy = 8271580578.17	Lxz = -144186122.55
Lyx = 8271580578.17	Lyy = 31472574030.91	Lyz = 485390835.51
Lzx = -144186122.55	Lzy = 485390835.51	Lzz = 35282918373.24

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

lxx = 44499553693.89	lxy = -3091781100.12	lxz = 4892227792.29
lyx = -3091781100.12	lyy = 41751727707.57	lyz = -8799009323.52
lzx = 4892227792.29	lzy = -8799009323.52	lzz = 62394926168.07

Elaborado: Autor (2016)

POSICIÓN SENTADA CON ELEVACIÓN



Elaborado: Autor (2016)

DATOS OBTENIDO DEL CENTRO DE MASA POSICIÓN SENTADA CON ELEVACIÓN

Masa = 205403.84 gramos

Volumen = 66325556.40 milímetros cúbicos

Área de superficie = 9268305.71 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = -212.89

Y = 618.06

Z = -141.54

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Medido desde el centro de masa.

$I_x = (0.37, 0.93, 0.00)$ $P_x = 15800422596.38$

$I_y = (-0.73, 0.29, 0.62)$ $P_y = 58050945119.07$

$I_z = (0.57, -0.23, 0.79)$ $P_z = 58792263119.91$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.

$L_{xx} = 52512571272.92$ $L_{xy} = 14619770219.46$ $L_{xz} = -345887485.41$

$L_{yx} = 14619770219.46$ $L_{yy} = 21622435063.35$ $L_{yz} = 105277774.51$

$L_{zx} = -345887485.41$ $L_{zy} = 105277774.51$ $L_{zz} = 58508624499.09$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

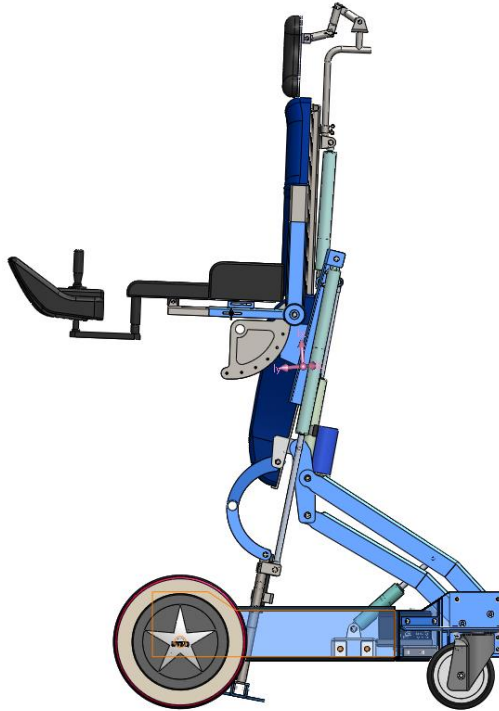
$I_{xx} = 135091964474.48$ $I_{xy} = -12406590763.39$ $I_{xz} = 5843325726.98$

$I_{yx} = -12406590763.39$ $I_{yy} = 35046409371.58$ $I_{yz} = -17863583876.61$

$I_{zx} = 5843325726.98$ $I_{zy} = -17863583876.61$ $I_{zz} = 146282018612.66$

Elaborado: Autor (2016)

POSICIÓN VERTICAL



Elaborado: Autor (2016)

DATOS OBTENIDO DEL CENTRO DE MASA EN POSICIÓN VERTICAL

Masa = 205403.84 gramos

Volumen = 66325556.40 milímetros cúbicos

Área de superficie = 9268305.71 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = -469.06

Y = 694.99

Z = -141.54

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Medido desde el centro de masa.

$I_x = (-0.07, 1.00, 0.00)$ $P_x = 16192292159.70$

$I_y = (-0.88, -0.06, 0.48)$ $P_y = 64407358904.64$

$I_z = (0.48, 0.03, 0.88)$ $P_z = 65457924643.91$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.

$L_{xx} = 64404337255.72$ $L_{xy} = -3436610959.60$ $L_{xz} = -450923573.89$

$L_{yx} = -3436610959.60$ $L_{yy} = 16437641516.99$ $L_{yz} = 105003765.91$

$L_{zx} = -450923573.89$ $L_{zy} = 105003765.91$ $L_{zz} = 65215596935.54$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

$I_{xx} = 167732379673.95$ $I_{xy} = -70396828235.41$ $I_{xz} = 13186007928.99$

$I_{yx} = -70396828235.41$ $I_{yy} = 65744973769.65$ $I_{yz} = -20100451056.21$

$I_{zx} = 13186007928.99$ $I_{zy} = -20100451056.21$ $I_{zz} = 209620998210.17$

Elaborado: Autor (2016)