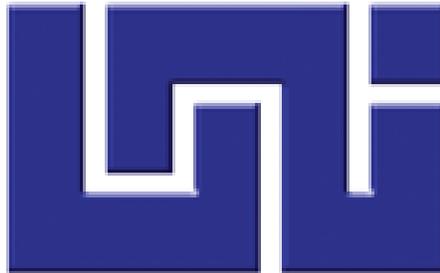


**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**Recinto Universitario Simón Bolívar**  
Facultad de Electrotecnia y Computación



**DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA**  
**PARTIENDO DE UN MODELO DE SILLA DE RUEDAS TIPO**  
**TRANSITO**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Br. Allan Ezequiel Avellán Campos.

Br. Michael Agustín Urbina Silva.

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO ELÉCTRICO**

TUTOR:

Msc. Ramiro Arcia Lacayo

Managua, Nicaragua

## **Dedicatoria**

A Dios, por las bendiciones que ha puesto en mi camino y que me han ayudado a ser una mejor persona en todo el transcurso de mi vida.

A mis padres y mi hermana, por ser un ejemplo de honestidad y fortaleza, por brindarme sus sabios consejos, por apoyarme día a día en las metas que me he propuesto y principalmente por enseñarme a ser una persona de bien.

A mi Esposa e Hijo por ser esas bendiciones que Dios me ha regalado, por ser fuente de inspiración y motivarme a dar lo mejor de mí en cada paso que doy.

**Allan Ezequiel Avellán Campos**

## **Agradecimiento**

A Dios, por haberme permitido cumplir esta meta propuesta en todo este tiempo y por regalarme salud y una familia maravillosa.

A mis Padres: Nasario Avellán Romero y Marisol Campos Ney, por brindarme su inmenso amor, apoyo incondicional y por su esfuerzo para darme la oportunidad de prepararme profesionalmente, los amo mucho.

A mi esposa Claudia Samantha Aguilar Maradiaga e Hijo Adrián Ezequiel Avellán Aguilar, que son la inspiración y la fuerza que me levanta cada día por darme todo el amor y la bendición de estar juntos, por ser mi mejor amiga mi compañera mi todo. Los Amo.

A mi hermana Amy Marisol Avellán Campos por ser una inspiración a seguir en mi vida tanto profesional como emocional.

A nuestro tutor Msc. Ramiro Arcia Lacayo, por confiar en nosotros para la realización de este proyecto y por su dedicación, su paciencia y su guía en todas las etapas de este. A mis amigos, familiares, profesores y demás personas que de una u otra manera aportaron con sus sugerencias, comentarios e hicieron posible alcanzar este logro importante en mi vida.

**Allan Ezequiel Avellán Campos**

## ***Dedicatoria***

Dedico el presente trabajo monográfico principalmente a Dios nuestro señor que nos ha brindado la vida, su amor, sabiduría y suple nuestras necesidades, EL es nuestra fortaleza.

A mi madre Martha Lorena Silva Castellón por su afecto, cariño y apoyo incondicional que me ha brindado desde siempre, por darme ese ánimo que me hace falta para salir adelante.

A mi hermano DR. Edwin Urbina por su apoyo no como hermano si no como padre. Al estar presente siempre en mis dificultades y situaciones negativas.

A mi abuelita Julia Castellón por sus buenos consejos y deseos positivos.

A mi padre Agustín Urbina por su apoyo y consejos.

A mi familia por su apoyo y a todas esas personas que de una u otra manera han hecho posible mi formación.

A nuestro docente y tutor MSC RAMIRO ARCIA quien nos dio su sabiduría para la elaboración total de nuestro proyecto monográfico haciendo así posible el desarrollo del mismo.

**Michael Agustin Urbina Silva**

## ***Agradecimiento***

Agradezco principalmente a Dios nuestro señor por haberme dado la vida y permitirme llegar al cumplimiento de mi formación profesional.

Agradezco a mi madre por su cariño, afecto y manera de apoyarme incondicionalmente, gracias a su sacrificio he podido salir adelante y verme hoy en la finalidad de mi carrera.

Gracias a mis hermanos mayores Edwin y Herald ,pero de manera especial a Edwin por asumir muchas veces el papel de padre en mi vida, por sus consejos .

Gracias a mi abuelita Julia Castellón por estar siempre preocupada por mis angustias y tristezas.

Gracias a mi padre Agustín Urbina por haberme apoyado en el transcurso de la carrera

Gracias a Glenda Massiel Molina por estar ahí apoyándome día a día y brindándome su amor, acompañamiento, cariños , afectos y ánimos.

Gracias al Ing. Noel Velásquez, Juan Villareyna y Allan Arroliga, por sus aportes, recomendaciones y colaboraciones.

Gracias a todas a aquellas personas que han contribuido en mi vida y formación.

Gracias a la universidad por haberme dado la oportunidad de edificarme académicamente.

Gracias al catedrático y tutor MSC RAMIRO ARCIA por brindarnos su asesoramiento, regaños y ánimo en la formación universitaria de cada uno de nosotros. Regaños de los cuales nos han servido para mejorar en este caminar tan duro con mucho ánimo le digo gracias.

**Michael Agustín Urbina Silva**

## **Resumen**

La discapacidad es un problema que llama la atención a los investigadores desde hace varias décadas; por ende se seleccionó el foco:

“Diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica funcional en silla de rueda convencional manual tipo tránsito”; aparte de ser un contenido que permitirá conocer sobre algunas enfermedades que conllevan a esta situación negativa, así como emprender un prototipo funcional y lo medular es que la silla mejorará el estilo de vida y una facilidad en el desplazamiento en éstas. No obviando la parte psico-emocional de las mismas.

El área donde se realizó este estudio, parque Luis Alfonso Velásquez flores. La muestra estuvo conformada por un total de 80 personas discapacitadas.

La finalidad del presente trabajo es que a través de esta idea experimental se pretende beneficiar a la mayor cantidad de personas posibles con dicha condición. Por medio de la silla de rueda tránsito con adaptación electromecánica disminuyendo el costo con respecto a una silla de rueda eléctrica convencional. Considerando una adecuación funcional de la misma y con materiales de fácil adquisición en el comercio y reciclados de equipos inservibles.

El equipo de investigación estará conformado por Michael Agustín Urbina Silva y Allan Ezequiel Avellán Campos estudiantes de Ingeniería Eléctrica Universidad Nacional de Ingeniería de Managua. Con el propósito de recoger información que sea de apoyo para proponer innovación a la sociedad discapacitada.

## ***Título***

Diseño de prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito.

## Índice de contenidos

I.	Introducción.....	1
	1.1 Antecedentes.....	2
	1.2 Planteamiento del problema.....	3
	1.3 justificación.....	4
II.	Objetivos.....	5
III.	Marco teórico .....	6
	3.1 Concepto de silla de ruedas.....	6
	3.2 Tipos de sillas de ruedas.....	7
	3.3 Concepto de Baterías.....	13
	3.4 Componentes considerados para el funcionamiento correcto del sistema motriz.....	16
	3.5 Componentes considerados para la funcionalidad del sistema direccional en la innovación de silla de ruedas para tránsito.....	18
	3.6 Componentes considerados para el funcionamiento óptimo del sentido de rotación del motor.....	20
	3.5 Explicación de los beneficios de la innovación en la silla de ruedas convencional manual tipo tránsito.....	21
IV.	Diseño metodológico.....	22
	4.1 Tipo de estudio.....	22
	4.2 Área de investigación.....	23
	4.3 Estrategias para recopilar información –técnica.....	23
	4.4 Técnicas de análisis y validación de resultados.....	24

4.5	Proceso de innovación en el sistema electro-mecánico.....	25
4.6	Selección de dispositivo que gobernara el sistema direccional de la silla de ruedas eléctrica.....	26
4.7	Proceso de selección de baterías.....	28
4.8	Ventajas y desventajas de este tipo de baterías.....	30
4.9	Cuidado de las baterías.....	31
4.10	Descripción del funcionamiento de la silla de ruedas eléctrica tipo transito (Diseño).....	32
4.11	Consideración del lado de mando.....	34
4.12	Elementos a adaptarse en acople de sistema motriz en eje de silla de ruedas .....	35
V- Descripción de precios y mano de obra (Financiamiento).....		36
5.1	Comparación de silla de rueda eléctrica convencional con silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo transito.....	37
VI- Resultados.....		39
6.1	En el sistema motriz o direccional.....	39
6.2	En el sistema electro-mecánico.....	39
6.3	Corrección de par de arranque alto.....	41
6.4	Beneficios de silla de rueda eléctrica.....	43
6.5	Diagrama de control de cambio de rotación.....	44
6.6	Diagrama de silla de ruedas eléctrica con timer para arranque On-Delay.....	45

<b>VII- Conclusiones.....</b>	<b>46</b>
<b>VIII- Recomendaciones.....</b>	<b>47</b>
<b>IX- Anexos.....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo 1- Silla de rueda original antes de realizar modificaciones.....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo2- Ruedas adaptadas a silla de ruedas eléctrica.....</b>	<b>49</b>
<b>Anexo 3- Horquilla de bicicleta que se había adaptado a silla de ruedas eléctrica.....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 4- Pulsador de doble sentido adaptado a balineras para sistema direccional.....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo 5- Baterías de 12 Vdc Adaptadas.....</b>	<b>52</b>
<b>Anexo 5.1- Parte de silla de ruedas en que se adaptaron baterías.....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 6-Tabla de precios de elementos y mano de obra.....</b>	<b>54</b>
<b>Anexo7- Graficas de resultados de velocidad de silla de ruedas eléctrica con carga(Usuario).....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 8- Ruedas de silla de ruedas tipo transito originales.....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo 9- Barra que conecta el sistema direccional.....</b>	<b>57</b>
<b>Anexo 10- Cargador de baterías con su controlador de carga.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo11- Proceso de adaptación de elementos a silla de ruedas eléctrica.....</b>	<b>59</b>
<b>Anexo11.1- Motor y sistema de transmisión.....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo 11.2- Proceso de adaptación Baterías.....</b>	<b>61</b>

<b>Anexo 12- Maquina fusionadora de la que se tomo el motor que se adapto a silla de ruedas manual tipo transito.....</b>	<b>62</b>
<b>Anexo 12.1- Parte de maquina fusionadora.....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo 12.2- Parte de maquina fusionadora lado derecho.....</b>	<b>64</b>
<b>X- Bibliografía.....</b>	<b>65</b>

## I. Introducción

Hoy en día existe una gran cantidad de personas con distintas discapacidades físicas que no les permiten desarrollarse plenamente dentro de la sociedad. Estas personas se encuentran bajo dicha circunstancia ya sea por condiciones congénitas o por causas accidentales y dependiendo del grado de su discapacidad, necesitan diferentes tipos de dispositivos que les faciliten el proceso de convivencia social de una forma más natural y sin sentirse excluidos de su ambiente inmediato.

Estos dispositivos auxiliares tienen la característica en común de que con el paso del tiempo mejoran sus atributos tecnológicos y han permitido que estas personas se desarrollen de una manera incluyente, ayudándolas tanto física como moralmente. Muchas de las tecnologías nuevas son hoy en día aún muy caras y no cualquier persona puede recurrir a este tipo de ayuda, por lo que el desarrollar nuevos dispositivos a un costo menor es un objetivo muy importante y trascendental. Por ende la propuesta de innovación en una silla convencional manual tipo tránsito.

*El verdadero sentido de esta investigación científica es elaborar Diseño de prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito, sencilla y de bajo costo, en comparación con las originales que son de alto valor, y así resulte un emprendimiento de vehículos que ayuden a las personas con discapacidad física en específico personas con funciones reducidas en sus extremidades inferiores, utilizando sus miembros superiores para un mejor control de la silla de ruedas eléctrica funcional y por ende un mejoramiento en su calidad de vida; tanto en su contexto, desplazamiento, independencia, así como emocional.*

## **1.1 Antecedentes**

En base a ciertas investigaciones que se llevaron a cabo en diferentes sitios web y materiales impresos, se constató que habían un sin número de trabajos y videos relacionados con el nuestro; los cuales analizándolos detenidamente, uno de éstos nos motivó a llevarlo a cabo de manera similar, no obviando que somos estudiantes sin ninguna experiencia, pero el reto estará ahí, en hacer funcional la silla de ruedas. En el año 2013 en la Universidad Nacional Autónoma de México facultad de ingeniería se realizó un estudio titulado: Diseño y fabricación de una silla de ruedas eléctrica modular para un paciente con Amelia Congénita. Donde se abordan aspectos muy importantes sobre la temática.

También se investigó en el área donde aplicamos instrumentos (Encuesta, entrevista, observación), pero no se logró encontrar ningún trabajo relacionado con la temática de este trabajo.

## 1.2 Planteamiento del Problema

La problemática que se observa en personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores y la falta de independencia de éstas, nos ha motivado a proponer una silla de ruedas manual innovadora, económica la cual vendrá a mejorar la calidad de vida de estas personas y al lograr esto, permitirá que ellas también mejoren en el aspecto psicológico y emocional.

De acuerdo a lo expresado anteriormente se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo valorar el Diseño de prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito?

### **1.3 Justificación**

Nuestro estudio de investigación pretende realizar el Diseño de prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito.

Se seleccionó este contenido para la elaboración de este trabajo de Monográfico de Investigación, porque se considera que es un tema emprendedor y que tendrá un gran impacto en las personas que presentan discapacidad en sus extremidades inferiores, así como en el resto de la comunidad. Y principalmente será de gran beneficio para los interesados en ayudar a éstas, en cuanto a su mejor movilidad, desplazamiento, calidad de vida tanto física, psicológica, mental, y emocional. Con seguridad este trabajo proporcionará aportes significativos de manera integral a estas personas; quienes son los principales protagonistas de esta investigación, es decir que éstos resuelvan problemas cotidianos en su vida diaria y puedan desenvolverse de forma veraz y eficiente.

## **II. Objetivos**

### **General:**

Diseño de prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito.

### **Específicos:**

- Realizar el diseño de un prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito
- Describir el funcionamiento del prototipo de silla de rueda convencional manual tipo tránsito.
- Explicar el proceso y los beneficios del diseño en silla de ruedas convencional manual tipo tránsito.
- Proyectar los costos del diseño e implementación del mismo.

### **III. Marco Teórico**

#### **.3.1 Concepto de silla de ruedas**

La silla de ruedas es un dispositivo técnico utilizado por personas con una discapacidad motriz que implica reducción o pérdida de la locomoción. (ortopedia,2017) .

Las sillas de ruedas permiten desplazarse a personas que tienen una movilidad reducida o problemas de locomoción causados por una lesión o enfermedad física tal como tetraplejía o paraplejía o por una enfermedad psicológica.

Las sillas de ruedas están indicadas para permitir el desplazamiento de una persona que ha perdido la capacidad de deambulación, o cuando ésta ya no resulta funcional. Habrá casos en los que será la única forma de desplazamiento y otros en los que solo se empleará en circunstancias concretas, (por ejemplo, distancias largas). El uso de la silla de ruedas permitirá tener una mayor autonomía en su vida diaria, y propiciará el desplazamiento al lugar de trabajo, asistencia a actividades de ocio y esparcimiento, mantener contactos con amigos y familiares.

## **3.2 Tipos de silla de ruedas**

### **1. Sillas de ruedas manuales**

- Asiento con respaldo y ruedas laterales que permiten el desplazamiento mediante empuje manual. Se fabrican en acero cromado o lacado, aluminio y fibra de carbono. Pueden ser estándar o a medida, y diseñadas tanto para adultos como para niños.

- Pueden usarse en interiores, exteriores o de forma mixta.

- Su principal ventaja reside en la variedad de accesorios existentes, ofreciendo la posibilidad de amoldar la silla a cada necesidad. Son las más ligeras (10 - 20 Kg. aprox.).

#### **1.1 Silla de ruedas autopropulsadas**

- Estas sillas incorporan aros para que puedan ser propulsadas por el propio usuario en situación de dependencia, o bien pueden ser impulsadas por el cuidador o acompañante.

- Si el usuario no puede mover la silla con la suficiente soltura no se recomienda este tipo de sillas, ya que son más anchas y pesadas que la misma versión en rueda pequeña. Será más práctica y manejable una silla sin aros.

- Para una utilización de la silla mixta (uso en interiores y en exteriores) se recomienda la adquisición de sillas con ruedas posteriores de diámetro grande que facilita su utilización en exteriores (subir y bajar bordillos).

- Para el uso en interiores, si tenemos problemas de espacio se recomienda que las ruedas traseras tengan un mecanismo de extracción y unas pequeñas ruedas de tránsito, que nos permitirán hacer que la silla sea más estrecha.

## **1.2 Silla de ruedas no autopropulsadas**

- Sólo pueden ser propulsadas por el cuidador o acompañante. Sus ruedas traseras son de menor tamaño, pueden ser medianas o pequeñas. Las hay plegables y fijas. Los modelos con asiento y respaldo flexible, se pliegan (25 - 35 cm de ancho) en tijera favoreciendo así la portabilidad.

## **2. Sillas de ruedas eléctricas**

- Esta silla es impulsada por una fuente de energía eléctrica. Pueden ser de interior, de exterior o mixtas y de tracción delantera, trasera y total. Están ideadas para personas con imposibilidad o severa dificultad para caminar, capaces de manejarlas y que quieran aumentar su autonomía para los desplazamientos.

- Existen dos tipos de baterías. Las de ácido son algo más baratas y poseen más capacidad de almacenamiento de energía. Sin embargo, deben rellenarse con agua destilada y tienen el riesgo de que el ácido se derrame. Las baterías de gel son más seguras, pero con menor capacidad de almacenamiento. La batería permite una autonomía de unos 30 km a una velocidad de unos 10 - 14 km/h. El mando de dirección manual suele ser tipo joystick.

### Pueden incorporar un gran número de accesorios:

- Sistema antivuelco.
- Capacidad para superar bordillos de unos 5 - 10 cm.
- Capacidad para subir pendientes del 15 - 20%.
- Amortiguadores.
- Luces (delantera, trasera, intermitente).
- Claxon.
- Indicador de batería.
- Asiento y respaldo reclinables manual o eléctricamente.
- Existen modelos para niños y adultos. Los mandos de control pueden instalarse para que sean utilizados por el usuario (habitualmente con la mano), y/o por el acompañante. Suelen ser desmontables (50 cm de ancho y 60 cm alto) y los modelos más sencillos también plegables (60 cm de ancho).

- Hay sillas de ruedas todo terreno para su uso en el campo.
- Su coste es elevado, son más grandes y requieren más mantenimiento que las sillas de ruedas manuales. Son pesadas (de 40 hasta 100 kg), siendo necesario para su transporte un vehículo adaptado o proceder a desmontarlas. Tanto si se utiliza en el domicilio como si se va a utilizar únicamente para desplazamientos exteriores, hay que disponer de un lugar para almacenarla.

### **3.3 Sillas de ruedas de bipedestación**

Son sillas de propulsión manual o eléctrica que permiten al usuario ponerse de pie en su propia silla. Realiza la subida o la bajada con un mando electrónico que suele estar acoplado en el apoyabrazos. Están provistos de medidas de sujeción como petos, cinturones pélvicos y apoyos de rodilla. Permiten ponerse en pie a usuarios que no pueden hacerlo por sus propios medios, pudiéndose así beneficiar de esta postura. Es importante tener en cuenta que cuanto menor sea el control motor y postural del usuario, mayores tendrán que ser las medidas de sujeción.

### **3.4-Sillas manuales para tránsito (Este tipo de silla es el que se utilizara para el diseño de una silla de ruedas eléctrica)**

Las sillas manuales para tránsito generalmente tienen ruedas traseras pequeñas sin bordes para empujar. Estas sillas de ruedas son más probablemente vistas en edificios como aeropuertos y hospitales obligatoriamente la persona con discapacidad depende de un ayudante para la movilidad de la misma.

En la figura muestra nuestro modelo original el cual se realizara un sin número de adecuaciones de las cuales surgirá una innovación paulatina.



(Fuente Propia) Imagen 1

Datos característicos del modelo de silla de transito utilizada en el prototipo.

Peso de la silla de ruedas para transito	26 libras
Ancho del asiento	17 ", 19"
Profundidad del asiento	16"
Altura de asiento a piso 19 "	
Ancho promedio	21,5 ", 23,5"
Longitud total	33 "
Altura total	36 "
Ancho plegado	10 "
Color del marco	Negro
Tamaño de rueda delantera	8 "
Tamaño de rueda trasera	8 "

Tipo de eje	Fijo
Apoyabrazos	Longitud total
Altura trasera	18 "
Tipo de tapicería	Nylon
Color de la tapicería	Negro
Reposapiés	Swingaway

(Fuente propia). **Tabla 1**

## 4.1 Concepto de baterías

Una batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente pila, batería o acumulador, es un dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica. Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo, un electrodo negativo, o cátodo, y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, permitiendo que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función, alimentar un circuito eléctrico.

Las baterías se presentan en muchas formas y tamaños, desde las celdas en miniatura que se utilizan en audífonos y relojes de pulsera, a los bancos de baterías del tamaño de las habitaciones que proporcionan energía de reserva a las centrales telefónicas y ordenadores de centros de datos.

### Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en un proceso químico reversible llamado reducción-oxidación (también conocida como redox), en el que uno de los componentes se oxida (pierde electrones) y el otro se reduce (gana electrones); es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que meramente cambian su estado de oxidación y, que a su vez pueden retornar a su estado original en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de las baterías y pilas recargables, el cierre del circuito externo durante el proceso de descarga y la aplicación de una corriente externa durante la carga.

Se distinguen dos tipos de celdas:

- **Primarias.** Aquellas que, una vez producida la reacción, no pueden volver a su estado original, agotando así su capacidad de almacenar corriente eléctrica.
- **Secundarias.** Aquellas que pueden recibir una inyección de energía eléctrica para restaurar su composición química original, pudiendo así ser empleadas numerosas veces antes de agotarse del todo.

### **Tipos de baterías**

Existen muchos tipos de baterías, atendiendo a los elementos empleados en su fabricación, tales como:

- **Baterías alcalinas.** Comúnmente desechables, emplean hidróxido de potasio como electrolito, junto con zinc y dióxido de magnesio para suscitar la reacción química que produce energía. Son sumamente estables, pero de corta vida.
- **Baterías de ácido-plomo.** Comunes en vehículos y motocicletas, son pilas recargables que poseen dos electrodos de plomo. Durante la carga, el sulfato de plomo en su interior se reduce y deviene plomo metal en el ánodo, mientras en el cátodo se forma óxido de plomo. El proceso se invierte durante la descarga.
- **Baterías de níquel.** De muy bajo coste pero pésimo rendimiento, son algunas de las primeras en manufacturarse en la historia. A su vez, dieron origen a nuevas baterías como:
  - **Níquel-hierro (NI-FE).** Fáciles y económicos de fabricar, consistían en tubos finos enrollados por láminas de acero niquelado. En el interior de los tubos se usaba hidróxido de níquel y como electrolito potasa cáustica y agua destilada. Sin embargo su rendimiento no superaba el 65%.

- **Níquel-cadmio (NI-CD).** Con ánodo de cadmio y cátodo de hidróxido de níquel, e hidróxido de potasio como electrolito, estos acumuladores son perfectamente recargables, pero presentan baja densidad energética (apenas 50Wh/kg).
- **Níquel-hidruro (Ni-MH).** Emplean hidróxido de níquel para el ánodo y una aleación de hidruro metálico como cátodo, fueron las pioneras en usarse para vehículos eléctricos, dado que son perfectamente recargables.
- **Baterías de iones de litio (Li-ION).** Las baterías más empleadas en la electrónica de pequeño tamaño, como celulares y otros artefactos portátiles. Destacan por su enorme densidad energética, sumados a su liviandad, pequeño tamaño y buen rendimiento, pero poseen una vida máxima de tres años. Además, al sobrecalentarse pueden explotar, ya que sus elementos son inflamables.
- **Baterías de polímero de litio (LiPo).** Variación de las ordinarias baterías de litio, presentan mejor densidad de energía y mejor tasa de descarga, pero presentan el inconveniente de quedar inutilizadas si pierden su carga por debajo de 3 voltios.

En este caso se utilizará una batería del tipo AGM (de vidrio absorbente) marca RITAR que normalmente son utilizadas en sistemas fotovoltaicos, se eligió este tipo de batería por su capacidad de descarga paulatina, es decir que su descarga no es inmediata, en comparación con las baterías utilizadas en los vehículos que entregan su máxima capacidad en milisegundos para accionar el motor de arranque del vehículo.

Una característica importante de las baterías selladas es que son a prueba de derrame el electrolito gelificado no puede derramarse ni aun en caso de rotura

### 3.6 Componentes considerados para el funcionamiento correcto del sistema motriz

Elemento	Función
Moto reductor	Es la combinación de un motor de corriente eléctrica y una caja de transmisión que se utiliza en la reducción de velocidad y al mismo tiempo el aumento de su momento o par de torsión.
Batería	Elemento electroquímico que alimenta al motor eléctrico
Plato de estrellas de bicicleta	Se componen de engranajes que engranan la cadena de la bicicleta para la transferencia de potencia (usualmente) a la rueda trasera. (Platos_y_bielas ,2017).
Coplin	Elemento que une al engranaje mecánico con el motor eléctrico
Bushing	Es el elemento de una maquina donde se apoya y gira un eje. Puede ser una simple pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión
Motor Eléctrico	Elemento que convierte la energía eléctrica en energía mecánica
Interruptor de doble sentido	Dispositivo eléctrico que invierte el sentido de la corriente, haciendo retroceder o adelantar dirección

Cadena de Transmisión	Se usan para transmitir el movimiento de los pedales a la rueda en las bicicletas o dentro de un motor para transmitir movimiento de un mecanismo a otro. Por ejemplo del cigüeñal al árbol de levas.
Relés	Son dispositivos eléctricos que se utilizaran para el cambio de giro de el motor eléctrico (Adelante y Atrás)
Cargador de batería	Aparato que sirve para recargar una batería descargada haciendo circular una corriente continua, de tensión ligeramente superior a la de la misma batería, en sentido opuesto al de la corriente de descarga.

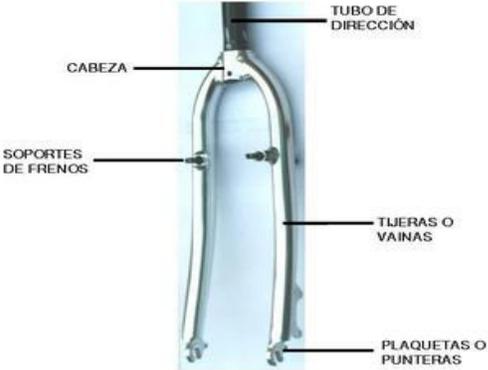
(Fuente propia) Tabla-2

Cabe destacar que este cargador de batería se construyo con elementos reciclados tomando transformadores de una UPS vieja, para así reducir costos de fabricación.

Para tener una recarga de baterías más eficiente y más segura se compro un controlador de carga, Para poder cargar las baterías de un modo seguro los controladores de carga desempeñan un papel fundamental tanto en el proceso de carga como en el de descarga de las baterías.

El controlador de carga es el que limita la energía que se le suministra a la batería ya que cuando la batería ya está cargada, si se le sigue suministrando energía, se caliente y se podría generar una situación peligrosa.

### 3.7 Componentes considerados para la funcionalidad del sistema direccional en el diseño de silla de ruedas para tránsito.

Elemento	Función
Horquilla de bicicleta	<p>Pieza formada por el tubo de dirección que sujeta el buje de la rueda delantera; puede ser fija o con suspensión.. Por esto podemos decir que forma parte tanto del sistema estructural como del de dirección, puesto que proporciona el equilibrio y es el timón principal de la bicicleta.</p>  <p>(direccion estructural 2017)</p>

(Fuente propia) Tabla-3

---

Elemento	Función
Parte de Rodamientos de un Motor eléctrico	Se utilizó para adaptarse al sistema direccional de la silla de ruedas para una mayor suavidad en la manipulación de la dirección.

(Fuente propia) Tabla-4

En este caso se descarta la Horquilla de la bicicleta ya que al instalarla al sistema de dirección de la silla se tiene que hacer un mayor esfuerzo para la manipulación. Es por esto que se decide adaptar una parte de rodamientos de un motor eléctrico ya que brinda una mayor suavidad al manipular la dirección de la silla y a la vez queda acoplada al interruptor de doble sentido para que el mismo sirva como timón para ir hacia la derecha o izquierda.

### 3.8 Componentes considerados para el funcionamiento óptimo del sentido de rotación del motor.

Elemento	Descripción
Relé de doble contacto	Dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. (accionamientos,2017)
Pulsador de palanca de dos estados	También llamados interruptores momentáneos. Este tipo requiere que el operador mantenga la presión sobre el actuante para que los contactos estén unidos. (pulsadores wikipedia, 2017)
Multiconductor TSJ	Multiconductor eléctrico flexible formado por cordones de hilos de cobre suave y trenzados en haz. Los conductores tienen un aislamiento termoplástico de cloruro de polivinilo (PVC) y una cubierta de nylon. Adicionalmente, todo el conjunto está protegido por una cubierta externa de material termoplástico de PVC. (ficha tecnica ferreteria jenny 2017)

(Fuente propia) Tabla-5

### **3.9 Explicación de los beneficios del diseño en la silla de ruedas convencional manual tipo tránsito.**

- \* Entre los beneficios conservar su energía física de los discapacitados para otras actividades que éstos realicen, provistos de la adaptación de un sistema electro-mecánico y un sistema direccional con la ocupación de algunos elementos reciclados como por ejemplo: el tubo de dirección y la horquilla de una bicicleta shimano número 26 entre otras cosas.
- \* Otro beneficio sería la independencia, movilidad y fácil desplazamiento de un lugar a otro y esto los ayudará tanto física como emocionalmente.
- \* Fácil manejo, fácil mantenimiento.
- \* Precio accesible en comparación a las sillas de ruedas eléctricas tradicionales.
- \* Es funcional porque su sistema es sencillo comparado con las sillas antes mencionadas que cuentan con módulos electrónicos gobernados por un joystick y la propuesta será gobernada por un sistema de relés.

## IV Diseño metodológico

### 4.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio es Prospectivo, porque se registra la información según va ocurriendo y es Descriptiva porque éstas van dirigidas a determinar cómo es, cómo está la situación de las variables o estudios en una población; la presencia o ausencia de algo, la frecuencia con que ocurre un fenómeno, en quiénes, dónde y cuándo se están presentando. Proporcionan las bases cognoscitivas para otros estudios, para posibles hipótesis a comprobar o rechazar y describe un hecho real, *el Diseño de prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito.*

Se establece que el estudio descriptivo permite obtener información acerca de los estados actuales del fenómeno, además va más allá de la simple recolección de datos, de un proceso de análisis e interpretación desde un marco teórico que se realizó, permitiendo explicar cómo, cuándo, dónde y por qué ocurre un fenómeno social. La información recopilada tiene carácter descriptivo y se trató de ir directamente a las fuentes productoras de la información, por lo que puede afirmarse que el estudio fue trabajado en gran parte con técnicas cualitativas. Por ejemplo. Observación, entrevista, encuesta y revisión documental.

Esta investigación es de corte transversal porque se desarrolló en el período comprendido del I semestre del año 2018.

## 4.2 Área de investigación

Parque Luis Alfonso Velásquez flores área de canchas especiales de baloncesto para personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores, distrito I Managua.

✓ Selección de muestra o fuentes de información.

La población seleccionada para la investigación:

Personas usuarias de sillas de rueda del departamento de Managua 754 personas, según el MINSA.

Población de nuestra investigación parque Luis Alfonso Velásquez flores 80 personas

La muestra está formada por:

- 1 Entrenador guía
- 79 Jugadores de ambos sexos

Al sumar la muestra se totalizan 80 personas que colaboraron con la investigación.

## 4.3 Estrategias para recopilar información –técnicas

Los métodos empíricos a utilizar en la investigación son:

- Entrevistas
- Encuesta
- Revisión Documental

Entrevistara al entrenador con la finalidad de conocer su opinión sobre las patologías y dificultades de movilidad en su vida cotidiana

Encuesta a los discapacitados para conocer qué opinan sobre el Diseño de prototipo de silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito.

#### **4.4 Técnicas de análisis y validación de resultados**

Para obtener el análisis de la información, se hará la recopilación de la información obtenida de acuerdo con cada uno de los propósitos de la investigación y los resultados obtenidos de las fuentes, lo que consistió en comparar lo observado, lo que dice la fuente, contrastándola con lo que dice la teoría para dar salida a los propósitos.

Tomando en cuenta la viabilidad de implementar un motor eléctrico para la silla de ruedas tenemos con opciones existentes Motores DC y Motores AC. Debido a que un motor AC requiere de aparatos de conversión de la onda sinusoidal para su operación autónoma y así poder aplicarlo a la silla de ruedas, este resulta de manera técnica y económica no factible. Es por ello que se propone implementar un motor reductor de 120 rpm DC con acumuladores para lograr el desplazamiento de la silla de ruedas tipo tránsito.

#### 4.5 Proceso de Diseño en el sistema electro-mecánico.

##### Selección del Motor Eléctrico

Tenemos dos Opciones:

Motor DC (gearsmotor, reductor)	Motor AC (Baja Velocidad)
Este motor es adecuado para la aplicación en silla de ruedas ya que tiene alto torque y baja velocidad, además que el sistema eléctrico de control de velocidad será simple y económicamente accesible	Las RPM de este motor son bajas pero necesita control de velocidad, dicho control necesita de componentes electrónicos tales como microprocesadores los cuales tienen un alto costo, por esa razón no es el adecuado para el diseño que se realizará dado a que el propósito es hacerla lo más económicamente accesible
Un motor reductor de 120 rpm DC solo necesitaría acumuladores para su autonomía ya que trabajaría perfectamente con voltaje DC sin necesidad de sistemas electrónicos adicionales	Este motor necesita de un sistema de Rectificación de la señal sinusoidal (Inversores) para su operación autónoma en la silla de ruedas, por esta razón este motor técnica y económicamente resulta no factible

(Fuente propia) Tabla-6

Al hacer las comparaciones para la aplicación de estos dos motores en la silla de rueda, llegamos a considerar más viable tanto técnica como económicamente el motor DC (Gearsmotor).

#### 4.6 Selección del Dispositivo que gobernara el sistema direccional de la silla de ruedas eléctrica

Interruptor de Doble sentido- con Relés	Joystick
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El interruptor de doble sentido tiene tres posiciones (marcha adelante, punto muerto y marcha atrás), y una palanca la cual se puede aprovechar para usarla como timón para controlar la dirección derecha e izquierda.</li> <li>- Tiene un costo mucho menor con respecto a él joystick.</li> <li>- No es necesario la aplicación de muchos elementos electrónicos para el control de marcha adelante y atrás, basta con dos pares de relés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene la capacidad de gobernar cuatro direcciones como son marcha hacia adelante, marcha hacia atrás, hacia la derecha y hacia la izquierda.</li> <li>- Necesita de dos motores eléctricos uno en cada rueda trasera para poder ir hacia la derecha o hacia la izquierda, lo que significa un mayor costo</li> <li>- Lleva un sin número de dispositivos electrónicos para su correcto funcionamiento.</li> </ul>

(Fuente propia) Tabla-7

En esta comparación se puede notar las diferencias entre los elementos, los beneficios en la aplicación de la silla de ruedas eléctrica, el cual el objetivo principal además de que sea funcional es que su costo sea mucho menor con respecto a las sillas de ruedas eléctricas convencionales que hay en el mercado.

Ya teniendo claro el objetivo de este proyecto el dispositivo ideal para la aplicación en la silla de ruedas eléctrica es el interruptor de doble sentido por su precio y su sencillez de instalación porque no necesita de elementos electrónicos complejos ni de un motor eléctrico extra para el control direccional.

#### **4.7 Proceso de selección de baterías**

Para el prototipo de una silla de ruedas eléctrica, se necesita una batería resistente a vibraciones y anti derrames para hacer el manejo de la misma mas segura, también se necesita de una batería la cual su carga dure más tiempo, es decir que tenga la capacidad de trabajar por periodos largos de tiempo.

Por esta razón se descarta las baterías que se utilizan en los vehículos automotores de Diesel o Gasolina, ya que estas entregan toda su carga en milisegundos para poder accionar el motor de arranque del vehículo, quedando descargadas dependiendo del alternador para poder recuperar su capacidad.

Sabiendo las características necesarias que debe tener la batería que se aplicara en este proyecto, analizando y estudiando todos los tipos de baterías posibles, se llega a la conclusión de que la batería ideal serian las que utilizan los sistemas fotovoltaicos, ya que estas cuentan con una capacidad de entrega de carga por un tiempo bastante prolongado, son anti derrames incluso habiendo rotura no se derrama porque el electrolito esta gelificado. Es por esto que se decide utilizar el tipo Plomo/AGM.

La tecnología AGM fue desarrollada en 1985 para los aviones militares que buscaban reducir el peso y aumentar la capacidad de carga de los aviones. En las baterías de tipo AGM el ácido sulfúrico de cada vaso es absorbido por una capa muy delgada de fibra de vidrio comprimida con el aspecto de un fieltro, que asegura los problemas frente a posibles derrames de ácido en caso de rotura. Son baterías mucho más seguras frente a vibraciones y posibles roturas, y por esta razón se suelen escoger en vehículos de competición.

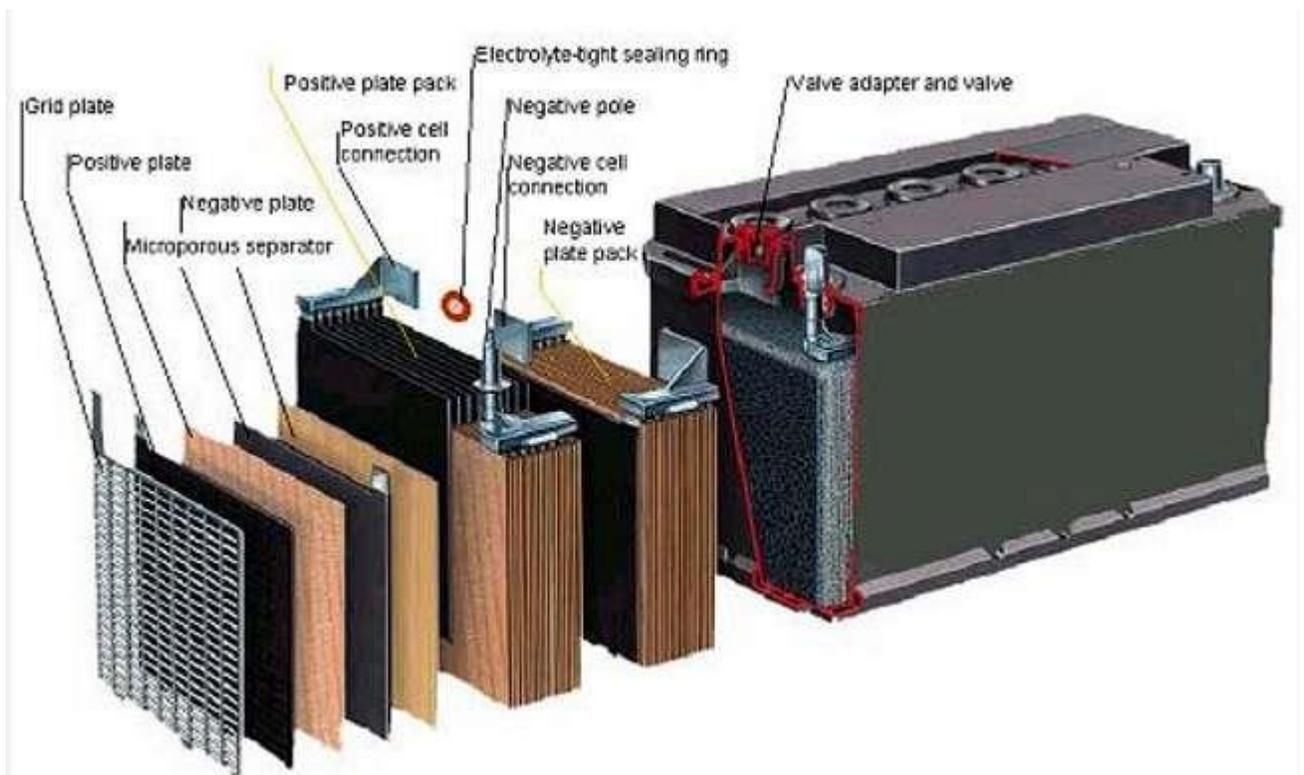
Por esta razón las baterías AGM pueden ser transportadas de forma mucho más segura y sin restricciones por peligrosidad. Cada vaso puede se fabricado de forma rectangular o enrollados en forma cilíndrica.

Las baterías AGM tienen una resistencia interna muy baja que las permite entregar corrientes muy altas y tienen además una vida útil bastante larga, incluso

al someterlas a ciclos de descarga profundos. Las AGM son baterías selladas estancas sin mantenimiento, y como ya hemos comentado, más ligeras que las baterías de ácido-plomo normales.

Además se comportan bastante bien incluso con bajas temperaturas lo cual se agradece en invierno, y ofrecen una auto descarga reducida. Pero las ventajas de las AGM continúan frente a las normales pues admiten una recarga de hasta 5 veces más rápida, en caso naturalmente de que nuestro cargador entregue suficientes amperios.

### Ciclo profundo



(Fondear.org) Imagen-2

**4.8 A continuación se muestran las ventajas y desventajas de este tipo de baterías:**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selladas y seguras frente a posibles derrames.</li> <li>- Alta potencia específica. Capacidad de ofrecer corriente muy Fuertes.</li> <li>- Tiempo de carga 5 veces más rápido.</li> <li>- Mejores ciclos de trabajo con cargadores avanzados.</li> <li>- Retención de agua: El oxígeno e hidrógeno se combinan para producir agua</li> <li>- Construcción segura que acepta Fuertes vibraciones.</li> <li>- Buen comportamiento a bajas temperaturas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayores costes de fabricación</li> <li>- Sensible a sobrecargas. El gel se comporta mejor en este aspecto.</li> <li>- Mayor pérdida de capacidad de carga con el tiempo a las de gel.</li> <li>- Menor energía específica (Capacidad /kg de peso de batería)</li> <li>- Deben almacenarse cargadas desde su fabricación.</li> </ul>

(Fondear.org) Tabla-8

#### **4.9 Cuidado de la batería**

A continuación, vamos a dar cinco consejos para cuidar las baterías y así alargar su vida útil, independientemente del tipo que sea:

- Antes de usar la batería por primera vez, cárgala durante al menos 12 horas seguidas.
- Utiliza todos los días (o lo máximo posible) la silla. La falta de uso es precisamente lo que provoca que una batería se estropee con mayor rapidez.
- No dejes que la batería se descargue del todo, ya que las descargas profundas hacen que éstas no se recuperen en su totalidad. Las baterías de gel no tienen efecto memoria, no hay que dejarlas descargar del todo para cargarlas de nuevo.
- Deja que los ciclos de carga se realicen de forma completa. No desenchufes el cargador hasta que la carga haya finalizado.
- Recomendamos que utilices la silla durante el día y cárgala por la noche mientras duermes, así podrás despreocuparte.

#### **4.10 Descripción del funcionamiento de la silla de rueda eléctrica de tránsito (Diseño)**

El motor se alimentara con dos baterías de 40 amp/h de ciclo profundo, esta batería se selecciono por medio del siguiente cálculo:

El motor es de 24 v, 675 watts el consumo de corriente es 28.125 A. No es bueno descargar una batería hasta llegar a cero en cada ciclo de carga. Como utilizaremos una batería de plomo ácido en muchos ciclos no debe trabajar extrayendo más del 80% de su carga, dejando el 20% restante en la batería. Esto amplía el número de ciclos disponibles y consigue que la batería se degrade menos y mantenga su capacidad de carga durante más tiempo. Entonces dividimos la corriente del Motor por este coeficiente  $28.125 \cdot 0.8 = 36.25$  Amp/h esta será la batería que se utilizara 40 Amp/h puesto que es la que inmediata superior que existe en el mercado

Para este diseño se tomo una silla de ruedas convencional manual tipo tránsito, cabe mencionar que es una de las sillas de ruedas más económicas y practicas; con una desventaja primordial la cual es la dependencia de otra persona para ayudar en el desplazamiento del paciente o persona con discapacidad física, bien una vez expuesto lo mencionado anteriormente se realizó una adecuación de un sistema motriz el cual fue ubicado en las ruedas traseras de la misma, que contiene un eje que soporte la fuerza de tracción del motor reductor en las dos llantas traseras, utilizado de platos de estrellas adaptados al eje y otro al motor reductor el cual será alimentado por acumuladores, resultando un desplazamiento en dependencia del control y mando eléctrico por relés en el sentido de rotación.

A la silla de ruedas para transito se realizó una construcción de un sistema direccional a base de elementos reciclados de una bicicleta montañera shimano número 26 y un motor eléctrico dañado

De la parte de un motor se ocupo la parte de las balineras para acoplarlo en el sistema de dirección de la Silla para que el control del mismo sea más cómodo y fácil de manipular.

Las llantas originales de la silla de rueda tipo transito eran de caucho y delgadas, al analizar todos los elementos que tendrá que cargar la silla para su correcto funcionamiento se determino que las llantas originales no soportarían el peso, por eso se compraron cuatro llantas neumáticas inflables las cuales soportaran el peso tanto de todos los elementos como el de la persona.

Cabe mencionar que estas llantas se pueden desacoplar del eje fácilmente para su respectivo mantenimiento o cambio, lo cual es importante ya que el propósito es hacer la silla de rueda eléctrica funcional y que su mantenimiento sea fácil.

### **Calculo de duración de la batería**

El cálculo de la duración de la batería se realizo de la siguiente manera:

La capacidad máxima de entrega de corriente en una hora que tiene batería que se aplica en este proyecto es de 40 Ah

Y el consumo de el motor ya con carga medido directamente con un Tester fue de 6 Amperios ya con su máxima carga

Entonces se divide  $40 \text{ Ah} / 6 \text{ A} = \mathbf{6.66 \text{ Horas}}$

Cabe mencionar que esta es la duración de la batería si su régimen de trabajo es constante es decir que se utilice sin parar.

#### 4.11 Consideración del lado del mando

En este caso Consideramos poner el mando en el lado derecho porque en nuestro campo abarcado en la encuesta realizada en el parque Luis Alfonso Velázquez del distrito I de la ciudad de Managua el 90 % de los encuestados son diestros.

Pero considerando que también pueden ser requeridas por personas zurdas, en este caso se puede pasar el mando perfectamente al lado izquierdo. Acoplando el lado del mando direccional que consta de rodamientos tomados de un motor eléctrico y un Interruptor de doble sentido que tiene con él una palanca que sirve para la marcha hacia delante y marcha hacia atrás y a la vez funciona como timón para ir hacia el lado derecho y lado izquierdo.



Interruptor de tres posiciones  
(ubicada al lado derecho)

Rodamientos Utilizados  
para una mayor suavidad  
en la manipulación del  
timón

(Fuente Propia) Imagen-3

En la imagen se puede observar la posición en que se encuentra el sistema de mando de dirección y los elementos que deben moverse para ser ubicados al lado izquierdo de ser requerido.

#### 4.12 Elementos a adaptarse en acople de sistema motriz en eje de silla de rueda de transito

##### ✓ **bushing o buje**

Concepto

Un **buje** o **cubo** -*hub* en inglés- es el elemento de una maquina donde se apoya y gira un eje. Puede ser una simple pieza que sujeta un cilindro de metal o un conjunto muy elaborado de componentes que forman un punto de unión.

##### ✓ **Transmisión de bicicleta**

Los sistemas de transmisión de bicicleta se utilizan para transmitir energía a bicicletas, triciclos, cuadríciclos, monociclos, u otros vehículos de tracción humana (VTH) de los conductores a las ruedas motrices.

Las transmisiones por cadena trabajan de acuerdo con el principio de engranaje que carecen de nombre platos de estrella o simplemente estrella. En estas transmisiones el engrane tiene lugar entre los dientes de la estrella y los eslabones de la cadena.

Pero bien, nosotros utilizaremos el sistema de transmisión de la bicicleta para garantizar un acople seguro entre las dos llantas traseras y el moto reductor, además un par de torsión mayor con el arreglo geométrico de los platos u estrellas.

##### ✓ **Sistema direccional de bicicleta**

La horquilla es una pieza de la bicicleta o motocicleta formada por el *tubo de dirección* y unos *brazos* que sujetan el buje de la rueda delantera. El tubo de dirección de la horquilla sostiene la potencia (que a su vez sujeta el manubrio) al tubo frontal del cuadro. El tubo de dirección se coloca en el tubo frontal mediante

## V.-Descripción de precios de componentes y mano de obra (Financiamiento).

Al finalizar el Diseño de una silla de ruedas eléctricas partiendo de una silla de ruedas tipo transito, se hizo la suma de precios de los elementos aplicados y mano de obra que se utilizo (Torno y Soldadura), las cuales se muestran en la siguiente tabla.

COSTO DE MATERIALES			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIOC\$	TOTAL
1	Plato de Dientes para bicicleta	100	100
1	Cadena para bicicleta	60	60
2	Batería Ciclo Profundo RITAR 12V ,40AH	2763	5526
1	GEARSMOTORS MARCA ELECTROCRAFT (675W,24VDC)	4,500	4,500
1	SERVICIO TORNO (ELABORACION DE CAMISAS PARA FIJAR RUEDAS A EJE, HACER SPROKET)	5,000	5,000
2	Par de llantas inflables	440	880
4	Relé 12v, 80amp.	60	240
1	Candado de cadena	20	20
1	Silla de rueda para transito	2780	2780
1	Controlador de carga para batería	983	983
1	Timer On-Delay	250	250
<b>Total=</b>			<b>C\$ 20,339.</b>

(Fuente propia) Tabla-9

En total su precio en dólares Estadounidenses es de **U\$631.64**

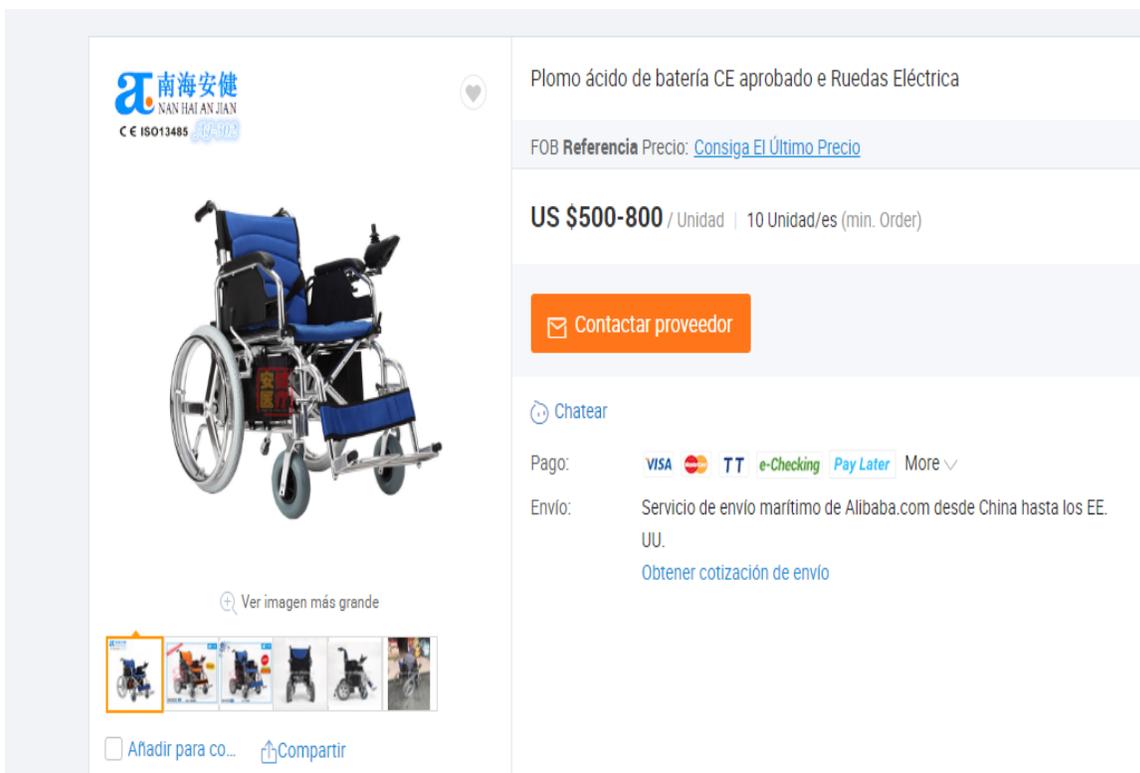
### 5.1 Comparación de Silla de ruedas eléctrica convencional con Silla de ruedas eléctrica partiendo de una silla de ruedas tipo transito. (Costos y Funcionalidad)

Silla de ruedas eléctrica Convencional	Silla de ruedas eléctricas partiendo de una silla de rueda tipo transito
<p>3 Autonomía de movimiento para recorrer con comodidad las grandes distancias habituales en una gran ciudad, sin sentir el cansancio que supone el esfuerzo del manejo de una manual o sin tener la dependencia respecto de otra persona que empuja de la silla.</p>	<p>7 Esta silla eléctrica también consta de autonomía de movimiento para recorrer con comodidad las grandes distancias habituales en una gran ciudad, sin sentir el cansancio que supone el esfuerzo del manejo de una manual o sin tener la dependencia respecto de otra persona que empuja de la silla.</p>
<p>4 Una silla de ruedas también puede recargarse fácilmente cuando la batería se gasta. Por ejemplo, puedes recargarla durante la noche, mientras duermes.</p>	<p>8 Puede recargarse fácilmente cuando la batería se agota, por ejemplo puede recargarse durante la noche mientras duermes.</p>
<p>5 Una de las desventajas más notables es <b>el precio</b> que tiene este tipo de modelo.</p>	<p>9 En comparación con las sillas de ruedas eléctricas convencionales tiene un precio mucho más accesible.</p>
<p>6 Estas sillas de ruedas eléctricas para su mantenimiento o reparación requieren de personas calificadas por los proveedores ya que su sistema es complejo.</p>	<p>10 Su mantenimiento es fácil de aplicar ya que no consta de sistemas electrónicos sofisticados, porque su sistema está gobernado por relés.</p>

(Fuente Propia) Tabla-10

Después de estas comparaciones se puede observar que la silla de ruedas eléctrica de este proyecto consta con característica que suplen las necesidades de una persona que perdieron la movilidad de sus piernas, al poder desplazarse de un lado al otro sin necesidad de realizar un esfuerzo físico o de depender de una persona para moverse, con relación al costo es mucho más accesible ya que con relación a las sillas de ruedas eléctricas tradicionales, tiene un costo menor de U\$800 dólares, comparándola con la silla de ruedas eléctrica mas cómoda económicamente del mercado.

- Silla de ruedas eléctrica convencional, la cotización que se realizo da el precio de 800 dólares Americanos (Contando solo con los elementos básicos, sin accesorios)



The image shows a screenshot of a product listing on Alibaba.com. On the left, there is a large image of a blue and silver electric wheelchair with a battery pack on the back. Above the image is the logo for 'NAN HAI AN JIAN' (南海安健) with 'CE ISO13485' certification. Below the main image is a row of smaller thumbnail images showing different views of the wheelchair. At the bottom left of the image area are buttons for 'Añadir para co...' and 'Compartir'. On the right side of the listing, the text reads 'Plomo ácido de batería CE aprobado e Ruedas Eléctrica'. Below this is a link for 'FOB Referencia Precio: Consiga El Último Precio'. The price is listed as 'US \$500-800 / Unidad | 10 Unidad/es (min. Order)'. There is an orange button that says 'Contactar proveedor'. Below that is a 'Chatear' button. The 'Pago:' section lists 'VISA', 'TT', 'e-Checking', and 'Pay Later'. The 'Envío:' section states 'Servicio de envío marítimo de Alibaba.com desde China hasta los EE. UU.' and includes a link for 'Obtener cotización de envío'.

Imagen -4

## **VI. Resultados**

En el proceso de Realización de un Diseño de una silla de rueda eléctrica partiendo de una silla de ruedas tipo transito se analizaron los siguientes elementos para el optimo funcionamiento.

### **6.1 En el sistema motriz o Direccional**

Se había adaptado la Horquilla de una bicicleta numero 26, al probar se determino que resultaba incomodo manipular el sistema de dirección porque requería de una aplicación de fuerza excesiva.

Entonces se experimento adaptando unos rodamientos de un motor eléctrico viejo y encima del rodamiento adaptar el interruptor de doble sentido sirviendo también como palanca para maniobrar el sistema direccional de la misma, al probar se determino que quedo más cómoda la maniobrabilidad porque el sistema de rodamientos hace que haya una mayor suavidad y fluidez en el mecanismo motriz. La muestra del resultado de este sistema se puede ver en el capítulo de los Anexos (Anexos 3)

### **6.2 En el sistema Electro-mecánico**

Se tenían dos opciones de motor Eléctricos, los cuales eran un Motor DC de 64 Watts-24 Vdc, obtenido de una maquina industrial de cocer y Un Motor AC 120Vac obtenido de una lavadora desechada.

Considerando que la Silla que se Diseñara en este proyecto debe ser simple y económicamente accesible con respecto a las sillas de ruedas eléctricas convencionales en el comercio, se Determino que es más viable el motor DC puesto que no necesita de un sistema electrónico y se puede alimentar eléctricamente directo con acumuladores de Carga (Baterías), El motor DC que se aplicara trae con él una caja reductora que baja la velocidad y aumenta el par de torsión, cabe destacar que el par de torsión es muy importante ya que es la fuerza que debe de tener el motor debe de ser tan fuerte como para soportar a una persona adulta ya sea en una plataforma plana o en una pendiente.

Al tener la silla de rueda eléctrica ya armada se puede comprobar que es correctamente funcional y capaz de desplazar a una persona adulta de un peso máximo de 189.99 libras, se llegó a esto con la técnica de prueba y error pidiéndole a una persona cada vez más pesada que probará la silla eléctrica, para tomar como referencia Masa, distancia y Velocidad de la silla para con estos parámetros lograr calcular la velocidad que tendrá la silla al someterle a su máxima capacidad de carga (Peso).

Se obtuvieron los siguientes resultados

<b>Participantes</b>	<b>Agustín</b>	<b>Carlos</b>	<b>Michael</b>
<b>masa(kg)</b>	86.36	84.54	65.9
<b>longitud(Mts)</b>	10	10	10
<b>tiempo(Seg)</b>	14.35	14.07	13.78
<b>Vel(m/s)</b>	<b>0.697</b>	<b>0.711</b>	<b>0.726</b>
<b>vel(km/h)</b>	<b>2.509</b>	<b>2.559</b>	<b>2.612</b>

(Fuente propia) Tabla-11

A partir de estos datos se logra calcular la velocidad máxima de la silla al someterle a su máxima capacidad de carga.

<b>masa(kgr)</b>	86.36	84.54	65.9
<b>vel(km/h)</b>	<b>2.509</b>	<b>2.559</b>	<b>2.612</b>

Como se puede observar el mayor peso aplicado fue de 86.36 Kg el cual su total en libras es de 189.99 libras, su velocidad máxima fue de 2.509 Km/h.

Se realizaron graficas para una mejor apreciación de los resultados, las cuales fueron adjuntadas en la sección Anexos ( Anexo 7)

### 6.3 Corrección de Par de arranque muy alto

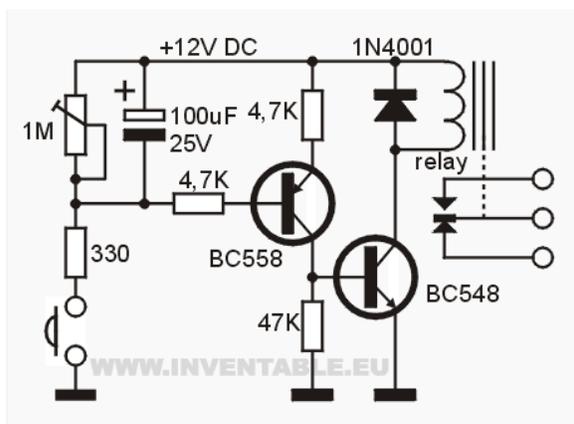
Al tener la silla de ruedas eléctrica ya terminada y hacer pruebas se observa que posee un par de arranque muy alto el cual genera un peligro para la persona que utilice la silla, ya que al arrancar puede destabilizarse y perder su equilibrio provocando que se vuelque hacia atrás o hacia adelante según la dirección.

Por eso se aplicara un temporizador para que en el momento del arranque el motor se alimente de 12 Voltios y después pase a 24 voltios para reducir el par de arranque.

#### TEMPORIZADOR

Permite la regulación del tiempo de activación , posee una salida con relé en la cual podemos conectar cualquier tipo de lámpara, el consumo es mínimo y su simplicidad lo hace un dispositivo muy "resistente".

El temporizador está compuesto por pocos componentes: dos transistores, un capacitor electrolítico, un trimmer, un relé y algunas resistencias. Funciona de este modo: en condiciones de reposo, el capacitor de 100uF se encuentra descargado y por lo tanto, ninguno de los dos transistores conduce. Cuando apretamos el pulsador, el capacitor se carga rápidamente. La resistencia de 330 ohms sirve para limitar levemente el pico de corriente inicial y para evitar un posible corto si el trimmer se encontrara por error en la posición con el valor mínimo.



(Inventable.eu) Imagen-5

Cuando el capacitor se carga, el primer transistor empieza a conducir haciendo que la tensión en su colector aumente y por lo tanto, pone en conducción el segundo transistor que activa el relé. Una vez que el pulsador se abre, la carga acumulada en el capacitor mantiene el circuito activo hasta que este se descarga completamente a través del trimmer y de la bajísima corriente que absorbe el primer transistor por su base.

Es interesante observar el hecho que la base del primer transistor tiene una resistencia bastante pequeña (4,7K) y no obstante eso, el capacitor no se descarga rápidamente por el transistor. Esto es debido al hecho que la resistencia de emisor de 4,7K del transistor se refleja en la base con un valor multiplicado por la ganancia estática del transistor (HFE). Por lo tanto, con 4,7K y una ganancia de 100 del transistor, la resistencia resultante será de 470K. La resistencia de base de 4,7K es necesaria para evitar un efecto de oscilación cuando alimentamos el circuito con una fuente no regulada.

Con los valores indicados, la duración máxima es aproximadamente de 3 minutos.

#### Elenco de materiales

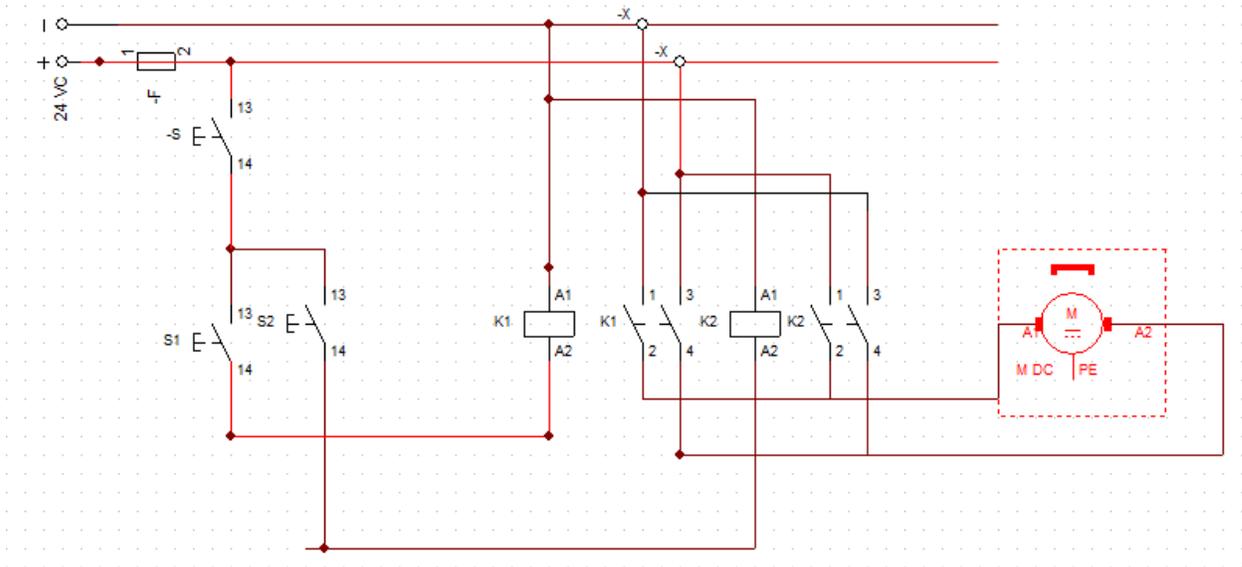
- 2 resistencias de 4,7K 1/4W
- 1 resistencia de 330 ohms
- 1 resistencia de 47K
- 1 trimmer de 1M
- 1 capacitor electrolítico de 100uF 25V
- 1 diodo 1N4005
- 1 transistor BC548
- 1 transistor BC558
- 1 relé 12V doble

nota: al no encontrar un trimmer de 1Mohmio dispusimos a colocar una Resistencia fija de 500kohmio, con un capacitor de 4.7kohmio resultando un valor de tiempo de 4.5 seg aproximadamente.

#### **6.4 Beneficios de silla de ruedas eléctrica:**

- Conservar la energía física de los discapacitados para otras actividades que estos realicen.
- Movilidad y fácil desplazamiento de un lugar a otro y esto los ayudara tanto física como emocionalmente.
- El mantenimiento de esta silla eléctrica es Fácil de realizar.
- Precio Accesible en comparación a las sillas de ruedas eléctricas tradicionales.
- Es funcional porque su sistema es sencillo comparado a las sillas antes mencionadas que son gobernadas por un sistema electrónico por Joystick.

### 6.5 Diagrama de control de cambio de rotación del motor a instalarse en silla de rueda para tránsito.



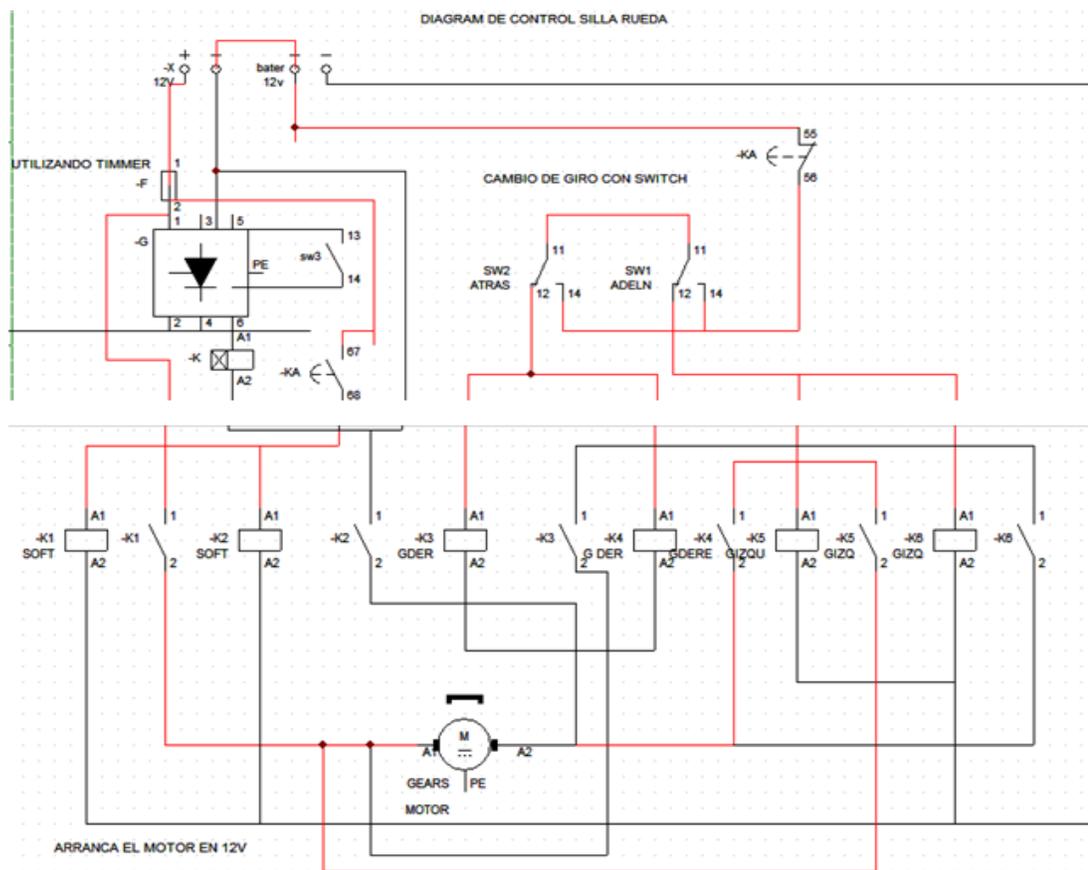
(Fuente propia utilizando simulador cade simu versión S1) Imagen-5

✓ **El diagrama contendrá.**

Cantidad	Descripción
1	Interruptor simple de seguridad
2	Pulsadores NO
2	Relés de 24v.50amp
1	Fusible 40amp
1	Gearmotors (moto reductor) 650 watt aproximadamente , 24v dc

(Fuente Propia) Tabla-13

## 6.6 Diagrama de silla de rueda eléctrica con timer para arranque On-Delay



(Fuente propia utilizando simulador cade simu versión S1) Imagen-6

En el diagrama se muestra el circuito de la Silla de ruedas tipo transito realizando el reajuste en el arranque brusco que presentaba, punto en el cual a nuestro tutor le llamo la atención

Para esto se realizó un arreglo utilizando un timmer que se construyo para la aplicación On Delay, en el cual resulta efecto conmutando de inicio llega un voltaje bajo de 12 Vdc, posteriormente al retardo del tiempo que son aproximadamente 4.5 Segundos entran los 24 Vdc totales del motor, logrando un arranque suave y práctico y corrigiendo lo brusco

## VII. Conclusiones

La realización del presente trabajo y el análisis de los resultados alcanzados, permiten plantear las siguientes conclusiones considerando los objetivos que se propusieron al inicio del mismo:

- Se diseño un prototipo Funcional de una silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito, con materiales reciclados y de fácil adquisición, por lo antes mencionado se redujo el precio de fabricación y materiales para el diseño de la misma, con respecto a una silla de rueda eléctrica tradicional.
- Se logro Explicar los beneficios del diseño de una silla de ruedas eléctrica partiendo de una silla de ruedas tipo transito, la cual se modifico en varias partes de su estructura para poder montar los elementos necesarios para el diseño de un prototipo de silla de rueda eléctrica.
- Se describió el funcionamiento de la misma, tomando en cuenta todos los aspectos técnicos e ingenieriles que se implementaron en este trabajo.
- Se realizó una proyección de los costos del diseño de una silla de ruedas eléctrica, partiendo de una silla de ruedas tipo transito, logrando disminuir muy considerablemente los costos de la silla de ruedas eléctrica en comparación con una silla de ruedas eléctrica convencional, utilizando materiales reciclados y elementos sencillos para la realización de la misma.

## VIII Recomendaciones

Al presentar los resultados de esta investigación, se abren nuevas puertas y nuevas interrogantes continuas por resolver, por ello se sugieren considerar las siguientes recomendaciones:

- Considerar en futuras Fabricaciones de esta silla de ruedas eléctrica Crear un sistema que permita más fácilmente pasar el mando de control del lado derecho al lado izquierdo o viceversa.
- Tener mucho cuidado en la elaboración del sistema de transmisión dejando la cadena adecuadamente tensa, para que al momento de echarla andar la cadena no se desacople del engranaje de la estrella.
- Se puede utilizar en futuros trabajos similares a este una silla de ruedas con una mayor capacidad de peso, ya que la de este proyecto es para personas relativamente livianas.
- Para una mayor durabilidad y fortaleza en el sistema de transmisión podría sustituirse por un sistema de transmisión de una motocicleta

## IX. Anexos

Anexo 1- Silla de ruedas original antes de realizar modificaciones para diseño de Silla de Ruedas eléctrica.



(Fuente Propia) Imagen-7

Las ruedas de esta silla de ruedas se cambiaron por unas que soportaran el peso de todos los elementos, ya que las originales de ella eran muy frágiles.

Anexo 2- Ruedas que se adaptaron en silla de ruedas para que soportara el peso de todos los elementos y el usuario



(Fuente propia) Imagen-8

### Anexo 3- Horquilla de bicicleta que se había adaptado a silla de ruedas.



(Fuente propia) Imagen -8

Al inicio del Diseño de la silla de rueda eléctrica se había adaptado este elemento, pero al hacer pruebas resulto un poco incomodo de manipular además que requería de la aplicación de una fuerza excesiva, por esta razón se termino descartando.

Anexo 4- Pulsador de doble sentido adaptado a balineras que se obtuvieron de un motor eléctrico, para el diseño del sistema direccional.

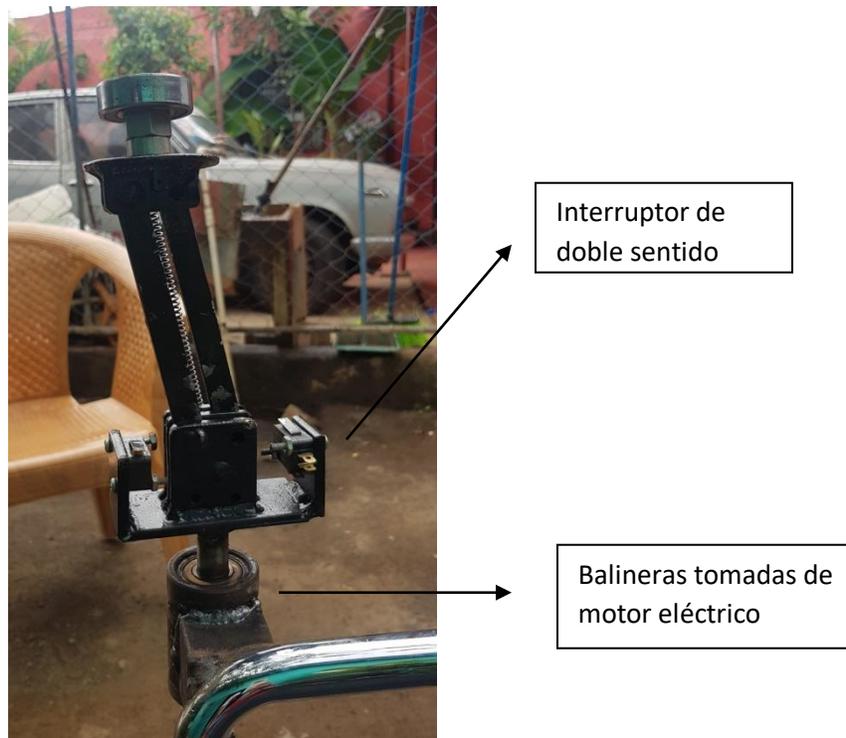


Imagen-9

(Fuente propia)

Se instalo balineras en el sistema direccional de la silla de ruedas eléctrica para facilitar la manipulación y que haya una mayor fluidez del mismo sistema.

Anexo 5- Baterías de 12 Voltios dc 40 Amperios/h de ciclo profundo, se conecto en serio para lograr los 24 Voltios que necesita el motor eléctrico que impulsara la silla de Ruedas.



(Fuente propia) Imagen-10

Anexo 5.1 Parte de silla de ruedas eléctrica, en que se adaptaron las baterías



(Fuente Propia) Imagen -11

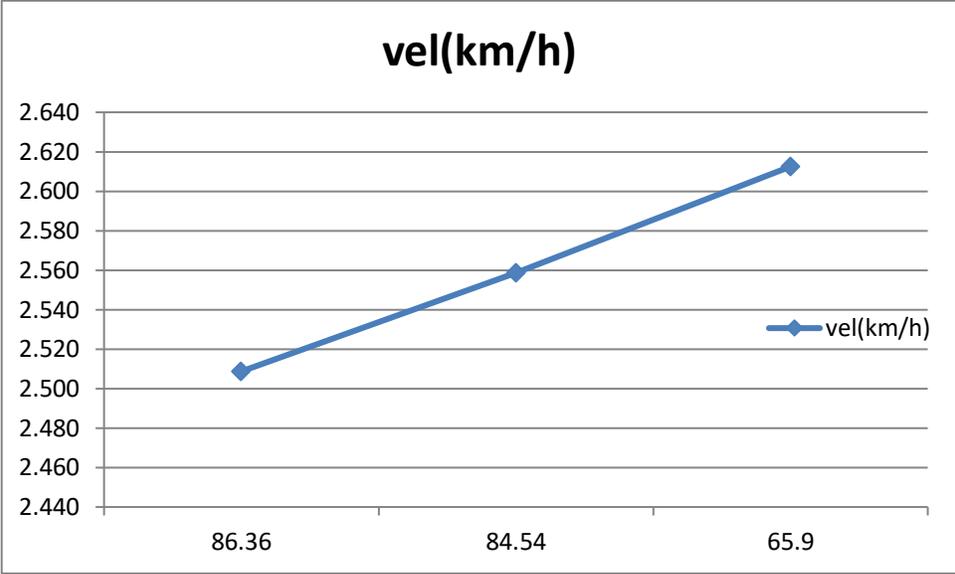
Anexo 6- Tabla de precios de elementos y mano de obra (Torno y Soldadura) para diseño de Silla de ruedas.

COSTO DE MATERIALES			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIOC\$	TOTAL
1	Plato de Dientes para bicicleta	100	100
1	Cadena para bicicleta	60	60
2	Batería Ciclo Profundo RITAR 12V ,40AH	2763	5526
1	GEARSMOTORS MARCA ELECTROCRAFT (675W,24VDC)	4,500	4,500
1	SERVICIO TORNO (ELABORACION DE CAMISAS PARA FIJAR RUEDAS A EJE, HACER SPROKET)	5,000	5,000
2	Par de llantas inflables	440	880
4	Relé 12v, 80amp.	60	240
1	Candado de cadena	20	20
1	Silla de rueda para transito	2780	2780
1	Controlador de carga para batería	983	983
1	Timer On-Delay	250	250
<b>Total=</b>			<b>C\$ 20,339.</b>

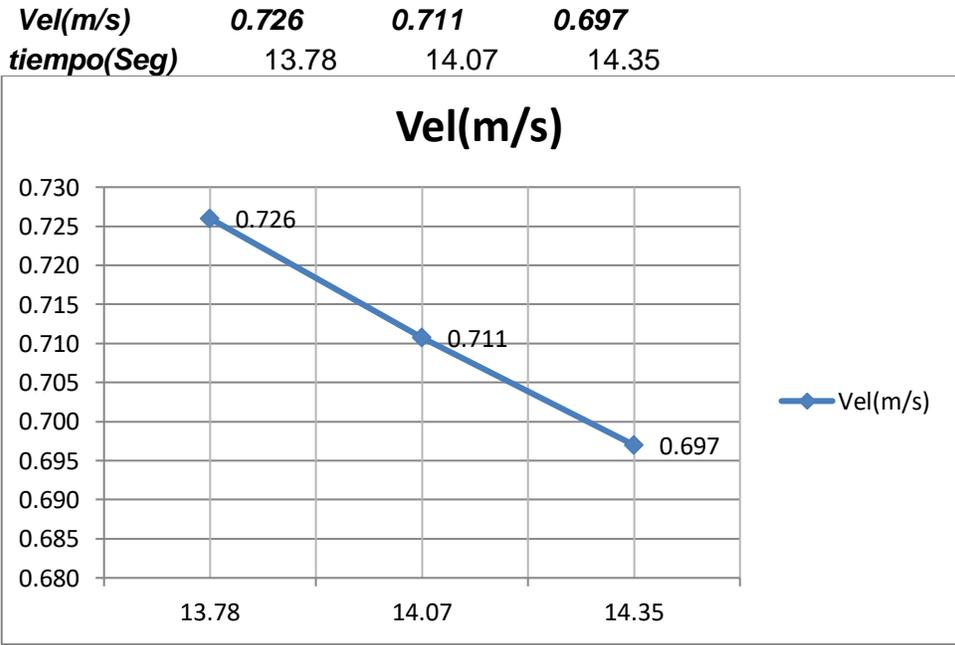
(Fuente propia)

En total su precio en dólares Estadounidenses es de **U\$631.6**

Anexo 7- Apreciación de los resultados de cálculos de velocidad de silla de ruedas eléctrica al someterle un peso de 86.36 Kg como máximo. Como se aprecia en la grafica a menor peso mayor será su velocidad.



(Fuente propia)



(Fuente propia)

Anexo 7- Ruedas originales de silla de ruedas tipo transito, esta rueda es de caucho material muy débil para soportar todos los elementos del diseño de silla de rueda eléctrica.



(Fuente propia) imagen-12

Anexo 8- Barra que conecta la dirección, cuenta con una medida de 30 cm



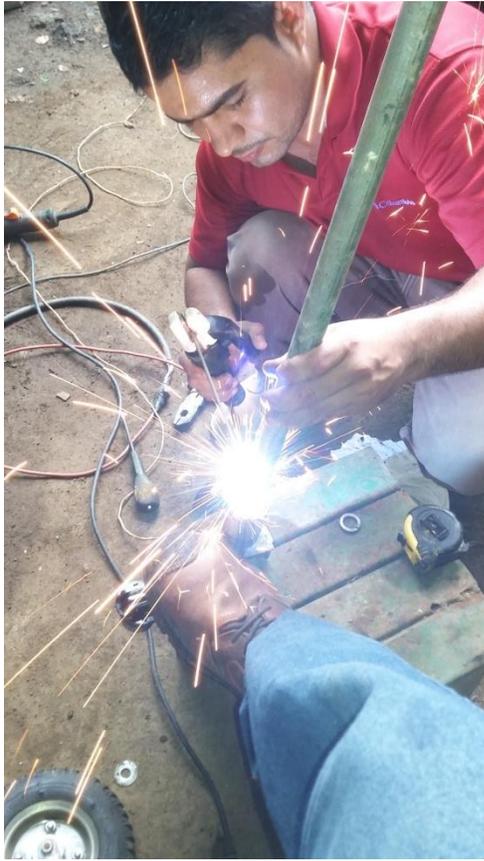
(Fuente propia) Imagen-13

Anexo 9- Cargador de Baterías con su controlador de carga



(Fuente propia) imagen-14

Anexo 10- Proceso de adaptación de elementos en silla de ruedas tipo transito  
(Trabajo de Soldadura)



Fuente propia, Imagen-15

Anexo 10.1- Proceso de adaptación de elementos (Motor y Sistema de Transmisión)



(Fuente propia) Imagen-16

## Anexo10.2- Proceso de adaptación de elementos (Baterías)



(Fuente propia) Imagen-17

Anexo 11 En esta parte se puede ver la maquina fusionadora la cual usa un motor (gearsmotors) en la banda transportadora



(Fuente Propia) Imagen-18

Anexo 11.1 Parte de la maquina fusionadora de la que se tomo el motor aplicado en la silla de ruedas eléctrica



(Fuente propia) Imagen-19

Anexo 11.2 Parte de la maquina fusionadora de la que se tomo el motor que se aplico en la silla de ruedas eléctrica



(Fuente Propia) Imagen-20

## X. Bibliografía

Ancajima, J. C., & Cubas, C. J. (2012). Concepción para el diseño de un motor de aire comprimido para vehiculos menores. *Facultad de Ciencias Fisicas, Ingenieria Mecánica de Fluidos* .

Buchmann, I. (2002). *Battery University*. Miami, Florida.

Carrillo, D. (2005). *slideshare*. Recuperado el 1998, de <http://es.slideshare.net/diales/silla-de-ruedas-de-inters-social>

Dixon, S. (1996). *Mecánica de Fluidos y Termodinamica de Turbomaquinas*. New York, Estados Unidos: Quinta.

Ehsani, M. G. (2013). *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles, Fundamentals Theory And Design*. West, Florida.

Eladio Zacarías Ortez, primera edición clásicos roxsil,2000: pag:12-145 " ASÍ SE INVESTIGA Pasos para Hacer una investigación" Santa Tecla, EL Salvador, centro américa.

Hernandez, D. (2010). *minusval2000*. Obtenido de [http://www.minusval2000.com/otros/reportajes/historia\\_silla\\_de\\_ruedas/index.html](http://www.minusval2000.com/otros/reportajes/historia_silla_de_ruedas/index.html)

Jacques, E. (2009). *ehowenespanol*. Obtenido de [http://www.ehowenespanol.com/funciona-silla-ruedas-electrica-como\\_302722/](http://www.ehowenespanol.com/funciona-silla-ruedas-electrica-como_302722/)

RES. (8 de Junio de 2013 ). *www.ecointeligencia.com*. Obtenido de Ecointeligencia: <http://ecointeligencia.com>

Wardeiner, J. (7 de Mayo de 1995). *tinet*. Obtenido de <http://usuaris.tinet.cat/sje/transport/aire.htm>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Discapacidad> (16:57 ,10 /082017)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Tipos\\_de\\_discapacidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Tipos_de_discapacidad) (10/08/2017, 05:10pm)

(: <http://www.monografias.com/trabajos16/medula-espinal-paraplejia/medula-espinal-paraplejia.shtml#ixzz4ngvwbrjy> ,22julio2017 15:45)

<http://www.feconori.org/index.php/documentos-feconori?download=131:estudio-de-discapacidad>

<https://www.definicionabc.com/general/silla.php> (06:36pm 10/08/17)

<http://ortopedia1.com/silla-de-ruedas> (06:50pm 10/08/17)

<http://www.chairdex.com/stypes.htm> (07:15pm 10/08/17)

<http://www.bidea.es/noticias/diferentes-tipos-de-sillas-de-ruedas-para-discapacitados/>(07:25pm 10/08/17)

<http://www.1800wheelchair.com/product/steel-transport-chair-by-drive/>  
(17/082017 11:20pm )

[https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_continua](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua) 20/08/2017, 04:05pm

<http://www.monografias.com/trabajos13/reducty/reducty.shtml#ixzz4qXrL8pC0>  
22/08/17 ,09:24pm

<https://www.quiminet.com/articulos/cuales-son-las-ventajas-del-uso-de-una-rueda-de-poliuretano-58856.htm> 22/08/2017 10:26pm

<https://todosai.com/blog/baterias-tipos-y-usos-b50.html> 23/08/2017 07:44pm