



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Electrónica

“DISEÑO Y ANALISIS PRÁCTICO DE UN SISTEMA
MOTORIZADO CON CONTROL ADAPTABLE A UNA
SILLA DE RUEDAS ESTANDAR, PARA PERMITIR
MAYOR FACILIDAD DE DESPLAZAMIENTO A
PERSONAS DISCAPACITADAS”

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Civil Electrónico

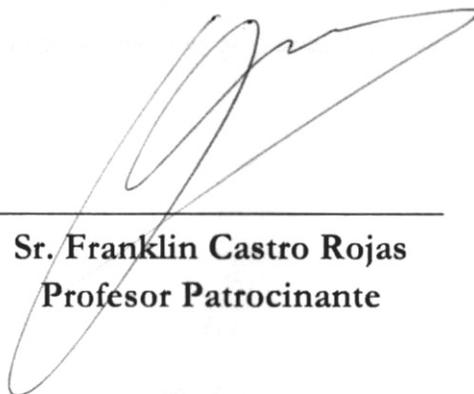
Profesor Patrocinante:
Sr. Franklin Castro Rojas.
Ingeniero Civil Electrónico
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería
Diplomado en Ciencias de la Ingeniería

MARCELO WENCESLAO SUAZO BECERRA

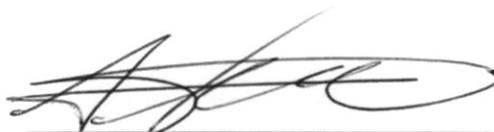
VALDIVIA – CHILE

2013

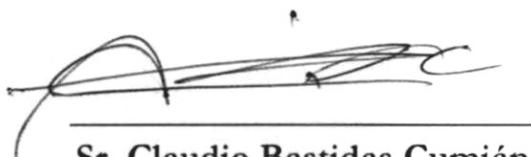
Comisión de Titulación



Sr. Franklin Castro Rojas
Profesor Patrocinante



Sr. Alejandro Villegas Macaya
Profesor Informante



Sr. Claudio Bastidas Cumián
Profesor Informante

Fecha de Examen de Titulación: _____

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi familia, pilar fundamental para alcanzar esta meta. En especial, a mi madre, Elizabeth, que gracias a su esfuerzo permitió no sólo mi formación profesional, sino que además, la de mis hermanos. Inculcándonos de que no hay mejor herencia que la educación.

A mi padre Raúl, por su apoyo y preocupación durante mi vida académica. Así como a mis hermanos Pablo y Hermes, por su constante ayuda y preocupación.

A todos mis compañeros y amigos, especialmente a Mario y su madre Nora, quienes con mucho cariño han compartido conmigo parte valiosa de su tiempo, experiencias y amabilidad.

Agradecer a Dios, por la familia que tengo y por guiarme en la senda correcta para alcanzar mis metas.

A las Organizaciones, Entidades y todas las demás personas anónimas, que de una u otra forma aportaron en la realización del presente trabajo de Título.

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	x
SUMMARY	x
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivos Generales.	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE	3
2.1 Tipos de Sillas Eléctricas.	3
2.1.1 Silla eléctrica estándar interior – exterior.....	3
2.1.2 Silla eléctrica híbrida.	3
2.1.3 Sillas bipedestadoras.	4
2.2 Partes de las Sillas de Ruedas Eléctricas.....	4
2.2.1 Motores.....	4
2.2.2 Sistema de control.....	5
2.2.3 Baterías.....	5
2.3 Sillas de Ruedas Inteligentes.	6
2.3.1 Silla de ruedas con sensores.....	6
2.3.2 Silla de ruedas con conexión a GPS.....	6
2.3.3 Ruedas E-Motion.	6
CAPITULO III: ANALISIS, ELECCION Y DESARROLLO DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES PARA LA SILLA DE RUEDAS ELECTRICA.....	8

3.1 Estructura.....	8
3.1.1 Silla de ruedas a intervenir.....	8
3.1.2 Análisis de posibles modelos como estructuras de montaje.....	9
3.1.3 Materiales para el Montaje de la Estructura.....	11
3.1.3.1 Trabajo en taller de estructuras metálicas.....	12
3.1.3.2 Estructura de montaje.....	12
3.1.3.3 Dimensiones y peso de la estructura.....	14
3.1.3.4 Rueda direccional.....	14
3.1.3.5 Rueda de tracción.....	14
3.1.3.6 Adaptabilidad de la estructura de montaje a diversas sillas.....	15
3.2 Baterías.....	16
3.2.1 Denominaciones Existentes.....	16
3.2.2 Características de una Batería.....	17
3.2.2.1 Capacidad de una batería - amperios hora [Ah].....	17
3.2.2.2 Estado de carga de batería – SOC.....	18
3.2.2.3 Profundidad de descarga – DOD.....	18
3.2.2.4 Ciclos – longevidad.....	18
3.2.2.5 Auto descarga.....	18
3.2.2.6 Resistencia interna.....	18
3.2.2.7 Efectos de la temperatura.....	19
3.2.3 Baterías a Considerar.....	19
3.2.3.1 Baterías de ácido y plomo.....	19
3.2.3.2 Baterías de gel.....	20
3.2.3.3 Baterías solares.....	21
3.2.4 Batería Utilizada.....	24

3.2.4.1 Características de batería utilizada.....	24
3.2.4.2 Principios para elección de batería.....	24
3.2.4.3 Conexiones del circuito serie (diagrama y circuito).....	25
3.2.4.4 Seguridad para la conexión de bornes.....	25
3.2.4.5 Autonomía.....	26
3.2.4.6 Medición de la capacidad de la batería.....	27
3.2.4.7 Reemplazo de baterías.....	28
3.2.4.8 Cargado de batería.....	28
3.2.4.9 Reciclado, desechos.....	29
3.3 Motores aptos para la silla de ruedas.....	30
3.3.1 Características básicas de un motor eléctrico.....	30
3.3.2 Motores Eléctricos.....	31
3.3.2.1 Motores CC.....	32
3.3.2.2 Criterios a elección de un motor.....	35
3.3.2.3 Selección de motor o motor reductor.....	35
3.3.2.4 Motor reductor utilizado.....	36
3.3.2.5 Construcción de ejes externos del motor.....	37
3.3.2.6 Circuito de tracción montado.....	39
3.3.2.6.1 Diagrama de control circuito de tracción.....	39
3.3.2.6.2 Circuito de reloj.....	40
3.3.2.6.3 Conversores análogos digital ADC.....	41
3.3.2.6.4 ADC0808.....	42
3.3.2.6.5 PIC16F84A.....	46
3.3.2.6.6 Relés.....	50
3.3.2.6.7 Análisis del montaje hecho mediante puente H.....	52
3.3.2.6.8 Tarjeta controladora.....	55
3.4 Mecanismo de transmisión de fuerza.....	57

3.4.1 Poleas, ruedas de fricción y engranajes con cadena	57
3.4.2 Montaje de prueba realizado.	59
3.4.3 Engranajes Reductores	60
3.5. Diferentes modos de conducción.	61
3.5.1 Auto-impulso.....	61
3.5.2 Manubrio.....	62
3.5.3 Servomotor.	62
3.5.3.1 Características generales y funcionamiento.....	62
3.5.3.2 Servomotor utilizado.....	62
3.5.3.3 Montaje del servomotor en la silla.	64
3.5.3.4 Modo de mando sobre el servomotor.	65
3.5.3.5 Maneras de controlar la posición de un servomotor.	65
3.5.3.6 Programación datos enviados a la tarjeta controladora del servomotor.....	65
3.5.3.7 Ciclo de trabajo del servomotor.	66
3.5.3.8 Diagrama circuito de dirección.....	68
3.5.4 Motor Paso a Paso.	68
3.5.5 Dos Motores.....	69
3.6. Sistema de consola de control.	69
3.6.1 Sistemas de control de una silla de ruedas eléctrica.	69
3.6.1.1 Palanca de mando o joystick.	70
3.6.1.2 Controles alternativos.	71
3.6.1.3 Control montado en la silla de ruedas.	71
3.6.2 Frenos.	72
3.6.2.1 Razones de elección de tipos frenos.	72
3.7 Software utilizado.	73

CAPITULO IV: COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO.....	73
4.1 Compras Efectuadas.....	73
4.2 Tiendas en línea.....	74
4.3 Auspiciadores.....	75
CAPITULO V: CONCLUSIONES.....	76
BIBLIOGRAFIA.....	79
ANEXO A.....	83
ANEXO B.....	87

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1: Distintos modelos de silla eléctrica estándar para interior-exterior.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura N° 2: Modelos de sillas bipedestadoras.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura N° 3: Partes de una silla de ruedas eléctrica.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura N° 4: a) Motor estándar, b) Motor de buje, c) Parte interior de motor sin escobillas.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura N° 5: Sistemas de control a) Integral y b) modular.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura N° 6: Diferentes cargadores.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura N° 7: Rueda E-Motion.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura N° 8: Silla de ruedas a Intervenir.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura N° 9: Base portadora del sistema 1.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura N° 10: Base portadora 2, modelo monopatín.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura N° 11: Estructura de montaje.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura N° 12: Dimensiones en [cm] de la estructura de montaje.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura N° 13: Ruedas delanteras de la silla.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura N° 14: Rueda utilizada para la tracción del sistema.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura N° 15: Ranuras para hacerlas adaptables a modelos de sillas.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura N° 16: Grafica tensión vs SOC.....</i>	<i>18</i>

Figura N° 17: SOC en función de la temperatura	19
Figura N° 18: Batería de Pb – ácido.	19
Figura N° 19: Sistema básico conexión batería solar.....	23
Figura N° 20: Batería ASAHI.....	24
Figura N° 21: Baterías conectadas en serie.	25
Figura N° 22: Batería conectada un cargador.	28
Figura N° 23: Símbolo corrosivo clase 8.....	29
Figura N° 24: Tabla de las características eléctricas de un motor CC.....	31
Figura N° 25: Curvas características motor CC.	33
Figura N° 26: Curva de rendimiento de una máquina de corriente continua.	34
Figura N° 27: Puente H	34
Figura N° 28: Sistema Planetarios-Epicicloidial.	35
Figura N° 29: Motor-reductor usado.....	36
Figura N° 30: Eje externo para catalina.	38
Figura N° 31: Eje en buje de la rueda.....	38
Figura N° 32: Diagrama de control circuito tracción.....	39
Figura N° 33: a) Configuración NE555 como astable y b) relación de tiempo.	40
Figura N° 34: a) ADC0808 y b) conexiones hechas.	43
Figura N° 35: Realimentación Start	45
Figura N° 36: a) PIC16F84, b) Conexiones circuito de tracción.....	47
Figura N° 37: Programador PIC-PG3B.....	48
Figura N° 38: Diferentes ciclos de trabajo para el circuito tracción.....	49
Figura N° 39: a) Relé y b) circuito interno.	50
Figura N° 40: Conexión Inversión de giro por medio de un relé.....	51
Figura N° 41: Conexiones relé como interruptor.	51
Figura N° 42: Circuito PWM mediante un NE555.....	52
Figura N° 43: Señales PWM originadas en por el Ne555.....	52

Figura N° 44: a) IRFZ44N MOSFET-N 55V/459A y b) disipadores de calor.....	53
Figura N° 45: Circuito controlador del motor.....	54
Figura N° 46: Evitar cruces de tensiones en el puente H.....	55
Figura N° 47: Pololu High-Power motor driver 18v15.....	55
Figura N° 48: Mecanismo Catalina-Piñón.....	59
Figura N° 49: Servomotor utilizado.....	63
Figura N° 50: Medidas de servomotor usado.....	63
Figura N° 51: a) Soporte rueda de dirección y b) Portador del servomotor.....	64
Figura N° 52: Ángulo de giro de la aguja del servomotor.....	65
Figura N° 53: Ciclo de trabajo del servomotor.....	67
Figura N° 54: Diagrama circuito de dirección.....	68
Figura N° 55: Control mediante dos motores.....	69
Figura N° 56: Modelos de Joystick.....	70
Figura N° 57: Mesa de control experimental.....	71
Figura N° 58: Caja negra contenedora del circuito de tracción.....	71
Figura N° 59: a) Freno de zapata, b) de zapata con prolongador y c) de tijera.....	72

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Características de la silla de ruedas.....	9
Tabla N° 2: Criterio de comparaciones de materiales de construcción.....	11
Tabla N° 3: Materiales metálicos elegidos.....	12
Tabla N° 4: Comparación de baterías de Pb-ácido y de Gel.....	21
Tabla N° 5: Variación de la Capacidad con la temperatura.....	22
Tabla N° 6: Características batería ASAH.....	24
Tabla N° 7: Densidad del ácido vs carga.....	27
Tabla N° 8: Estimación de la capacidad por tensión.....	28
Tabla N° 9: Tabla comparativa de motores CA vs CC.....	32

Tabla N° 10: <i>Perdidas de las maquinas eléctricas.</i>	33
Tabla N° 11: <i>Tabla con características eléctricas del motor-reductor MR19-520.</i>	37
Tabla N° 12: <i>Parámetros NE555.</i>	41
Tabla N° 13: <i>Resolución ADC en razón a bits.</i>	42
Tabla N° 14: <i>Selección canal análogo del ADC0808.</i>	44
Tabla N° 15: <i>Resolución ADC0808.</i>	45
Tabla N° 16: <i>Características del PIC16F84.</i>	46
Tabla N° 17: <i>Rangos PWM ciclo de trabajo.</i>	53
Tabla N° 18: <i>Tabla de verdad de Cmos 4001.</i>	54
Tabla N° 19: <i>Tabla de verdad entradas al puente H.</i>	55
Tabla N° 20: <i>Tabla característica de la tarjeta controladora.</i>	56
Tabla N° 21: <i>Tabla de verdad tarjeta controladora.</i>	56
Tabla N° 22: <i>Condiciones de fallo de la tarjeta controladora.</i>	57
Tabla N° 23: <i>Características básicas sistemas de transmisión de fuerza.</i>	58
Tabla N° 24: <i>Engranajes reductores.</i>	61
Tabla N° 25: <i>Datos del servomotor usado.</i>	63
Tabla N° 26: <i>Registros específicos ocupados.</i>	66
Tabla N° 27: <i>Funciones del control.</i>	70
Tabla N° 28: <i>Software usados.</i>	73
Tabla N° 29: <i>Costos.</i>	73
Tabla N° 30: <i>Tiendas en línea consultadas.</i>	74
Tabla N° 31: <i>Aportes recibidos.</i>	75

RESUMEN

Por los costos reflejados dentro del mercado, analizados a través de estadísticas y antecedentes recopilados por diversas fuentes, se observa un difícil acceso de las persona discapacitadas a sistemas autónomos de traslado y/o transporte. En vista de lo anterior se desarrolló una silla de ruedas eléctrica que cumpliera con determinados objetivos, uno de ellos que sea accesible económicamente. Teniendo a disposición una silla de ruedas manual estándar, se procedió a implementar e instalar un sistema eléctrico mínimo consistente en un solo motor ubicado en la parte trasera, se instaló un chasis metálico para la ubicación de dos baterías de 12 [V] y un sistema de control de mando electrónico para la maniobrabilidad de la silla.

SUMMARY

For the costs reflected in the market, analyzed through statistics and information gathered from various sources, there is a difficult access for disabled person to transfer autonomous systems and / or transportation. In view of this we developed a power wheelchair that met certain goals, one that is affordable. Having available a standard manual wheelchair, we proceeded to implement and install a minimum electrical system consisting of a single engine located in the rear, installed a metal chassis for the location of two batteries of 12 [V] and a system electronic command control for maneuverability of the chair.

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema.

En la población Chilena hay un gran porcentaje de personas que poseen algún grado de discapacidad, así lo reflejan los datos estadísticos recopilados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en el “Primer estudio Nacional de la discapacidad e informes Regionales 2004”, donde el 12,9% de los Chilenos y Chilenas viven con discapacidad, lo que supone 2.068.072 personas. Es decir 1 de cada 8 presenta esta condición (INE, 2004). Entre este universo de personas con discapacidad, existen aquellos que necesitan el uso parcial o permanente de sillas de ruedas para sus quehaceres cotidianos, sin tener en cuenta a las personas de la tercera edad. El uso de sillas de ruedas implica tres grandes desventajas, primero: Calles, veredas u otra infraestructura vial que no se apega a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) en el ámbito de las Normas de Accesibilidad para personas con discapacidad (OGUC, 2009), edificios sin rampas de accesos o sin los espacios mínimos para que se desplace una persona con discapacidad en silla de ruedas (CORPORACION CIUDADANA ACCESIBLE, 2010), estacionamientos no aptos, en general una infraestructura que no es integradora; segundo: Se pierde cierto grado de autonomía para desplazarse ya sea en distancias medias, extensas o en lugares de difícil acceso, por ejemplo, sectores con pendientes; esto nos lleva al tercer punto, el cual consiste en un elevado costo de sillas de ruedas autónomas - eléctricas las cuales permiten un mejor desarrollo y confort para el usuario (www.todoortopedia.com, 2011).

Es debido a esto que en el presente trabajo de tesis, se pretende abordar estos tres puntos desde diversas perspectivas poniendo la ingeniería al servicio de los discapacitados. Se pretende crear una alternativa de desplazamiento donde sus principales características sean bajo costo, fácil montaje y un fácil manejo.

1.2 Objetivos.

1.2.1. Objetivos Generales.

- Dar solución práctica por medio de un sistema electrónico-mecánico al desplazamiento de una persona minusválida en silla de ruedas.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Revisar el estado del arte en función a las sillas de ruedas eléctricas.
- Analizar los distintos sistemas que permiten controlar la velocidad de un motor.
- Analizar una silla de ruedas eléctricas en función de los costos.
- Efectuar en forma practica el montaje de un sistema externo de impulsión, control y dirección de una silla de ruedas.

CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 Tipos de Sillas Eléctricas.

La oferta de sillas de ruedas eléctricas es amplia y existen diferentes tipos, los más comunes son:

2.1.1 Silla eléctrica estándar interior – exterior.

Es la más común que podemos encontrar, los tipos de tracciones:

- a) *Tracción central:* Giran sobre sí mismas por lo que necesitan menos espacio para maniobrar, habiendo modelos casi exclusivamente para interiores que usan este tipo de tracción en combinación con unas ruedas estabilizadoras de menor tamaño.
- b) *Tracción delantera:* Al llevar las ruedas de mayor tamaño en la parte delantera son buenas salvando obstáculos, sin embargo la dirección es algo más compleja.
- c) *Tracción trasera:* Es más cómoda de conducir siendo la elegida por la mayoría de usuarios. Como opción, algunas sillas pueden llevar un accesorio llamado sube bordillos, que mediante un resorte que se apoya en el borde, nos ayuda a subir.



Figura N° 1: Distintos modelos de silla eléctrica estándar para interior-exterior.

2.1.2 Silla eléctrica híbrida.

Se compone básicamente de un chasis de silla manual al que se le han añadido los componentes necesarios (motores, mando, baterías, etc.), para hacerla funcionar de modo eléctrico. Estos componentes están pensados para ser retirados de forma fácil y así poder plegar la silla.

Dentro de estas podemos mencionar las sillas de ruedas de motor manejadas por un acompañante, sillas de ruedas con motor eléctrico y dirección manual, sillas de ruedas con motor eléctrico y dirección asistida, sillas de ruedas propulsadas con motor de combustión.

2.1.3 Sillas bipedestadoras.

Son sillas eléctricas que por medio de actuadores eléctricos pueden modificar nuestra posición y ponernos de pie, con los beneficios que ello conlleva.



Figura N° 2: Modelos de sillas bipedestadoras.

2.2 Partes de las Sillas de Ruedas Eléctricas.

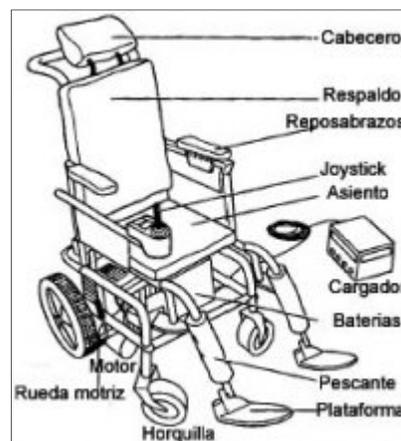


Figura N° 3: Partes de una silla de ruedas eléctrica.

2.2.1 Motores.

La mayoría de las sillas de ruedas eléctricas montan 2 motores, uno a cada lado, que dirigen tanto la velocidad de la silla como su dirección, las horquillas de las ruedas delanteras giran libremente 360 grados para poder dirigirse hacia donde le ordenan los motores (Guía Movilidad, 2009).

a) *Motor estándar:* Están compuestos de un motor eléctrico y una caja reductora de engranajes que convierte las altas revoluciones del motor en la fuerza necesaria para mover nuestra silla. Funcionan a 24 voltios que extraen de las dos baterías que nos acompañan debajo del asiento (Guía Movilidad, 2009).

b) *Motor Integrado en la rueda:* Todo el mecanismo del motor está dentro de la llanta, mas compactos y son comunes en sillas híbridas o eléctricas de plegado reducido (Guía Movilidad, 2009).

c) *Motor sin escobillas:* Los motores más habituales están provistos de escobillas. Los controladores electrónicos hacen posible el uso de motores sin escobillas. Más eficientes, con menor mantenimiento y más fiables, además de ser casi absolutamente silenciosos (Guía Movilidad, 2009).

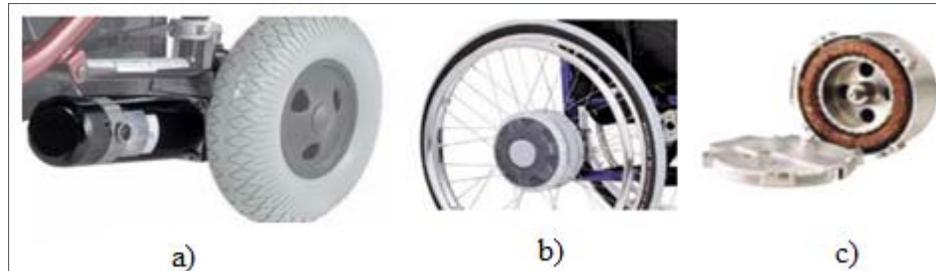


Figura N° 4: a) Motor estándar, b) Motor de buje, c) Parte interior de motor sin escobillas.

e) *Velocidad:* La más común de 6 [km/h], otras son 10 [km/h], 12 [km/h].

2.2.2 Sistema de control.

La configuración más extendida es modular, es decir, su módulo de potencia se encuentra por separado. Al tener sus componentes en una sola unidad se conoce como joystick integral, en este caso el módulo de potencia se encuentra dentro del joystick (Guía Movilidad, 2009).

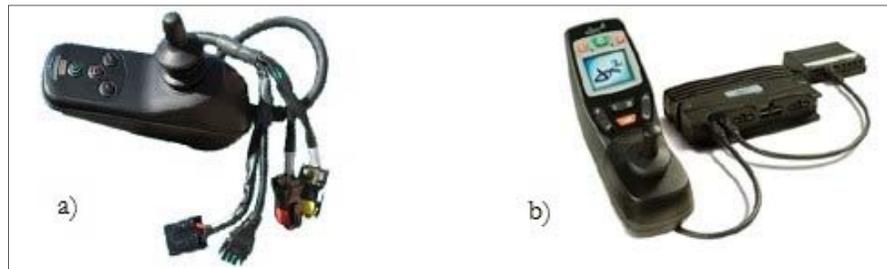


Figura N° 5: Sistemas de control a) Integral y b) modular.

Los joysticks son programables, según gusto o necesidad, configurando parámetros como velocidad, aceleración, frenada, suavidad de respuesta al mando, sensibilidad al temblor de la mano, etc.

2.2.3 Baterías.

Las sillas de ruedas eléctricas estándar utilizan 2 baterías de plomo, de tipo GEL o AGM.

La autonomía varía bastante según el modelo, peso del usuario, etc., llevan baterías de entre 40 y 60Ah para el uso normal.

Los cargadores son automáticos y será suficiente con ponerlo a cargar por la noche.



Figura N° 6: Diferentes cargadores.

2.3 Sillas de Ruedas Inteligentes.

Es aquella capaz de memorizar la estructura de cualquier edificio, incluido su mobiliario, y llevar luego a su ocupante a través de él, siguiendo comandos de voz y trazando su propio camino.

Hay investigaciones en curso realizadas por universidades, instituciones o personas particulares dentro de esta área (MEYRA-ORTOPEDIA, 2010). A continuación se describen algunas tipologías de sillas de ruedas eléctricas inteligentes.

2.3.1 Silla de ruedas con sensores.

Hace que el usuario se traslade cómodamente sin necesidad de aplicar algún tipo de energía, ya que gracias a los sensores, ésta reconoce cualquier obstáculo. También funciona mediante reconocimiento de voz.

2.3.2 Silla de ruedas con conexión a GPS.

Mediante esta tecnología, el artefacto se puede conectar a un GPS y ubicar cualquier dirección a donde se quiera llegar, desplegando diferentes rutas, adoptando la más conveniente según el usuario. Cuenta con un sensor de voz que le permite al usuario, moverse sin aplicar energía.

2.3.3 Ruedas E-Motion.



Figura N° 7: Rueda E-Motion.

Las ruedas E-Motion aportan energía adicional al impulso generado por el usuario de forma manual. Las ruedas E-Motion incluyen un motor silencioso sin engranajes, alimentados con baterías de iones de litio, no requieren mantenimiento y poseen sensores inteligentes que detectan el movimiento. Su velocidad máxima de ayuda es 6 [Km/h] y están diseñados para un peso máximo 130 [Kg] (www.lifante.cl).

La rueda E-Motion se monta sobre la silla de ruedas en lugar de la rueda manual.

CAPÍTULO III: ANALISIS, ELECCION Y DESARROLLO DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES PARA LA SILLA DE RUEDAS ELECTRICA

3.1 Estructura.

En este trabajo se define el término “estructura”, como el sistema de soporte para los diversos elementos que permitirán el desplazamiento autónomo de la silla de ruedas (Baterías, motores, etc.). La estructura se considera un elemento externo a la silla de ruedas, el cual se pueda acoplar y desacoplar según el deseo y la necesidad del usuario.

La estructura se debe diseñar de manera tal que soporte los esfuerzos producidos al montar la silla de ruedas en éste, como también los esfuerzos producidos por efecto de la aceleración y frenado.

3.1.1 Silla de ruedas a intervenir.

La silla de Ruedas utilizada es de Plástico, con tubos de fierro dulce de 3/8”, se puede apreciar en la Figura N° 8.

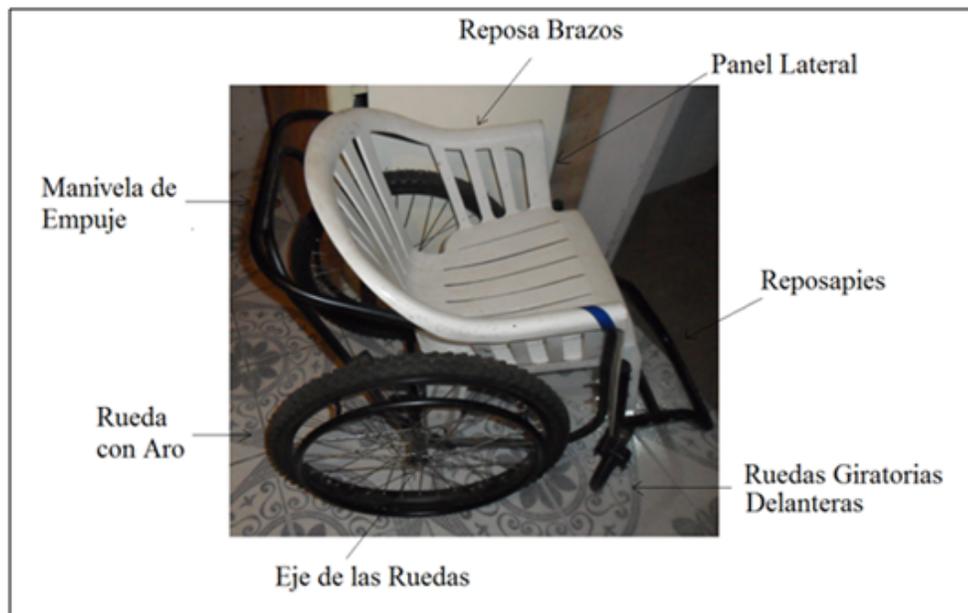


Figura N° 8: Silla de ruedas a Intervenir.

Los datos de la silla de rueda a intervenir se aprecian en la Tabla N° 1.

Características Físicas De La Silla	Medidas
Diámetro De La Rueda trasera	60 [cm]
Diámetro rueda delantera	20 [cm]
Altura (incluyendo el respaldo)	82 [cm]
Ancho (depende de la anchura del asiento)	56 [cm]
Altura de los apoyabrazos (respecto al asiento)	25 [cm]
Altura de los apoyabrazos (respecto al suelo)	70 [cm]
Largo total de la silla de ruedas	113 [cm]
Grosor rueda trasera	4,5 [cm]
Peso de la silla de Ruedas	15 [Kg]

Tabla N° 1: Características de la silla de ruedas.

3.1.2 Análisis de posibles modelos como estructuras de montaje.

Al analizar diferentes modelos, se tuvo en consideración diversos aspectos o ramas interrelacionadas como por ejemplo, métodos de transmisión de fuerza, lugares donde efectuar la fuerza del eje del motor en una rueda, sector en la silla donde se ejercerá la fuerza necesaria para tener mayor tracción, definir los elementos correspondientes y su disposición dentro del móvil.

En las figuras a continuación se presentan bosquejos, representando la idea a alcanzar, de una estructura donde montar los elementos necesarios para mover y direccionar una silla de ruedas.

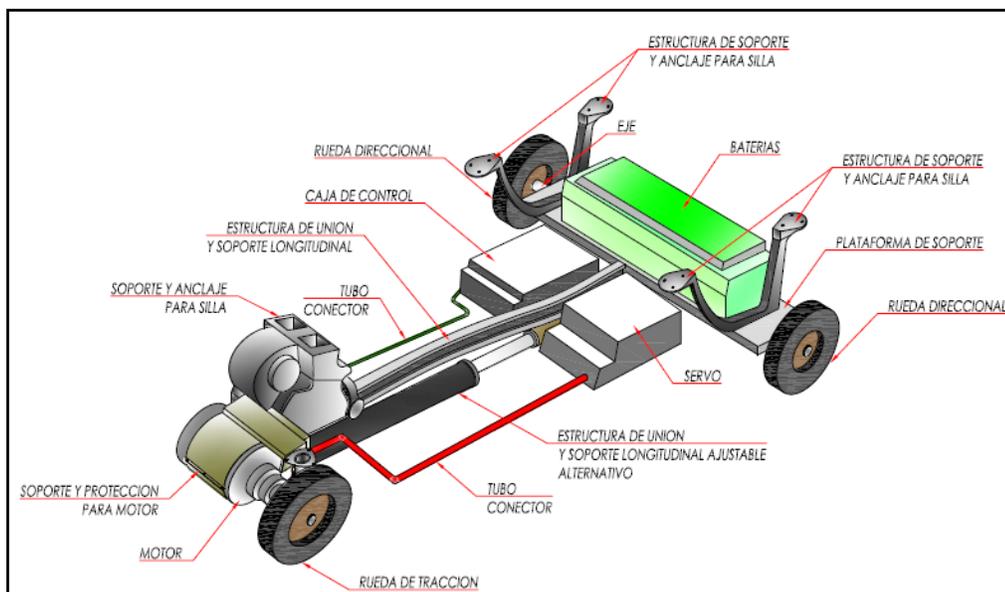


Figura N° 9: Base portadora del sistema 1.

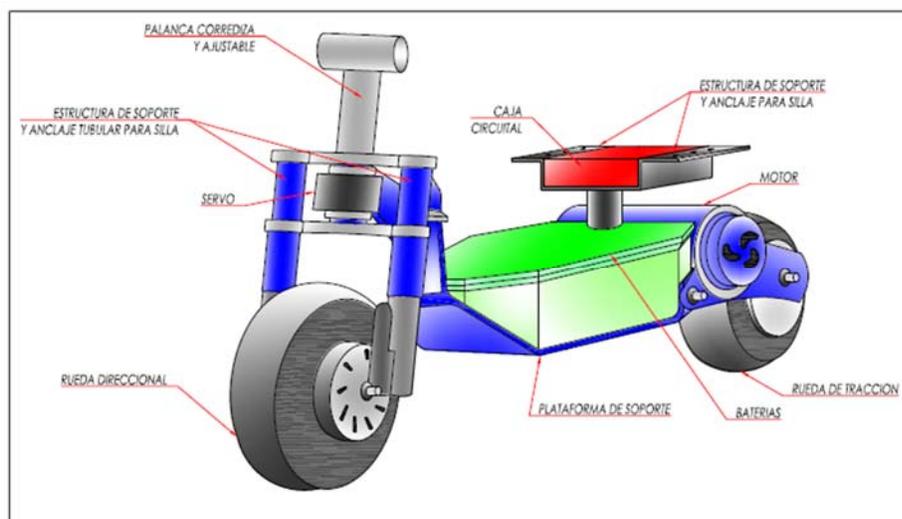


Figura N° 10: Base portadora 2, modelo monopatín.

Como se puede apreciar en la Figura N° 9 y Figura N° 10, la idea principal consiste en utilizar un sistema externo a la silla de ruedas, el cual se pueda desconectar fácilmente de los puntos de anclajes, para que esta quede en su estado original cuando se desee.

3.1.3 Materiales para el Montaje de la Estructura.

Entre los materiales para construir la estructura se consideran aluminio, polietileno, madera y acero. Esto debido a que son elementos comunes, de fácil disposición y adaptables a los trabajos requeridos.

Se realizó un análisis cualitativo de los materiales antes mencionados, en base a analogías referentes a la disponibilidad del material, mano de obra calificada dentro de cada área, cantidad de talleres dentro de la ciudad donde dispongan o trabajen los materiales antes mencionados, costo y propiedades físicas. En la Tabla N° 2 se presenta un resumen con los materiales considerados y ciertos aspectos relevantes a considerar para su elección.

Nombre - Imagen	Accesibilidad	Maniobrabilidad	Durabilidad	Peso	Precio
 Aluminio	Media	Medio	Larga	Liviano	+ Caro
 Polietileno	Media	Fácil	Mediana	+ Liviano	+ Barato
 Madera	Alta	+ Común	Mediana	Medio	Medio
 Acero	Baja	- Común	Larga	Pesado	Caro

Tabla N° 2: Criterio de comparaciones de materiales de construcción.

Debido a su alta durabilidad, gran capacidad de carga y resistencia a las vibraciones que origine la silla, se eligió el acero como material para hacer el chasis de la estructura. El acero es un conductor eléctrico, lo que puede generar instancias de peligro mediante contacto eléctrico con el usuario o quien intervenga la silla de ruedas, por lo cual se prestó especial atención en este ítem durante el diseño, construcción y montaje de la estructura, de forma que la fuente energética quede lo más aislado posible del usuario o un tercero y aislando los terminales de las baterías para evitar el contacto con el chasis.

3.1.3.1 Trabajo en taller de estructuras metálicas.

Dim. Elementos de Acero [mm]	Cantidad
Pletina de 5x100x200	1 [unidad]
Pletina 5x190x200	2 [unidad]
Pletina 5x70x1000	3 [unidad]
Tubo cilíndrico 20 mm	2 [m]
Cilindro 18 mm	2 [m]

Tabla N° 3: Materiales metálicos elegidos.

Con los materiales de la Tabla N° 3, se procedió en un taller de estructuras metálicas, a cortar, perforar y unir las piezas con pernos y soldaduras, para llegar a la estructura diseñada.

3.1.3.2 Estructura de montaje.

En la Figura N° 11 se puede apreciar la estructura de montaje, indicando sus elementos y partes componentes. Se pueden distinguir como partes principales: Pletinas de soporte de la estructura, pletinas de soporte de la silla, base para baterías, eje de la rueda de dirección, portador del Servomotor, base para baterías, pletina portadora de motor y varilla portadora de abrazadera de motor.

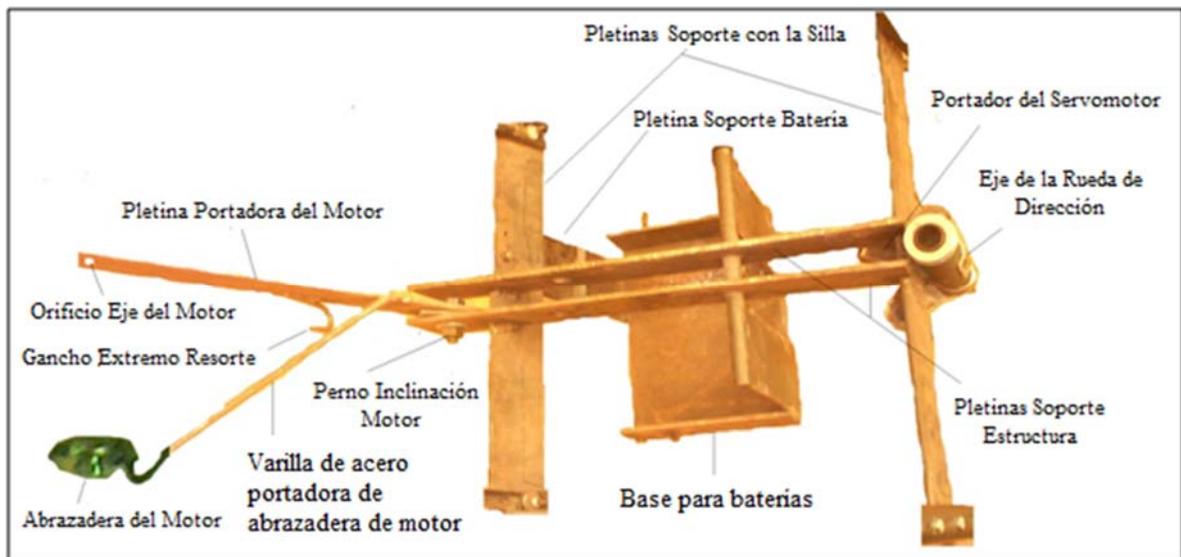


Figura N° 11: Estructura de montaje.

Las pletinas de soporte, son la base estructural que sostiene y/o contiene todos los demás elementos que conforman el sistema, es lo suficientemente rígida para brindar soporte y evitar deformaciones excesivas, ya sea debido al impulso del motor, vibraciones o cualquier otro esfuerzo impuesto.

La pletina portadora de motor se ubica en la parte trasera de la estructura. Se optó por una tracción trasera para mayor comodidad, debido a que una tracción delantera haría más inestable la dirección y por efectos de ubicar las baterías en un lugar donde sea menos peligroso. La pletina portadora del motor, posee un orificio por el cual pasa el eje del motor y se conecta la rueda en el otro extremo para generar el movimiento de traslación e impulsar la silla. También, de esta pletina se desprende una varilla de acero que porta una abrazadera ajustable para sostener y sujetar la parte trasera del motor-reductor y evitar movimientos excesivos del motor. En la pletina portadora de motor se encuentra un gancho soldado a ésta, que sujeta un extremo de un resorte, cuya función es proveer una mejor condición de contacto entre la rueda impulsora y el suelo, para así entregar mayor estabilidad de impulso al sistema.

La pletina portadora del motor en conjunto con la varilla que porta la abrazadera de sujeción se pueden levantar, de esta forma se desactiva la impulsión mediante el motor cuando no se desee utilizarlo.

Adosadas a las pletinas de soporte de la estructura, se encuentran dos pletinas de sujeción en cada extremo, las cuales se fijan por medio de tornillos y/o pernos a la silla de ruedas.

La parte central posee un eje que atraviesa las pletinas longitudinales de la estructura, para sujetar los extremos de la base para baterías.

En la parte delantera hay un eje movedizo, el cual lleva una rueda que dará la dirección a la silla. En este eje se ubica una base que portará un motor encargado de hacer las maniobras de giro.

La base para portar baterías es desmontable, sube y baja, así se puede instalar o retirar las baterías. Tiene unida una pletina la cual se aperna a la pletina de soporte trasera de la estructura, utilizando dos pernos en el extremo de ésta. El espacio es suficiente para realizar maniobras de cambio de baterías o cualquier mantenimiento que se desee.

3.1.3.3 Dimensiones y peso de la estructura.

El peso de la estructura es de 10 [Kg], y las dimensiones se pueden apreciar de forma esquemática en la Figura N° 12. Para un mejor conocimiento de las dimensiones y forma de la estructura, dirigirse al Anexo B correspondiente a planimetría.

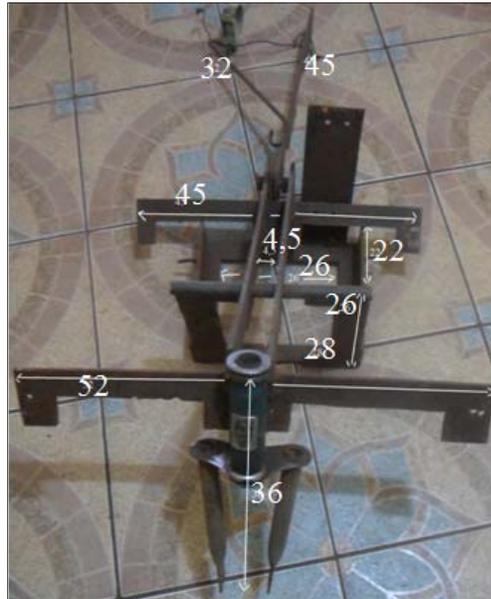


Figura N° 12: Dimensiones en [cm] de la estructura de montaje.

3.1.3.4 Rueda direccional.

La rueda direccional, es similar en dimensiones a las ruedas delanteras de la silla y su ubicación respecto a estas es 5 [cm] más adelante, para que así pueda proveer direccionalidad con mayor eficacia.



Figura N° 13: Ruedas delanteras de la silla.

3.1.3.5 Rueda de tracción.

En la Figura N° 14, se puede apreciar la rueda utilizada como rueda impulsora o de tracción para la silla de ruedas, posee un buje y se adaptó al eje del motor reductor.



Figura N° 14: Rueda utilizada para la tracción del sistema.

El diámetro de la rueda es de 15,24 [cm], dimensión que podría limitar su desplazamiento de acuerdo a la topografía del terreno a transitar.

La rueda del motor-reductor o rueda de tracción, posee un resorte que lo adhiere al suelo para evitar que ésta se levante y asegurar la tracción, de esta forma se tiene control sobre el impulso a ejecutar.

Utilizando engranajes, se puede desconectar la rueda de tracción desde la zona de usuario, levantando la rueda del motor-reductor a 2 o 3 [cm] del suelo, quedando enganchada a esa altura. De esta forma, se puede generar tracción manual para el desplazamiento. Para poner la rueda en funcionamiento nuevamente, basta con desengancharla y dejarla en posición normal de impulso.

3.1.3.6 Adaptabilidad de la estructura de montaje a diversas sillas.

La estructura donde se montan los mecanismos diseñados se pueden adaptar a otras sillas, mediante un sistema de rieles en las pletinas de anclajes, como se indica con líneas blancas en la Figura N° 15. Con esto se obtiene flexibilidad y adaptabilidad en cuanto a formas y tamaños de sillas de ruedas se refiere, logrando un montaje modular y práctico. Para un mayor detalle de los sistemas de anclaje, dirigirse al Anexo B, correspondiente a planimetría.



Figura N° 15: Ranuras para hacerlas adaptables a modelos de sillas.

Para evitar modificar la silla de ruedas durante el montaje, se utilizan tornillos y/o pernos para la fijación de la estructura y eliminación de vibraciones, debido a que estos son de fácil acceso, de manejo sencillo, confiable, práctico y económico. El único aspecto hostil de este sistema de fijación para con el usuario, es que la conexión/desconexión no es autónoma o automática entre la silla de ruedas y la estructura, pues debe intervenir el usuario y muchas veces solicitar ayuda, ya sea para realizar un traslado a otra ciudad, realizar labores de mantenimiento o simplemente desconectar la estructura a la silla de ruedas.

3.2 Baterías.

3.2.1 Denominaciones Existentes.

Existe un conjunto enorme de tipos de baterías, diferentes tamaños, amperaje, voltaje, líquidas, de gel, ventiladas o selladas, químicas, etc. No obstante, hay sólo dos grandes agrupaciones de ellas, las de partida y las de descarga profunda.

a) *Baterías de partida:* Son comúnmente utilizadas para iniciar o arrancar los motores. Los arranques de los motores normalmente necesitan una gran cantidad de corriente pero por muy corto tiempo.

En una batería 100% cargada, el consumo de energía no supera el 5%. De aquí que se trata de una batería de ciclo corto, pudiendo ocuparse durante miles de veces en su tiempo de vida, siendo capaz de descargarse completamente unas 50 veces durante su vida útil. Se recomienda no gastar más allá del 80% de su capacidad de descarga.

b) Baterías ciclo profundo: Están hechas para descargarse cientos de veces. El 80% de su capacidad de descarga es el recomendado.

Se dividen principalmente en abiertas o húmedas, que necesitan mantención del nivel del electrolito; y cerradas, que incluso pueden tener el electrolito en forma de gel, que no necesita mantención. Las baterías húmedas son usadas principalmente en electrificación rural en pequeña escala, mientras que las de gel son usadas en zonas donde se realiza mantención una vez por año, o para instalar en estructuras móviles, tales como barcos y vehículos recreacionales, donde las placas necesitan estar protegidas de los golpes producidos por el movimiento.

El usar una Batería de Ciclo Profundo como batería de inicio, realmente no es un problema, pero, como regla general, si se piensa utilizar una batería de ciclo profundo para efectos de inicio de un motor, por ejemplo; la batería de ciclo profundo deberá ser sobre-dimensionada por lo menos en un 20% comparado con el valor recomendado o existente de la batería de inicio para obtener un amperaje de arranque adecuado. Una batería de ciclo profundo no se dañará si es utilizada como batería de arranque, pero si ambas baterías (de ciclo profundo y de inicio) son de la misma capacidad, la de ciclo profundo no suministrará el amperaje inicial requerido en una batería de arranque con la misma capacidad nominal.

c) Baterías marinas: Son un híbrido entre las baterías de inicio y las de ciclo profundo.

3.2.2 Características de una Batería.

3.2.2.1 Capacidad de una batería - amperios hora [Ah].

La capacidad de una batería, es la cantidad de energía que puede almacenar. La cantidad de energía (Q) se mide en coulomb [C], y es el producto entre la corriente (I) [A] por el tiempo [t].

$$Q[C] = I[A] * t[s]$$

Mas usualmente, se utiliza el Amperio-Hora para medir la cantidad de energía en una batería (Relación 1 [Ah]= 3600 [C]).

3.2.2.2 Estado de carga de batería – SOC.

El estado de carga de una batería, es la cantidad residual de carga que puede restituir la batería en relación a la cantidad nominal que puede almacenar. El SOC se expresa en porcentaje y es del 100% cuando la batería está cargada al máximo.

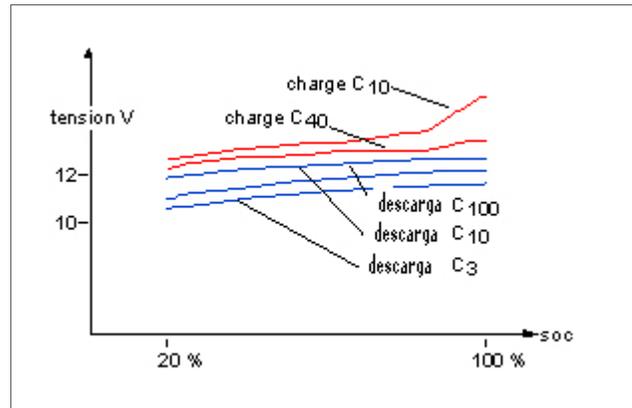


Figura N° 16: Grafica tensión vs SOC.

3.2.2.3 Profundidad de descarga – DOD.

Es el ratio de energía descargada en relación a la cantidad de energía que puede almacenar.

3.2.2.4 Ciclos – longevidad.

Un periodo de carga y descarga se denomina ciclo. Es un parámetro importante de una batería y los ciclos reales dependen en buena medida de la profundidad de descarga que se utiliza en la instalación.

3.2.2.5 Auto descarga.

La auto descarga caracteriza la descarga de la batería aunque no se utilice. Este valor lo indica el constructor y depende de la tecnología. Una batería de aplicación solar puede tener una pérdida de su capacidad de energía del 3 al 5% a una temperatura ambiente de 20°C. La auto descarga aumenta proporcionalmente a la temperatura y al envejecimiento de la batería.

3.2.2.6 Resistencia interna.

La resistencia interna de una batería en buen estado es baja. Este valor aumenta con el estado de carga, la temperatura y el envejecimiento. Dificilmente controlable, la resistencia interna disminuye el rendimiento de la batería.

3.2.2.7 Efectos de la temperatura.

La temperatura tiene mucha incidencia sobre las baterías debido a los componentes químicos que la componen: Tensión, gasificación, pérdida de líquido electrolítico. La temperatura afecta el rendimiento de la batería, capacidad, auto descarga y longevidad.

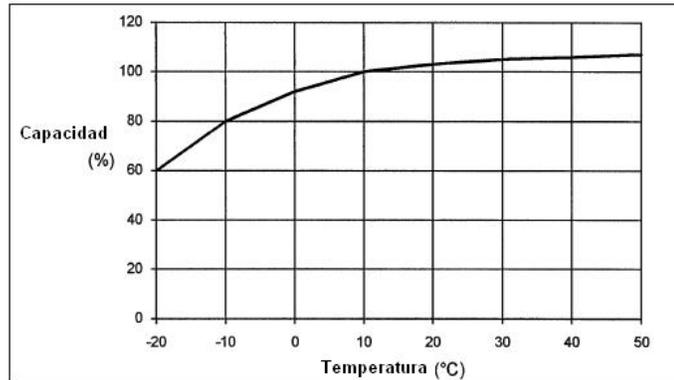


Figura N° 17: SOC en función de la temperatura

Una batería tiene que evitar la congelación debido a la temperatura exterior. La temperatura en frío depende del estado mínimo de carga. Una batería es menos sensible en frío cuanto más cargada esté.

3.2.3 Baterías a Considerar.

Dentro de las baterías consideradas para energizar los motores y circuitos a utilizar, tenemos las de Pb-acido, de gel y solares. A continuación se presentan las características de estas baterías.

3.2.3.1 Baterías de ácido y plomo.

Una batería de arranque de 12[V] contiene seis celdas individualmente separadas y conectadas en serie, en una caja de polipropileno (Figura N° 18). Cada celda contiene un elemento (bloque de celdas) que está compuesto de un bloque de placas positivas y negativas (BOSCH, 2010).



Figura N° 18: Batería de Pb – acido.

Por su parte, el bloque está compuesto de placas de plomo (rejilla de plomo y masa activa) y material micro poroso de aislamiento (separadores) entre las placas de polaridad opuesta. El electrolito es ácido sulfúrico diluido que permea los poros de las placas y separadores y que llena los espacios libres de las celdas. Los terminales, las conexiones de las celdas y de las placas son hechas de plomo (BOSCH, 2010).

3.2.3.2 Baterías de gel

Es una batería recargable de plomo-ácido en la que el electrolito no es líquido como en la batería común, pero tiene la consistencia y apariencia de un electrolito compuesto gelatinoso.

En este tipo de batería el ácido sulfúrico es mezclado con Dióxido de Silicón o "microsilica", un polvo cristalino que le da al ácido una consistencia tipo "gelatinoso". Esto mejora la capacidad de esta batería en soportar calor, vibración y golpes. Su durabilidad es de hasta 5 años.

En un recipiente sellado está libre de mantenimientos, inmune al riesgo de derrame accidental de ácido líquido, es muy conveniente para la instalación en las proximidades de las personas y equipos electrónicos.

La forma de gel líquido proporciona una mayor protección a la placa durante la descarga, haciendo estas baterías especialmente adecuado para aplicaciones que requieren una gran cantidad de ciclos profundos de descarga.

Batería de Pb-acido	Batería de GEL
<i>Ventajas</i>	<i>Ventajas</i>
Tiene una resistencia eléctrica interna muy baja. Entregan y absorben tasas más altas de corriente eléctrica. Se pueden cargar a una tensión normal.	Menos evaporación y un aumento de la vida útil. Número mucho mayor de ciclos de cargas y descargas. Descargas profundas. Soportan ambientes con vibraciones, golpes y altas temperaturas. Voltaje más estable durante la descarga. Si esta batería se rompe, no hay posibilidad de derrame de líquido. Puede trabajar en cualquier posición por no tener líquido alguno.
<i>Desventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Menor descarga de su capacidad Posee un efecto de memoria, cree que está cargada pero no lo está.	Mayor precio Menor grado de distribución en el mercado

Tabla N° 4: Comparación de baterías de Pb-ácido y de Gel

3.2.3.3 Baterías solares

Son baterías de ciclo profundo, las más utilizadas son de Pb-ácido líquido o gelatinoso, siendo las últimas más recomendadas.

Las baterías de plomo-ácido se aplican ampliamente en los sistemas de generación fotovoltaicos. Dentro de la categoría plomo-ácido, las de plomo-antimonio, plomo-selenio y plomo-calcio son las más comunes.

La unidad de construcción básica de una batería es la celda de 2 Volts. Dentro de la celda, la tensión real de la batería depende de su estado de carga, si está cargando, descargando o en circuito abierto (www.solarshop.cl).

De sus características, es importante la mayor profundidad de descarga (PD) y un alto valor para el ciclaje. La máxima energía que puede almacenar se reduce al 80% de su valor inicial (www.solarshop.cl).

Las baterías solares también se fabrican de níquel-cadmio [Ni-Cd]. Este tipo de batería de ciclo profundo, debido a su alto costo inicial (6 a 8 veces el de una batería equivalente de Pb-ácido), este diseño no ha podido suplantar al tipo Pb-ácido con electrolito líquido. Sin embargo, el costo operacional (largo plazo) es mucho menor que el de una batería de igual capacidad del tipo Pb-ácido debido a su larga vida útil y bajo mantenimiento (www.solarshop.cl).

Si se habla de eficiencia, la doble conversión de energía que toma lugar en una batería resulta en una eficiencia total [η_b] que está dada por la expresión:

$$\eta_b = \eta_c * \eta_d$$

Donde [η_c] es el valor de la eficiencia de carga y [η_d] el de descarga. Ambos valores varían con la temperatura del electrolito y el estado de carga de la batería, ya que la resistencia interna de la misma genera estas pérdidas (www.solarshop.cl).

La capacidad de almacenamiento de una batería de Pb-ácido varía con la temperatura del electrolito, en la Tabla N° 5 se expresa la variación de la capacidad con la temperatura.

Temperatura [°C]	Capacidad [%]	Eficiencia
30	105	1,05
25	100	1
16	90	0,9
4	77	0,77
-7	63	0,63
-18	49	0,49

Tabla N° 5: Variación de la Capacidad con la temperatura.

Cuando la temperatura ambiente es de 50 [°C], la batería se descargará totalmente en un mes (25%/semana). Cuando la temperatura ambiente es cercana a los 25 [°C], la auto descarga se reduce a un 6%/semana (4 meses para una descarga total). Estas cifras muestran que si una batería de este tipo permanece en depósito por largo tiempo, deberá ser recargada con frecuencia (www.solarshop.cl).

Entre otras cosas se podría decir, que el Cargador Solar no necesariamente debe estar expuesto al sol para recargar el dispositivo electrónico, ya que puede ser cargado mediante cualquier fuente de luz.

Se puede cargar su dispositivo electrónico durante la noche, ya que el cargador solar dispone de una batería interna, en la que almacena la energía eléctrica para su uso a posteriori (www.solarshop.cl).

Los cargadores solares disponen de conexión USB para ser recargados mediante corriente eléctrica.

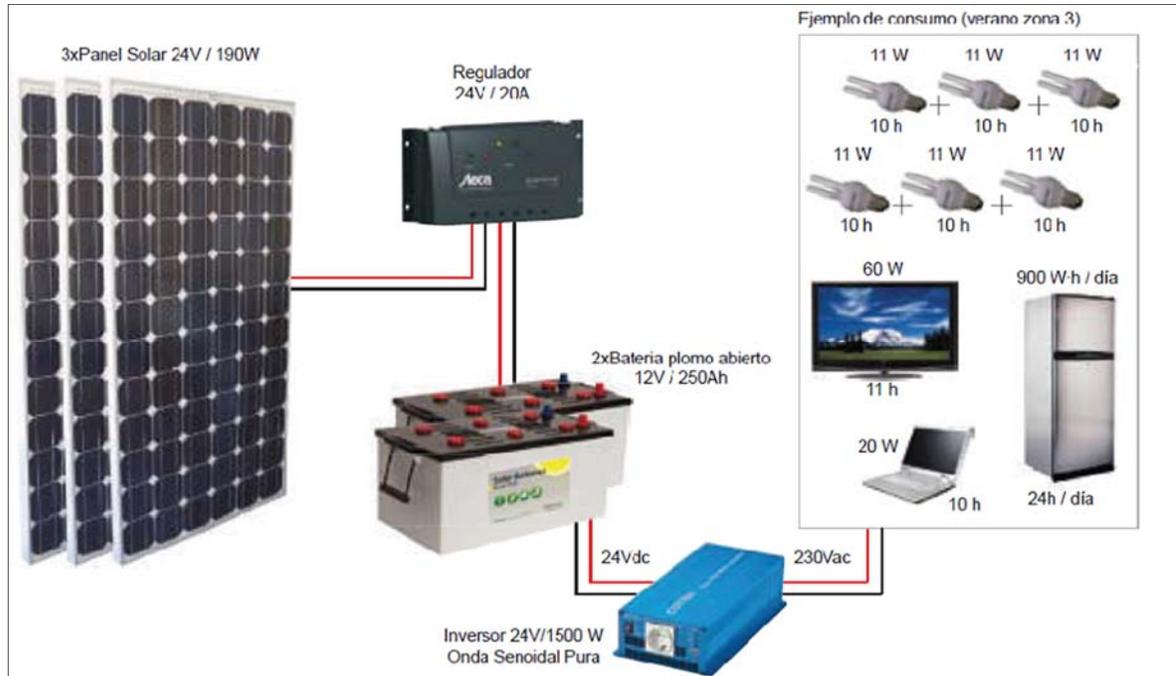


Figura N° 19: Sistema básico conexión batería solar.

Si se quisiera ocupar una batería solar, se debería cargar en la red eléctrica para ser ocupada por primera vez en el sistema, entonces se carga por una vez en su vida, después el sistema la auto mantiene.

Como vemos en la Figura N° 19, el panel recibe la energía de la luz, luego a través de un regulador se pasa hacia la batería, este se encarga de dejar pasar la energía que necesite la batería o detenerse si la batería está cargada (www.solarshop.cl).

Se necesitan 3 elementos para montar un sistema con energía solar. Un panel, un regulador y las baterías donde almacenar la energía.

Tomando en cuenta las variables de los elementos de montaje de energía solar mínimos, resultaría poco eficiente, para mantener una cantidad de energía optima, se requiere de un sistema de mayor tamaño y peso en relación a la silla, montaje más elaborado por la constitución de los materiales y las dimensiones de los elementos involucrados, además dentro del tránsito se prevén lugares, donde la intensidad de la luz sea de menor grado.

3.2.4 Batería Utilizada.

Por seguridad, se utilizaron dos baterías de ácido y plomo sellada, libre de mantención, de marca ASAHI, como se aprecia en la Figura N° 20 (www.bateriasdeauto.cl).

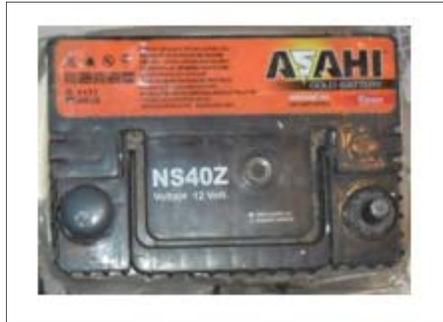


Figura N° 20: Batería ASAHI.

3.2.4.1 Características de batería utilizada.

BATERIA ASAHI										
MODELO	N° PLACAS	CAPACIDAD CRANCKING	DIMENSIONES [mm]			TIPOS BORNES	POSICION BORNES	ORIGEN	PESO KGS.	ACIDO LITROS
			LARGO	ANCHO	ALTO					
NS40Z	9	35/275	197	129	225	DELGADO	2	KOREA	7.3	3.0

Tabla N° 6: Características batería ASAHI.

La capacidad de arranque en frío, también conocida como Cold Cranking (C.C.A.) es la corriente de alta intensidad que la batería puede proporcionar a muy baja temperatura, (-18 [°C]) durante 300[s].

La diferencia entre capacidad de arranque y capacidad de arranque en Frío, está dada por la temperatura a la que se realiza el ensayo. La capacidad de arranque en frío o cold cranking (C.C.A), como vimos, se mide a -18 [°C], mientras que la capacidad de arranque (C.A) se mide a 0 [°C].

3.2.4.2 Principios para elección de batería.

Para elegir una batería se tomó en cuenta la autonomía que entregaría mediante su capacidad, el tamaño adecuado para hacer el montaje, la seguridad entregada dentro de su contorno, su accesibilidad y su adquisición sea por un precio módico.

La capacidad de carga de una batería no es gradual, sino escalar, acorde a su tamaño y peso.

3.2.4.3 Conexiones del circuito serie (diagrama y circuito).

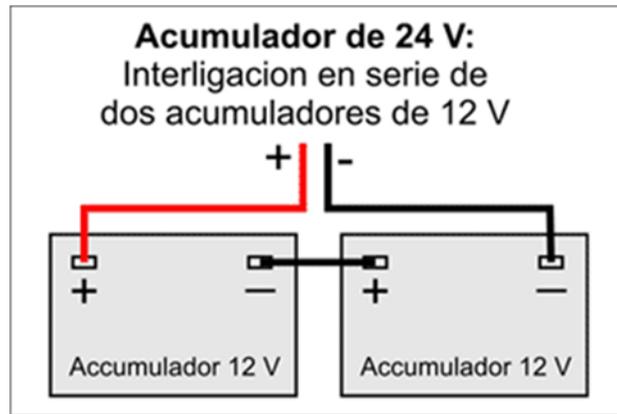


Figura N° 21: Baterías conectadas en serie.

Se necesita alimentar un motor de corriente continua (CC) de 24 [V], con dos baterías de 12 [V] e iguales características. Se realizó la conexión en serie de las baterías.

Las baterías completamente cargadas tienen entre sus terminales 14,4 [V], al aplicarle carga reducen la tensión a 12,7 [V].

Como se puede observar en la Figura N° 21, se conectan dos baterías con igual tensión en serie, al seguir el circuito de positivo a negativo nos encontramos con $+12 [V] + 12 [V] = +24 [V]$.

La capacidad de ambas baterías es 35 [Ah], como se encuentran en serie, ambas conservan ese valor.

El motor requiere en su partida de 19 [A], los cables eléctricos de 4 AWG, mostrados en el circuito son por motivos de seguridad, pues cualquier corto circuito que pudiese ocurrir, las baterías son capaces de entregar hasta 275 [A].

Los terminales con los bornes y cables eléctricos deben ir bien sujetos, para evitar que por medio de vibraciones en el trayecto ocasionen armónicos, ruidos parásitos que ensucien la señal en los elementos electrónicos, como también menor potencia en la entrega hacia el motor o motor reductor.

3.2.4.4 Seguridad para la conexión de bornes.

Para dar firmeza a la conexión y adquirir con ello impermeabilidad con el exterior, además, de proveer mayor seguridad frente a fugas de gases y paso del agua, se procedió a sellar, tanto la unión entre bornes y los cables eléctricos, así como las conexiones realizadas en los circuitos correspondientes, utilizando silicona líquida.

3.2.4.5 Autonomía

A continuación se describen las consideraciones y cálculos para abordar este ítem.

- El peso considerado para el análisis (en suelo sin fricción): 60 [Kg]
- Diámetro de la rueda de tracción: 15,24 [cm]
- Radio de la rueda de tracción: 7,62 [cm]
- Perímetro: $2\pi r = 2 * 3,14 * 7,62 = 47,87$ [cm]; es lo que avanzaría al dar una vuelta la rueda.

Según lo que indica la Tabla N° 11 podemos rescatar algunos datos del motor MR19- 520-222. Su rango de velocidad en la segunda etapa es 56 [RPM] a 222 [RPM].

-Diámetro del eje del motor: 19 [mm]

-Potencia del motor-reductor: 0,060 [KW]

Calculo de la velocidad en términos ideales.

Considerando un suelo sin fricción la velocidad máxima que podríamos obtener del motor, es de 222 [RPM], así tenemos:

Velocidad lineal: $v = \omega * r$

Velocidad Angular: $\omega = 222[RPM] * 2 * \pi/60[s] = 23,236$ [rad/s]

$$\therefore v = 23,236$$
 [rad/s] * 0,0762[m] = 1,77 [m/s]

Por lo tanto tenemos una velocidad máxima ideal de: $v_{m\acute{a}x} = 1,77$ $\left[\frac{m}{s}\right]$ ó $v_{m\acute{a}x} = 6,37$ $\left[\frac{Km}{h}\right]$

Autonomía de la batería en kilometraje de recorrido.

- Potencia del motor reductor: 60 [W]

- Velocidad de la silla de ruedas: 6,37 [Km/h]

- Baterías: 24 [V]; 35 [Ah]

$$Autonomía = \frac{voltaje * amperes * Vm\acute{a}x}{Potencia del motor}$$

$$Autonomía = \frac{24[V] * 35[Ah] * 6,37 [Km/h]}{60 [W]} = 89 [Km]$$

Por lo tanto su autonomía sería de 89 [Km].

Autonomía en tiempo

El Motor reductor tiene: $I_{Vacio} = 1[A]$; $I_{Nominal} = 2,5[A]$; $I_{Arranque} = 19[A]$

Considerando el gasto de energía en la partida del motor por aproximadamente 5 [s] se tendría.

$$I_{Arranque} * t_{de\ partida} = 19[A] * 5[s] = 95 [A \cdot s]$$

Para poder estimar cual es el gasto de energía en la partida del motor pasamos la carga de la batería a segundos.

$$35[Ah] = 35[Ah] * 3600[s] = 126000[A \cdot s]$$

A esa cantidad le restamos la partida

$$126000[A \cdot s] - 95[A \cdot s] = 125905[A \cdot s]$$

$$\frac{Carga\ de\ bateria\ Ah}{Inom\ A} = \frac{(125905/3600)\ A\ Seg}{2,5\ A} = 13:59:22 [h]$$

El tiempo de autonomía sería 13:59:22 [h].

3.2.4.6 Medición de la capacidad de la batería.

a) Tabla de medición de la carga de la batería por Densidad del ácido.

Para las baterías que requieren mantenimiento (por ejemplo con apertura de rosca), se puede usar también, un elevador de la acidez con densímetro para comprobar la capacidad.

Estimación de la capacidad según la acidez	
Densidad del ácido	Capacidad aproximada
1,28 [Kg/dm ³]	-
1,24 [Kg/dm ³]	50 %
1,10 [Kg/dm ³]	0 %

Tabla N° 7: Densidad del ácido vs carga

b) Tabla de medición de la carga de la batería por Tensión.

Una batería la cual va a ser almacenada o dejada de usar debe ser cargada a su capacidad antes de almacenar.

Mediante un multímetro se puede ver la carga que tiene la batería. En Tabla N° 8 vemos la relación de descargas de tensión versus porcentaje de carga.

Tensión [V]	Porcentaje de Carga
12.65	100%
12.45	75%
12.25	50%
12.05	25%
11.90	0%

Tabla N° 8: Estimación de la capacidad por tensión

3.2.4.7 Reemplazo de baterías.

Para el reemplazo de baterías, se desatornilla un perno de la pletina soporta-baterías (ver Anexo B) de la estructura realizada, luego se retira la silicona y se desconecta cuidadosamente las terminales, para proceder a quitar la batería, posterior a ello se reemplaza, se realizan las conexiones en serie del circuito en las baterías, se aplica silicona en las respectivas terminales, para de esa manera aislar las terminales y también darle más sujeción a dichas conexiones.

3.2.4.8 Cargado de batería.



Figura N° 22: Batería conectada un cargador.

Para una carga adecuada de una batería que ha estado sin carga por mucho tiempo, se le debe dar una carga flotante, con tensiones distintas de cero en ambos extremos, la cual monitorea el voltaje de la batería y determina su estado de carga evitando la sobre-carga y posible daño a la misma.

Las baterías de ácido cuando se sobre-cargan tienden a hervir su contenido líquido evaporando el agua y concentrando el ácido.

Las cargas "lentas" entre 1-10 amperes y a 13.8 voltios o más, son perfectas para llevar cualquier batería a su carga máxima posible sin comprometer la composición del ácido y plomo por temperatura.

La carga rápida entre 10 amperes o más, se utiliza en aplicaciones donde se utilizó poco nivel de carga y se requiere llevar la batería a su nivel óptimo en poco tiempo. La carga rápida no garantiza poder llevar la batería a 100% de su nivel de carga.

La carga típica de cualquier batería de 6 celdas es entre 13.4 y 14.4 voltios. 13.8 voltios es el voltaje óptimo de carga. Al quitar la batería de su cargador, sea eléctrico o alternador, rápidamente su voltaje debe bajar a 13.2 voltios y poco a poco estabilizar a 12.6 voltios.

Ninguna batería de 6 celdas en su estado máximo de descarga debe bajar a menos de 10.5 voltios o estará sujeta a daños permanentes.

Ninguna batería de 6 celdas debe ser cargada a voltajes sobre los 15 voltios por más de 2 horas o estará sujeta a daños permanentes y posible explosión.

Los cargadores de batería son con carga controlada, al cargar dos baterías de 12 [V] conectadas en serie, considerando baterías de la misma marca he igual tensión y carga. Se debe tomar la precaución que el cargador tenga 24 [V] o mayor a esa tensión, ya que al estar las baterías conectadas en serie, la resistencia interna aumenta al doble.

3.2.4.9 Reciclado, desechos.

Las baterías plomo y ácido sulfúrico son peligrosas si son tirados a la basura o a cielo abierto. La mayoría de las baterías y de sus materiales son reciclados. Para ayudar a proteger el medio ambiente, nunca descarte baterías viejas o sus piezas con la basura doméstica.

Las tiendas, fabricantes, importadoras y los comerciantes de hierro viejo aceptan baterías usadas y las encaminan a fundiciones secundarias para reciclado. Al comprar una nueva batería, devuelva la antigua al taller.

Las baterías de plomo - acido con electrolito liquido en su interior reciben el número NU 2794, correspondiente a " acumuladores eléctrico de electrolito liquido acido", y se clasifican en clase 8, como indica la Figura N° 23.



Figura N° 23: Símbolo corrosivo clase 8.

Dentro de la Ciudad de Valdivia existe un Centro de Acopio Residuos Transitorios de la municipalidad, en Balmaceda 6481, Collico. Se debe cancelar un cargo de 1/2 UF por unidad (Municipalidad de Valdivia, 2012).

El decreto N° 148 Ministerio de Salud de Chile (Ministerio de Salud. 2004). insta a que el generador sea el encargado de almacenar los residuos peligrosos, en este caso la batería, para su posterior transporte, entonces cuando la persona quiera hacer el cambio de batería, deja la que ha desechado y se lleva la nueva compra que realice, ahora el cargo que aplique el generador al cliente es de criterio propio.

3.3 Motores aptos para la silla de ruedas.

A continuación se hacen analogías entre los motores, tomando en cuenta una serie de parámetros a considerar para la elección del motor final y de cómo se trabajó sobre éste.

3.3.1 Características básicas de un motor eléctrico.

- a) Par motor: Es la fuerza con la que gira el eje del motor. Se mide en Newton-metro [Nm].
- b) Régimen de giro: Es el N° de vueltas que realiza el eje motor por unidad de tiempo. Se mide en revoluciones por minuto [RPM].
- c) Régimen nominal: El que proporciona la máxima potencia de salida en condiciones de trabajo continuo sin enfriamiento adicional. En estas condiciones se produce una sobreelevación de temperatura en la carcasa del motor de 50 [°C] sobre la temperatura ambiente de 25 [°C].
- d) Cupla o Momento: Es la resistencia que deberá vencer el eje para poder girar. Se define como el producto de la fuerza F por la distancia (Brazo de palanca) B .

$$Cupla [Kgf * cm] = Fuerza [Kgf] x Distancia [cm]$$

- e) Potencia: Es la energía utilizada en un cierto tiempo para hacer funcionar el motor. Para definir un motor / motor - reductor se deben tener 2 de los siguientes parámetros: Potencia, Cupla o Velocidad. El tercero queda definido por la siguiente fórmula:

$$Potencia [Hp] = \frac{Cupla[Kgf.cm] * Velocidad[RPM]}{71600}$$

Las unidades de medida generalmente utilizadas son:

$$1 [Hp] = 735,5 [W] = 0,735 [KW]$$

$$1 [Kgf] = 9,8 [N] = 2,20 [Lb] = 35,97[oz]$$

$$1" = 2,54 [cm]$$

f) Rendimiento - Eficiencia: Nos da una idea de cuanta potencia útil se puede obtener del motor.

El rendimiento de un motor por lo general está entre 0,65 y 0,90 y el de un motor-reductor entre 0,6 y 0,85. La fórmula es:

$$Rendimiento [\eta] = \frac{Potencia\ de\ Salida}{Potencia\ de\ Entrada}$$

En la figura .Se muestran las características de un motor de corriente continua (CC ó DC Direct Current en inglés), ocupado en las pruebas realizadas para ejemplificar las unidades de medición (Catálogo KING RIGHT MOTOR CO., LTD).

NO	R.P.M.	VOLT(V)	I (AMP)	INPUT (W)	TORQUE (KG-CM)	OUTPUT (W)	EFF (%)
1	65	12.16	1.82	22.1	2.90	1.9	8.6
2	63	12.16	3.22	39.2	17.60	11.4	29.1
3	62	12.13	4.60	55.8	32.80	20.9	37.5
4	61	12.13	6.07	73.6	48.10	30.1	40.9
5	59	12.13	7.56	91.7	63.00	38.1	41.5
6	59	12.13	8.94	108.4	78.30	47.4	43.7
7	55	12.12	10.60	128.0	93.30	52.6	43.1
8	57	12.13	10.23	124.1	90.30	52.8	42.5
9	57	12.12	12.01	145.8	106.10	61.0	41.0

Figura N° 24: Tabla de las características eléctricas de un motor CC.

3.3.2 Motores Eléctricos.

Según su corriente de alimentación, existen dos grupos de motores, los de corriente alterna (CA) y los de corriente continua (CC).

Motores	Tamaño	Rendimiento	Control Velocidad	Montaje en la silla
CA	Menor	5 % mayor aprox.	Tendencia a velocidad fija.	Batería CC - CA
			Normalmente variando su frecuencia.	CA - Motor.
			Al variar el nº de polos, debe conectarse y desconectarse cada vez. El nº de estas conexiones son discretas.	Control De Velocidad.
				El Giro Cambiando Polaridad.
CC	Mayor	65- 90 %	PWM, pasando por puente H, para la etapa de potencia.	Batería - Motor
				Control - Velocidad.
				Giro Cambio Polaridad.

Tabla N° 9: Tabla comparativa de motores CA vs CC.

En el estado de arte de las sillas de ruedas eléctricas, los motores en sus análisis y montaje, son de corriente continua.

3.3.2.1 Motores CC

A continuación se analizan diferentes puntos referentes a los motores de este tipo.

a) Pérdidas en los motores eléctricos.

En toda máquina eléctrica existen pérdidas de distinto tipo, entre ellas tenemos:

Tipos	Pérdida	Lugar
Eléctricas	Efecto Joule	Bobinados
	Histéresis	Núcleos Magnéticos
	Calor	Carbones y escobillas
	Corrientes Parásitas	Materiales Magnéticos no laminados
Mecánicas	Fricción	Acoplamientos Mecánicos
	Ventilación	Partes Rotantes

Tabla N° 10: Pérdidas de las maquinas eléctricas.

b) Curvas características de un motor CC.

Ocupando el ejemplo de un motor de 12 [VDC], 65 [RPM] sin carga (RATIO : 1/65); tenemos la siguiente curvas características (Catálogo KING RIGHT MOTOR CO., LTD).

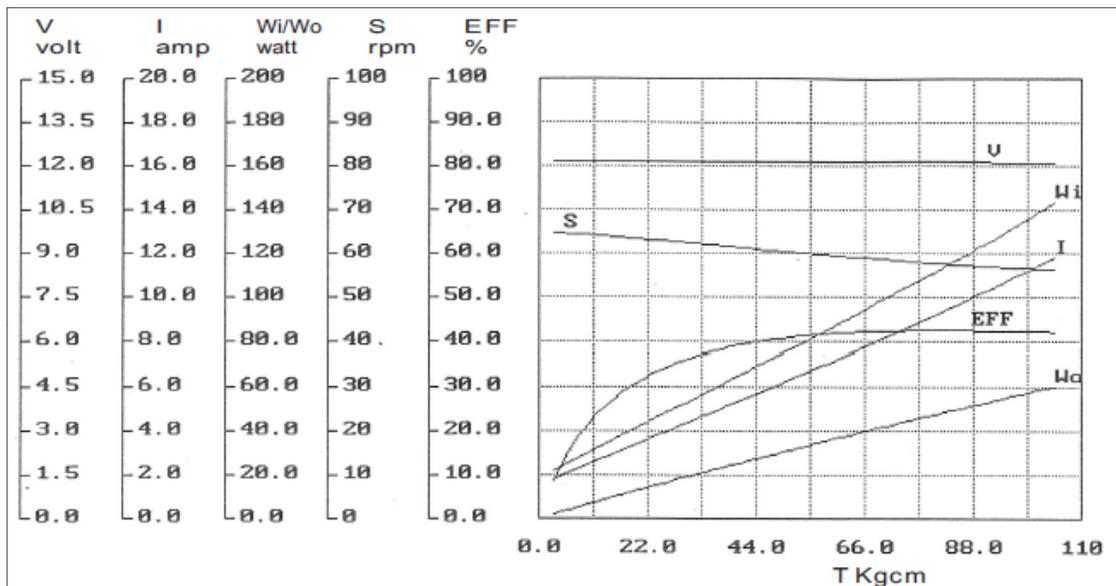


Figura N° 25: Curvas características motor CC.

c) Rendimiento motor CC.

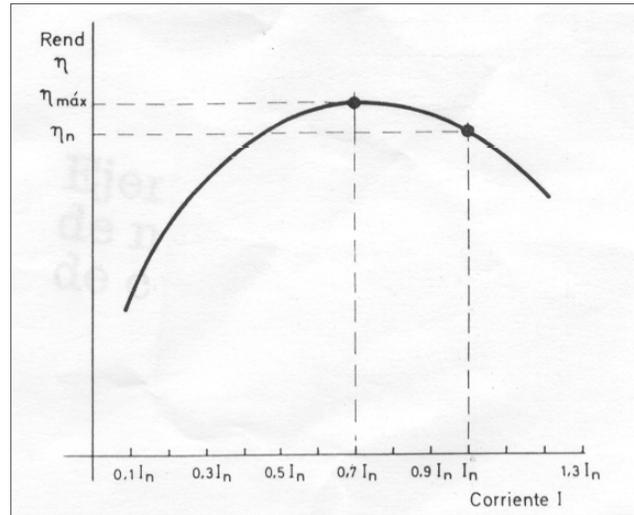


Figura N° 26: Curva de rendimiento de una máquina de corriente continua.

El rendimiento típico es de un 65 - 90 % (Catálogo IGNIS, 2009).

d) Sentido de giro del motor CC.

La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua, se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido.

- *Control de sentido de giro para los motores:* Con fuente simétrica o doble fuente, por medios de Relés, mediante un puente H.

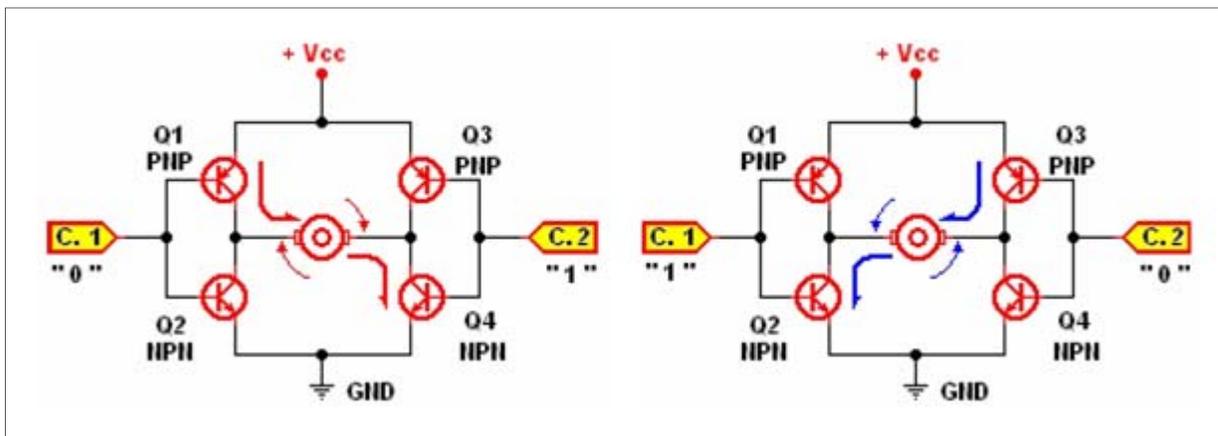


Figura N° 27: Puente H

Del inicio del puente H, nacen circuitos integrados, tales como el UCN5804, el BA6286, el L293B, L297, L298 o también el ULN2803 o el ULN2003.

e) Control Velocidad del motor CC.

Si se realiza a través de la tensión, estaremos variando la tensión de entrada al devanado inducido. Esto se puede realizar de diversas formas:

-*Por control reostático:* Usando un sistema denominado Ward-Leonard, utilizando un elevador reductor, con un variador electrónico. Es el más empleado por su facilidad de uso y de programación.

-*Manipulación de la velocidad del motor mediante su intensidad:* Tendremos que variar el flujo inductor. Esto se realiza de dos maneras, con un reóstato para regular el flujo en el campo o con un control electrónico.

-*Otro método ocupado:* Es mediante una Modulación de Ancho de Pulso. Por medio de la utilización de un puente H, para mantener la potencia del motor, independiente de su velocidad.

3.3.2.2 Criterios a elección de un motor

Se analizó un motor de 12 [VCC], Por el hecho de tener alimentación común a esa tensión con la que entregan las baterías y ahorrar peso.

Por efectos de potencia se optó por un motor de 24[VCC]. Se utilizó un reductor de velocidad, entrando con ello al mundo de los motor-reductores, para adquirir del motor una mayor cupla.

3.3.2.3 Selección de motor o motor reductor

La manera de aumentar la cupla del motor, es mediante los reductores de velocidad, lo que conlleva a sacrificar la cantidad de [RPM] en un motor. El rendimiento desciende por cada etapa reductora adicional que se le agreguen al motor, en el camino de la cupla a alcanzar.

En el motor-reductor obtenido se ocupa el sistema (Planetarios-Epicicloidal), como se aprecia en la Figura N° 28.

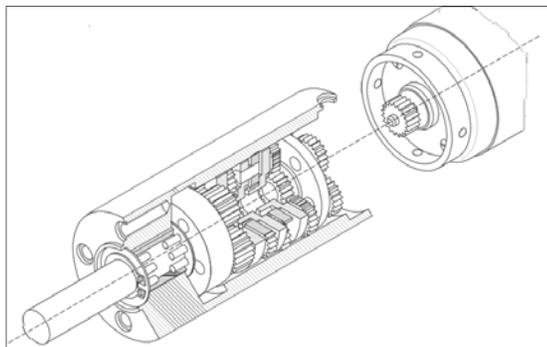


Figura N° 28: Sistema Planetarios-Epicicloidal.

3.3.2.4 Motor reductor utilizado

Las solicitaciones del motor-reductor respecto de la potencia, fuerzas y radios de giros necesarios, se exponen en el **anexo A**.

Su peso es 2,5 [Kg], y su largo de 28 [cm] aprox. (Catálogo IGNIS, 2009).



Figura N° 29: Motor-reductor usado.

En la Tabla N° 11, se aprecian las características técnicas de MR19-520-222, utilizado en la tracción del sistema desplazamiento externo a la silla de ruedas estructurado.

				Modelo
MR - Eje - Motor				MR19-520-VEL
Servicio				Continuo
Potencia Entrada [KW] / Salida [Hp]				0,0675
Tensión nominal [VCC]				24
Io(Int.vacío). Inom(nominal). Is(arranq./bloq.) [A]				1 . 2,5 . 19
Velocidad Nominal, Vacío				2000 2500
Etapas	Desmult	Engr.	Vel. [RPM]	Cupla [Kgf.cm]
0	1:01	0	2000	2,4
1	2,9:1	3	667	7,2
1	4:01	4	500	9,7
1	6:01	6	333	14,5
2	8,4:1	33	222	21,8
2	11,6:1	43	167	28,9
2	16:01	44	125	38,7
2	24:01:00	64	83	58,2
2	36:01:00	66	56	86,3
3	46,5:1	443	42	115,1
3	64:01:00	444	31	155,9
3	96:01:00	644	21	230,1
3	144:01:00	664	14	345,2
3	216:01:00	666	9,3	500
4	256:01:00	4444	7,8	"
4	384:01:00	6444	5,2	"
4	576:01:00	6644	3,5	"
4	864:01:00	6664	2,3	"
4	1296:01:00	6666	1,5	"

Tabla N° 11: Tabla con características eléctricas del motor-reductor MR19-520.

3.3.2.5 Construcción de ejes externos del motor.

a) Eje catalina-piñón.

Al ejercer la transmisión de fuerza por Catalina-piñón unida por una cadena, se tuvo que lograr hacer un eje que se apreté al eje del motor y se adhiriera a la catalina, en forma que no deslice y que éste sea desmontable. Para esto se utilizaron un sistema de fijado mediante pernos. Por lo tanto el sistema consta de tres partes: eje motor, eje externo y catalina.



Figura N° 30: Eje externo para catalina.

Se procedió a cortar y adecuar el marco de un triciclo, para montar el sistema motor catalina-piñón. El motor se hizo descansar en una pletina y se sujetó mediante pernos en todo su perímetro. Luego se ensambló el eje del motor con el eje externo creado en el taller de estructuras metálicas y se montó la catalina, la cual se fijó mediante un perno, como se indica en la Figura N° 30.

En este sistema catalina piñón, la catalina como ya se indicó, coincide con el eje del motor, mientras tanto que el piñón se ubica en la rueda de tracción, estas se encuentran unidas por una cadena.

b) Eje externo para conectar el buje de la rueda con el motor.

El eje adaptado para hacer la conexión entre el motor-reductor y la rueda de tracción, corresponde a un tubo metálico soldado a una rueda con buje y adaptado a la forma del eje del motor-reductor, como se muestra en la Figura N° 31.



Figura N° 31: Eje en buje de la rueda.

Para cada uso del motor, se debe considerar un sistema de montaje/ensamblaje particular, donde debe existir un eje conector adecuado, que permita dar seguridad y obtener el máximo rendimiento. De esta forma se puede obtener un sistema versátil y adaptable utilizando un mismo motor. El costo de crear un eje externo va de acuerdo a su complejidad.

3.3.2.6 Circuito de tracción montado.

3.3.2.6.1 Diagrama de control circuito de tracción.

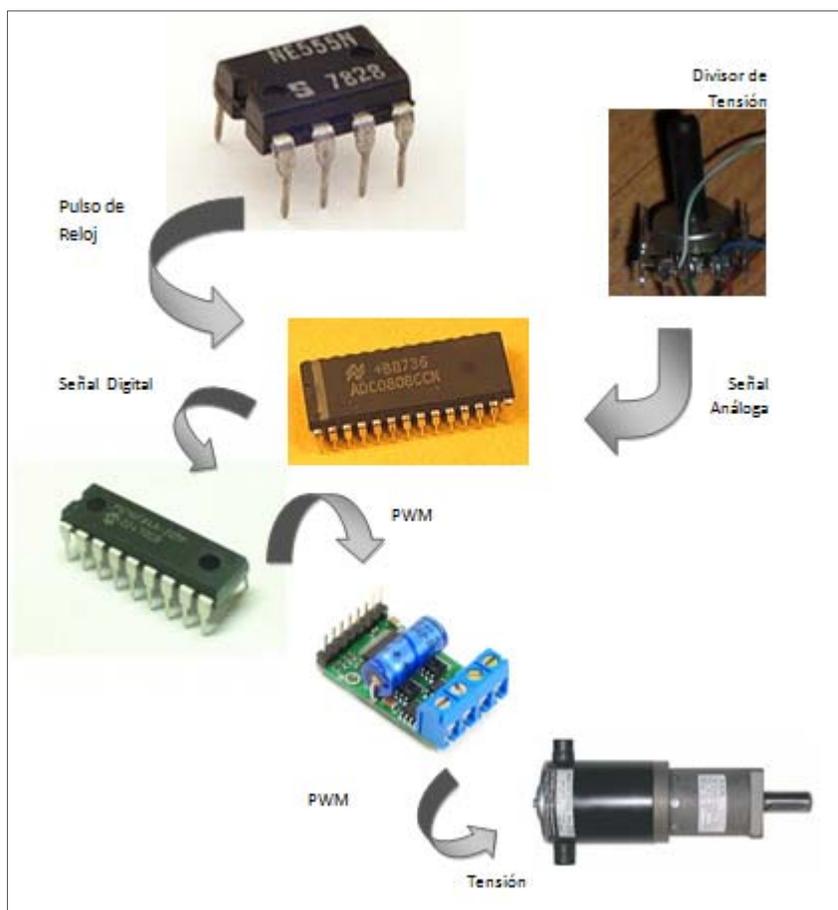


Figura N° 32: Diagrama de control circuito tracción.

En el siguiente cronograma ejemplificado en la Figura N° 32, se pueden apreciar, como diferentes elementos electrónicos se comunican hasta llegar a los terminales del motor reductor y controlar su velocidad y dirección de su eje.

Con el NE555 se proporciona un pulso de reloj de 400 [KHz] al ADC0808, por medio de un potenciómetro divisor de tensión de 0-5 [V], el usuario enviará directamente señales en forma análoga al ADC0808.

El ADC0808 envía por medio de un bus de datos una señal digital en byte al PIC16f84.

El PIC16F84 envía a la tarjeta controladora el PWM, ancho de pulso controlado por la información que envía el ADC0808 y la tarjeta envía al motor reductor el PWM y la tensión de alimentación.

3.3.2.6.2 Circuito de reloj.

Como los RC no son sistemas estables, se procede a pensar en un NE555 pues éste define una velocidad de funcionamiento mediante su configuración estable.

En la Figura N° 33 vemos un NE555 (Texas Instrument, 2010).

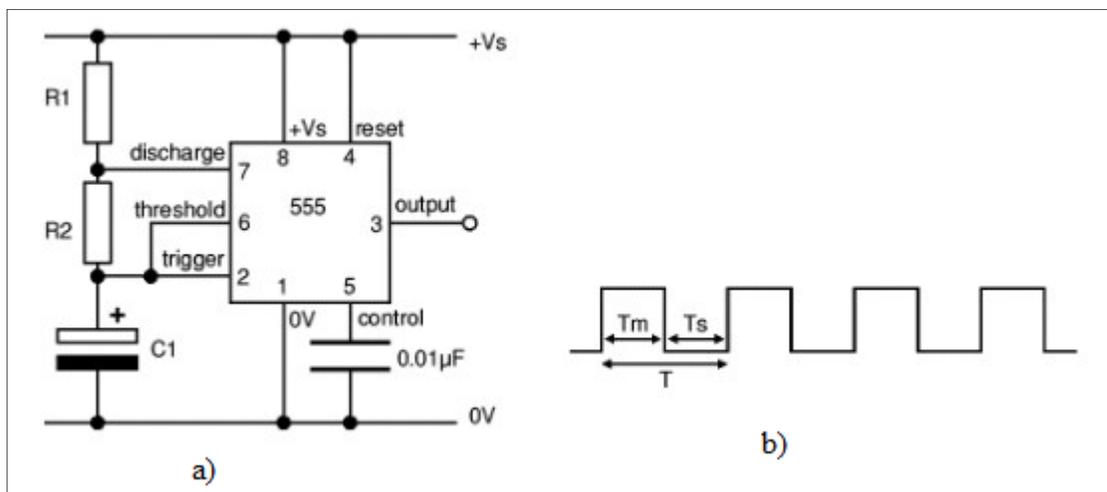


Figura N° 33: a) Configuración NE555 como astable y b) relación de tiempo.

Los valores de R1, R2 y C1 son los responsables de determinar el timing de la señal, de acuerdo con las siguientes formulas:

$$T = 0.7 \times (R1 + 2R2) \times C1$$

$$F = 1.4 / ((R1 + 2R2) \times C1)$$

Donde el periodo T se expresa en segundos, la frecuencia F en Hertz, los valores de R1 y R2 en ohms y la capacidad de C1 en faradios.

La relación marca-espacio (T_m y T_s), también conocida como “duty cycle”, es muy utilizada a la hora de controlar la velocidad de motores de corriente continua, el brillo de una lámpara, etc. Se calculan mediante las tres fórmulas siguientes:

$$T = T_m + T_s$$

$$T_m = 0.7 \times (R1 + R2) \times C1$$

$$T_s = 0.7 \times R2 \times C1$$

Como se deduce de ellas, en los casos que T_m y T_s necesiten ser iguales (duty cycle del 50%) $R2$ deberá ser mucho mayor que $R1$.

En la Tabla N° 12 se indican parámetros a considerar.

Símbolo	Parámetro	Condiciones	Mínimo	Típico	Máximo	Unidades
TC	Tiempo de Conversión	$f_{CLK} = 640$ [KHz]	103		114	[Us]
TC	Tiempo de Conversión	nota 5,6	66		73	[1/fCLK]
f_{CLK}	Frecuencia de Reloj	$V_{CC} = 5$ V (nota 5)	100	640	1460	[KHz]
	Ciclo de Trab. del Reloj	$V_{CC} = 5$ V (nota 5)	40		60	[%]

Tabla N° 12: Parámetros NE555.

Se recomienda como mínima capacidad del condensador 1 [nF].

3.3.2.6.3 Conversores análogos digital ADC.

Por el hecho de que el PIC16F84 no posee ADC, se debe considerar un conversor análogo digital externo, para transformar los datos análogos provenientes de la diferencia de potencial originadas por el usuario mediante un potenciómetro, a entradas digitales al microcontrolador.

El Conversor analógico-digital (ADC) es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario.

Sus Parámetros son:

a) *Resolución*: Es el número de bits que posee la salida digital, se mide en bits o en LSB. Indica el mínimo cambio que se puede detectar de la señal de entrada y se expresa mediante el N° de bits de la palabra código de salida.

Para "n" bits $\Rightarrow (1/2^n) \cdot 100$

bits	Resolución	$V_{REF} = 5[V]$
8	0,39%	19 [mV]
12	0,02%	1,22 [mV]
16	0,00%	0,076 [mV]

Tabla N° 13: Resolución ADC en razón a bits.

En general podemos decir que aquellos convertidores con $n \geq 12$ bits se consideran de alta resolución.

b) *Precisión*: La precisión es una comparación entre la salida real de un ADC y la salida esperada. Se expresa como un porcentaje de la tensión de salida a fondo de escala o máxima. Por ejemplo, si la salida a fondo de escala de un convertidor es 10 [V] y la precisión es $\pm 0,1\%$, entonces el error máximo para cualquier tensión de salida es: $(10 [V]) \cdot (0,001) = 10 [mV]$

c) *Linealidad*: Un error lineal es la desviación de la salida ideal (una línea recta) del ADC. Un caso especial es el error de offset, que es la tensión de salida cuando los bits de entrada son todos cero.

d) *Error de offset*: Se presenta cuando la característica del ADC está desplazada respecto de la del ideal

$$V_{off}(error) = V_t(real) - V_t(ideal)$$

e) *Tiempo de conversión (Tc)*: Normalmente, el tiempo de conversión se define como el tiempo que tarda un ADC en quedar dentro de $\pm 1/2$ LSB del valor final, cuando se produce un cambio en el código de entrada. En otras palabras, es el tiempo que la salida analógica tarda en estabilizarse después de haber aplicado la entrada digital.

Valores típicos: $10[ns] \leq T_c \leq 10[ms]$

f) *Interfaz Usuario*: La interfaz con el usuario para el control del motor la tendrá por medio de un variador de tensión que pasara por medio de un ADC0808.

3.3.2.6.4 ADC0808.

Es un componente para la adquisición de datos, este circuito CMOS tiene un convertidor analógico-digital de 8 bits, un multiplexor de 8 canales y una lógica de control que lo hace compatible con todos los microprocesadores. Para la conversión utiliza el método de aproximaciones sucesivas.

Este dispositivo ofrece gran velocidad, gran exactitud, mínima dependencia a la temperatura y un consumo mínimo de energía, por tanto lo hace un dispositivo ideal en aplicaciones de control y de automotores (NATIONAL SEMICONDUCTOR, 2009).

a) Características del ADC0808.

- No requiere ajuste a cero o a escala completa.
- Tiempo de acceso de 135 [ns].
- 8 bits de resolución.
- Tiempo de conversión de 100 [ms].
- Fácil interface con todos los microprocesadores.
- Error total de +/- 1/2 LSB y +/- 1 LSB.
- Consumo de potencia de 15 [mW].

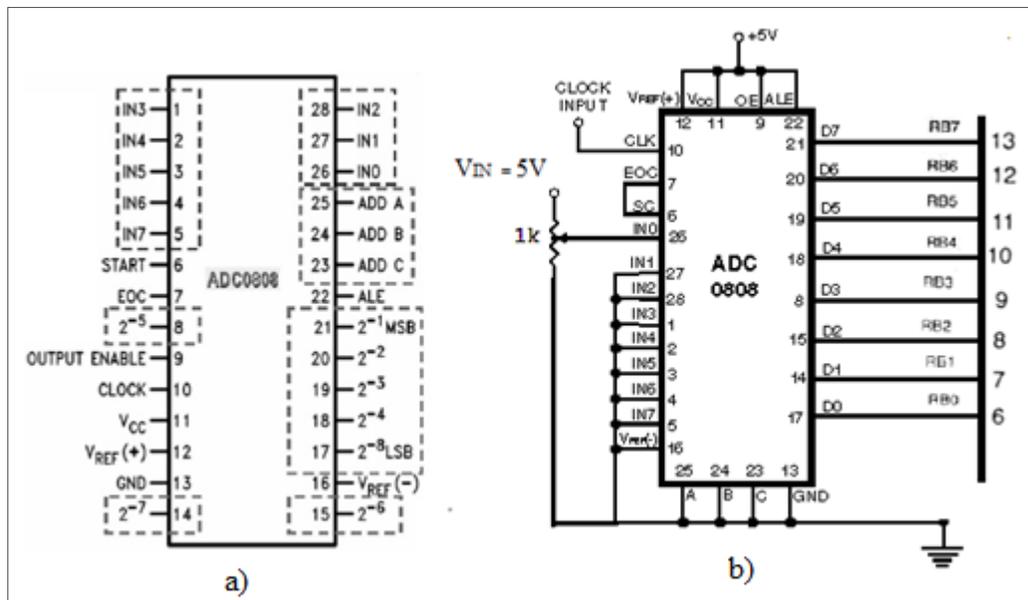


Figura N° 34: a) ADC0808 y b) conexiones hechas.

b) Conexiones realizadas en el ADC0808.

Se tienen las conexiones realizadas de la información que se le otorgara al PIC16F84A, el cual se alimentó con 5[V], este pasa por un divisor de tensión de 1[KΩ].

$$V_{out} = V_{In} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

- Potenciómetro a la mitad: $5 * 0,5 = 2,5$ [V]

- Potenciómetro extremo 1: $V_{OUT} = 0$ [V]
- Potenciómetro extremo 2: $V_{OUT} = 5$ [V]

V_{out} sería la tensión de entrada en IN0 o pin26 del integrado.

c) Tabla selección del canal análogo obtenida desde el datasheet del ADC0808.

Selección del canal Analógico	Línea de Dirección		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

Tabla N° 14: Selección canal análogo del ADC0808.

d) Resumen a las líneas de conexión hechas en el ADC0808.

Se tienen 8 canales analógicos de IN0-IN7 y tres líneas de dirección ADD A-B-C ellos son los responsables en selección de qué canal se puede ocupar, como nos muestra la tabla de selección de canales analógicos, pudiendo ser ellos conectados a 0 [V] ó 5[V]. Se puede ocupar un solo canal a la vez, para cambiar la señal analógica del parámetro que se quiera medir, si se quisieran ocupar más de un canal, deben quedar variables las líneas de dirección por medio de algún dispositivo sea este un dipswitch, etc.

Se soldaron a tierra ADD A-B-C, en la placa del circuito de control del motor reductor, para ocupar el canal IN0 en la medición de las diversas tensiones ocasionadas por el divisor de tensión, mediante un potenciómetro, este puede tomar valores entre $330[\Omega]$ - $1[K\Omega]$ para darle más estabilidad a la conducción del motor reductor.

En las salidas, ya con la información digital hacia las entradas elegidas del PIC16F84, el pin17 es considerado como el menos significativo D0, el pin 21 (D7) como el más significativo del ADC.

El pin 22 con el nombre ALE, es recomendable ponerlo a 5 [V], ahí estará siempre leyendo el estado de los pines ADD A-B-C.

En START inicio de la conversión, 1 flanco ascendente, Pin EOC(End Of Conversión) en 0 esperar, se hace la conversión y el 0 que está en EOC realimenta el Start con un flanco descendente, cuando indica al circuito o microprocesador donde están entrando las señales digitales, cuándo ha terminado la conversión. En el EOC se va a 1 el cual realimenta al Start nuevamente.

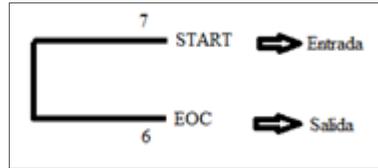


Figura N° 35: Realimentación Start

OUTPUT ENABLE con 5[V] las salidas estarán siempre habilitadas.

CLK velocidad de reloj define velocidad de conversión, se recomiendan valores de 300 [KHz] hacia arriba.

e) La resolución del ADC0808.

Con:

$V_{ref} = 5[V]$; $n = 8$; el $(2^n - 1)$, por considerar el valor cero.

$$\frac{V_{ref}}{2^n - 1} = \frac{5}{256 - 1} = 19,6[mV]$$

Cada 19,6 [mV] expresados hay una variación en el LSB (D_0), tenemos 255 diferentes niveles de velocidad. En la realidad es difícil percibir todos estos niveles, diremos que los cambios de velocidad que se pueden percibir son mucho menores, siendo alrededor de tres para dirección hacia adelante, y tres para la dirección trasera del motor.

Se observa en la Tabla N° 15, acotada de intervalos de 1 [V], las salidas para dichos voltajes.

V_{ref}	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	1	1
2	0	1	1	0	0	1	1	0
3	1	0	0	1	1	0	0	1
4	1	1	0	0	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla N° 15: Resolución ADC0808.

3.3.2.6.5 PIC16F84A.

Los cambios del modelo PIC16F84 a PIC16F84A son la velocidad de trabajo máxima, que puede aumentar hasta los 20[MHz] para el reloj de entrada.

La potencia de las salidas ahora es de 25[mA] por salida.

Mayor duración de la Flash que ahora aguanta hasta 10,000 ciclos de borrado/escritura.

El voltaje de alimentación/lectura/escritura soportado disminuye de los 6.0 [V] a los 5.5 [V] (MICROCHIP TECHNOLOGY INC, 2009).

a) Lista de características del PIC16F84.

Características	PIC16F84	PIC16F84A
Máxima frecuencia de operación MHz	10	20
Memoria de programa Flash	1K x 14	1K x 14
Memoria de programa EEPROM	-	-
Memoria de programa ROM	-	-
Memoria de datos (bytes)	68	68
EEPROM de datos (bytes)	64	64
Módulos Temporizadores	TMRO + WDT	TMRO + WDT
Fuentes de interrupción	4	4
Pines de I/O	13	13
Rangos de Voltaje (Volts)	4.0-6.0	4.0-6.0
Empaques	Dip 18-pin,SOIC	Dip 18-pin,SOIC
CAD ó DAC	No posee	No Posee

Tabla N° 16: Características del PIC16F84.

b) Conexiones montadas en el PIC16F84A.

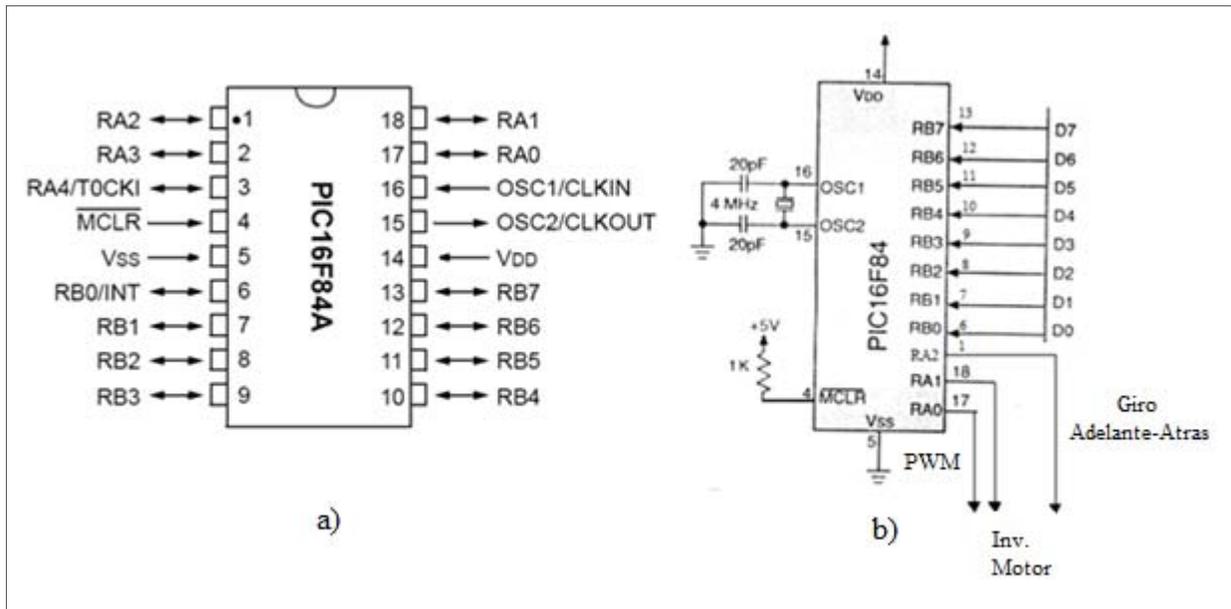


Figura N° 36: a) PIC16F84, b) Conexiones circuito de tracción.

En la memoria de datos se almacenan los registros necesarios para la programación, por ejemplo, puerto de 8 bits.

Los pines de entrada y salida son 13, divididos en dos bancos, uno de ocho y otro de cinco pines, banco 1 Rb0-Rb7 configurados como entradas que vienen del ADC0808 y el banco 2, Ra0-Ra4 de ellos se configuraron RA0, RA1, RA2 como salida, en uno de ellos se genera la frecuencia PWM que requiere la tarjeta controladora del motor. En el segundo pin inversión del motor, para que ello ocurra se debe reducir la velocidad al mínimo, es decir la detención del motor. El tercer pin indica el cambio de giro atrás o adelante que solo es permitido cuando la velocidad es cero.

Puede ser programado tanto en lenguaje ensamblador como en Basic y principalmente en C, para el que existen numerosos compiladores. Cuando se utilizan los compiladores Basic, es posible desarrollar útiles aplicaciones en tiempo récord, especialmente dirigidas al campo doméstico y educacional.

c) PIC-PG3B.

Se utilizó para traspasar la información hecha en ASSEMBLER al PIC el PIC-PG3B.



Figura N° 37: Programador PIC-PG3B.

Programador de PIC Paralelo para 8/18/28/40 PINES

75x58 [mm] (3x2.3')

HARDWARE: PIC-PG3B schematic.

DESCRIPCION: PIC-PG3B es un programador basado en el diseño de D.Tait's que utiliza el puerto paralelo. Para operar necesita alimentación externa de 12-15[VAC] o 16-18[VDC]. Soporta micro controladores PIC de 8/18/28 y 40 pines. El PIC-PG3 posee un conector ICSP que puede utilizarse para programar cualquiera de nuestras tarjetas de desarrollo PIC-PxxB (Olimex Ltda, 2002).

d) Programación del PIC16F84A.

Se utilizó el Lenguaje Ensamblador (Assembler).

-Puntos a programar:

En la Figura N° 38 se aprecian diferentes ciclos de trabajo aplicados al funcionamiento del motor.

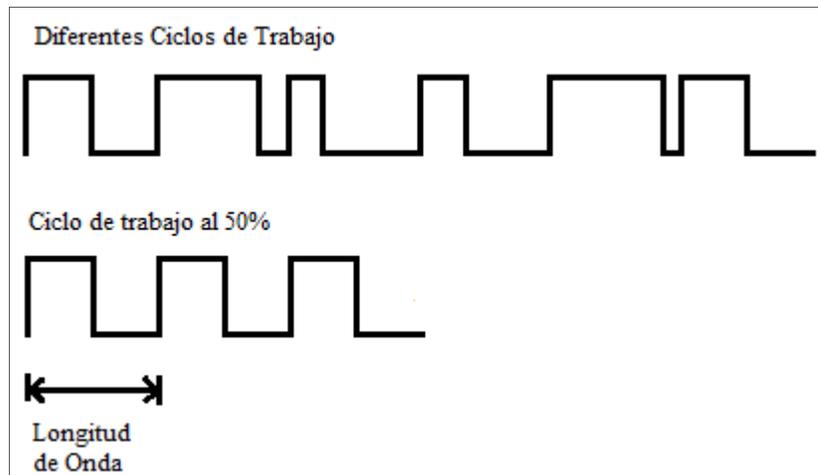


Figura N° 38: Diferentes ciclos de trabajo para el circuito tracción.

Longitud de onda = $1/f$, siendo "f" la frecuencia aplicada.

En el motor se origina una frecuencia constante, se recomienda 1 [KHz] esta frecuencia es óptima para el motor, la tarjeta controladora puede trabajar con hasta 40 [KHz], en esta aplicación las frecuencias cercanas a 40 [KHz] pierden estabilidad.

Al ser la frecuencia muy alta, induce ruido en el sistema, por el contrario, si es muy baja, se pierde continuidad.

El microcontrolador mediante un sistema matemático de acuerdo a datos de entrada, varía los ciclos de trabajo, manteniendo la longitud de onda constante.

La tarjeta controladora tiene un pin llamado DIR, que permite cambiar el sentido de giro del motor dependiendo del estado, alto o bajo, alternativamente la tarjeta también se puede configurar para que el cambio de sentido de giro del motor se ejecute cuando el ciclo de trabajo del PWM esté por debajo del 50% para un lado, o sobre el 50% para el otro.

En el PIC16F84A, se configuraron como salidas los puertos RA, cinco salidas de las cuales se ocuparon tres pines RA0, RA1 y RA2, para enviar datos respectivos al driver de control utilizado.

En el puerto RA0 va el PWM hacia la tarjeta de control, trabajando en todos sus posibles ciclos con una frecuencia constante.

El programa ensamblado en el PIC16F84A, genera la función PWM un tren de ondas con una frecuencia fija de 1 [KHz] y con ciclo de trabajo variable de 0 a 100 %, a través de un potenciómetro se crean entradas, las cuales ingresan después de pasar a través del ADC0808 en forma binaria de 8

bits al micro controlador, con esa información el PIC calcula automáticamente el ciclo de trabajo correspondiente a la velocidad del motor seleccionada.

Se calculó la longitud de onda adecuada para generar un 1 [KHz] de frecuencia fijo, la suma del nivel bajo y nivel alto deben dar siempre la misma longitud de onda, pero se pueden ir variando los tiempos para cambiar el ciclo de trabajo.

El segundo pin RA1, ordena a la tarjeta que vaya a una dirección cualquiera para adelante o para atrás.

El pin RA1 obtiene su estado de acuerdo al valor del tercer pin RA2, el segundo pin indica el sentido de dirección que entrega la tarjeta.

Si se da la orden de cambiar el sentido de giro del motor a través del tercer pin, la ejecución real por medio del segundo pin solo ocurre cuando el motor está detenido, como lo detecta por la programación, si el valor de la entrada es cero, "00000000", permite que se cambie el sentido de giro.

Esto se hizo básicamente, para no cambiar de dirección mientras el motor este en pleno régimen de funcionamiento.

Por medio de un interruptor se activa el cambio de giro, si el potenciómetro está en el valor mínimo se realizará el cambio de giro, en caso contrario no se realizara dicho cambio en la dirección del eje del motor.

3.3.2.6.6 Relés.

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. 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. En la Figura N° 38 se observa uno de los relé utilizado y su correspondiente circuito.

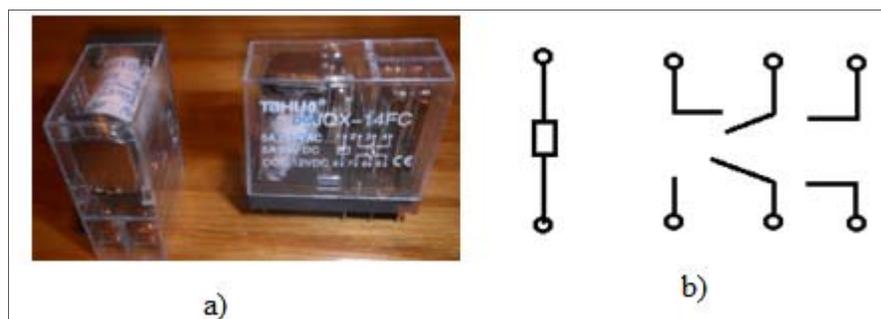


Figura N° 39: a) Relé y b) circuito interno.

a) Inversión de giro con relé.

Con este mecanismo se puede invertir las polaridades del motor y hacer el cambio de giro que se requiera, en la Figura N° 40 se aprecia las conexiones realizadas al relé, que originan la inversión de giro.

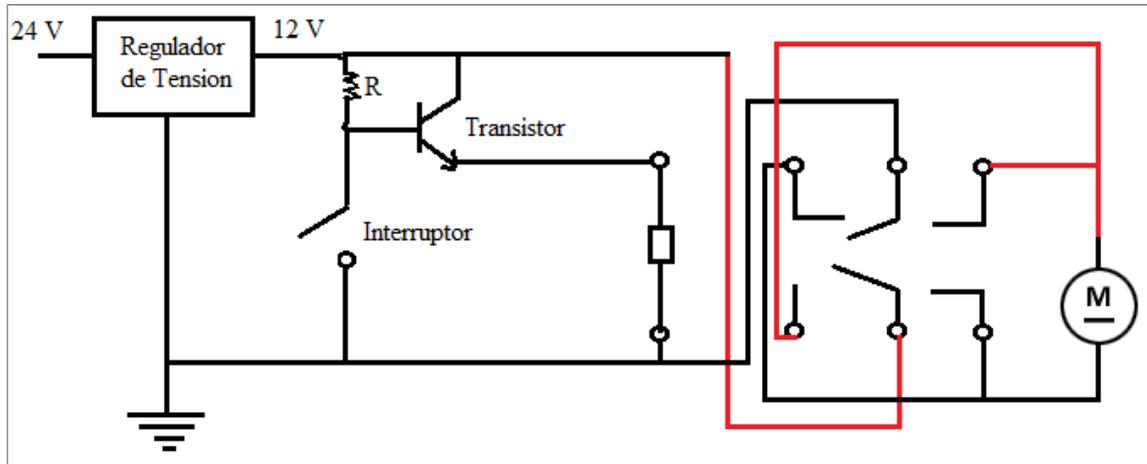


Figura N° 40: Conexión Inversión de giro por medio de un relé.

b) Uso directo con batería pasando a través de un relé.

Se analizó la opción de pasar directamente por el uso de las tensiones de la batería, utilizando un relé como interruptor de paso, con ello se puede comparar el rendimiento del motor alimentándolo directamente con la batería o pasando a través de la tarjeta controladora, mediante un interruptor en la mesa de control se procede a activar el circuito del relé y desconectar el circuito de control de velocidad, y ver en forma experimental las diferencias entre un sistema y otro.

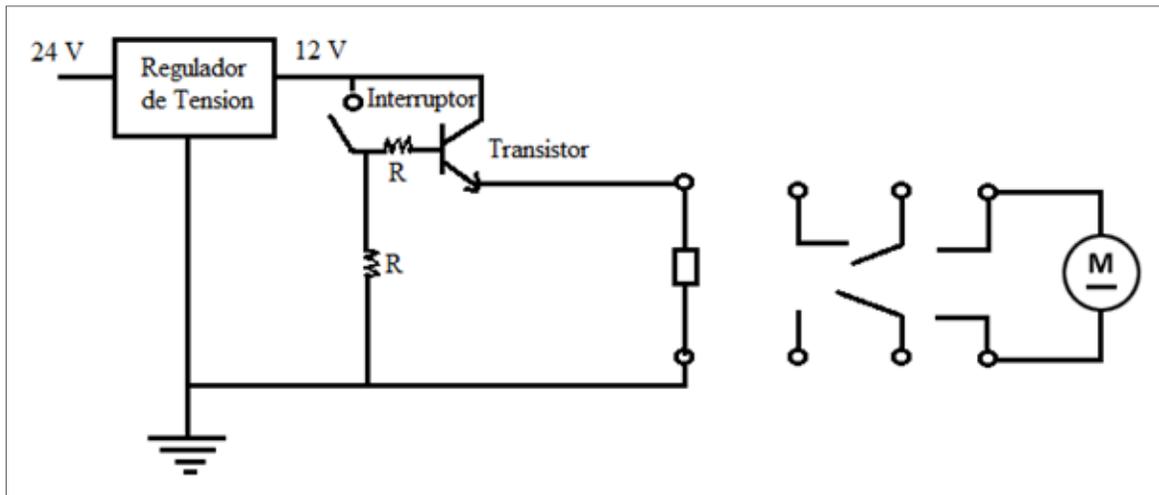


Figura N° 41: Conexiones relé como interruptor.

3.3.2.6.7 Análisis del montaje hecho mediante puente H

Un Puente H o Puente en H es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, avance y retroceso. Son ampliamente usados como convertidores de potencia.

a) *Formulación del PWM mediante un NE555.*

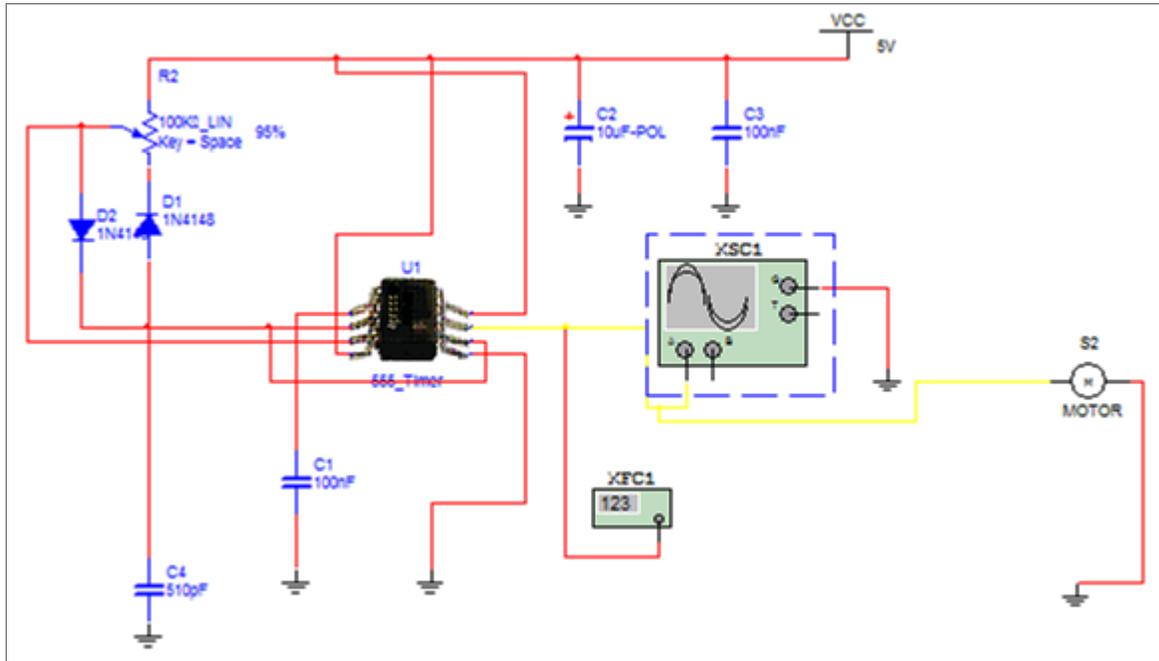


Figura N° 42: Circuito PWM mediante un NE555.

Como muestra la Figura N° 42, se aprecian salidas en el osciloscopio de los PWM originados al variar el potenciómetro.

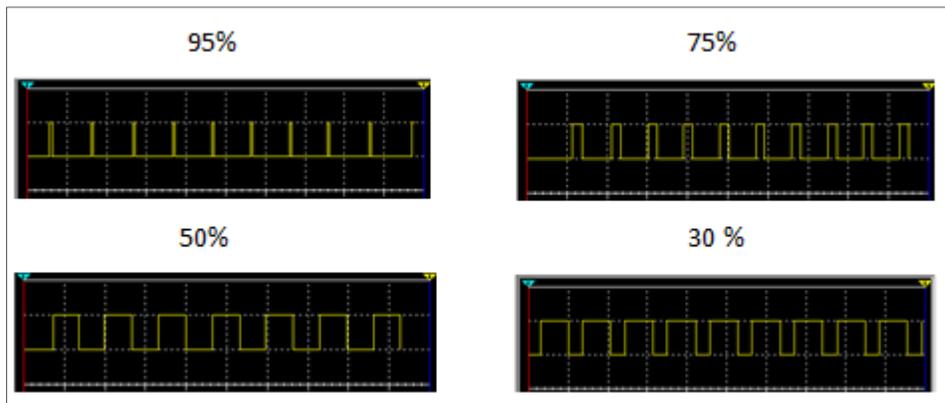


Figura N° 43: Señales PWM originadas en por el Ne555.

b) Sentido de Giro mediante ciclo de trabajo PWM.

En la Tabla N° 17, se indica las maneras de inversión en el sentido de giro del motor, mediante su ciclo de trabajo. Cabe destacar que dependiendo de las conexiones realizadas en el circuito y motor, se toman que dirección de giros se originará.

Ciclo de trabajo - PWM	
Rango % PWM	Sentido de Giro
0 - 50	Horario
50	Detenido
50 - 100	Anti horario

Tabla N° 17: Rangos PWM ciclo de trabajo.

c) Montaje del puente H.

Se reemplazó los Triacs por transistores Mosfet, los cuales son capaces de soportar más corriente y poseen tiempos de conmutación más cortos.

En la Figura N° 44, podemos ver los Mosfet, con disipadores de calor los cuales se ocuparon al montar el puente H(Carletti, 2009), para evitar que se quemé algún elemento.

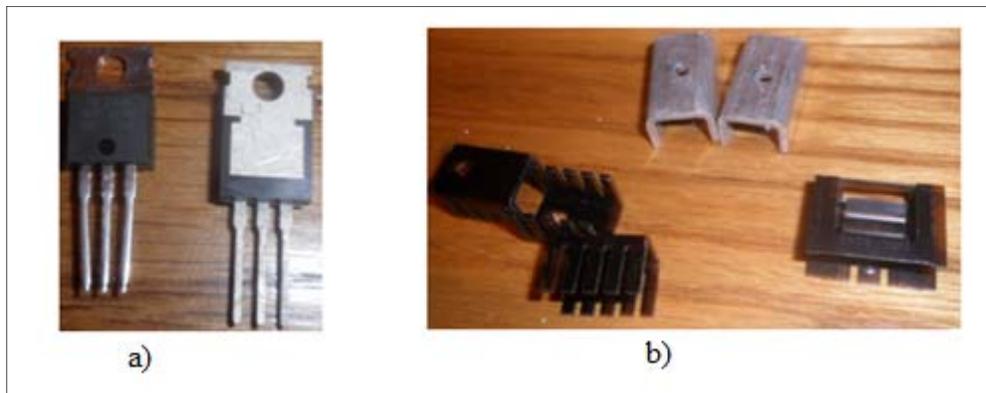


Figura N° 44: a) IRFZ44N MOSFET-N 55V/459A y b) disipadores de calor.

Se realizaron diversas pruebas para reducir la caída de potencial al interior del circuito, pues no se alcanzaba la máxima potencia que requiere el motor-reductor, producto de esto se llegó al circuito final aplicado para excitar la tarjeta controladora.

d) Circuito realizado para controlar la velocidad del motor.

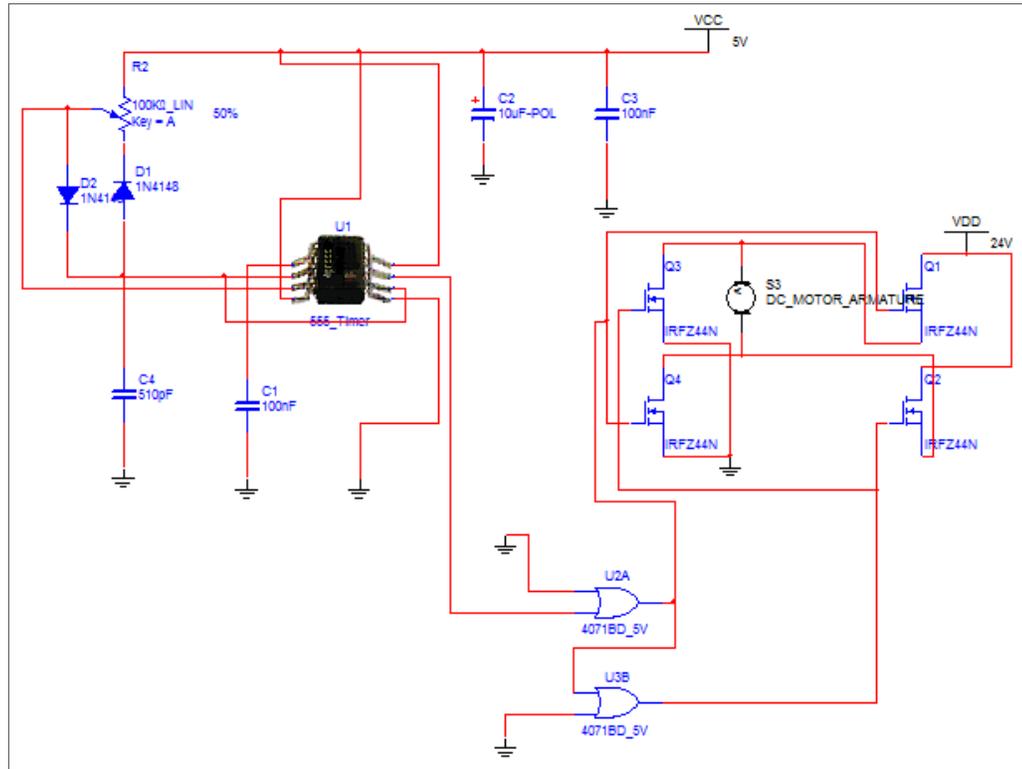


Figura N° 45: Circuito controlador del motor.

Para evitar que se crucen los estados, y con ellos se produzcan respuestas no esperadas o corto circuito, se realizan configuraciones adicionales al circuito con compuertas Cmos 4001, formado por compuertas NOR, su tabla de verdad es la siguiente:

Tabla de Verdad		
Input		Output
A	B	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabla N° 18: Tabla de verdad de Cmos 4001.

Esta situación se representa en Álgebra booleana como:

$$X = \overline{A + B} = \bar{A} * \bar{B}$$

La configuración de la compuerta se aprecia en la Figura N° 46.

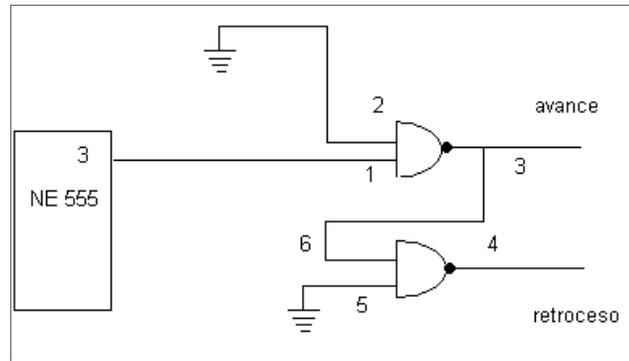


Figura N° 46: Evitar cruces de tensiones en el puente H.

La tabla de verdad de la configuración para evitar los cruces de tensiones mostrada en la Figura N° 45, se aprecia en la Tabla N° 19.

Entrada	Salidas	
	NE55	Avance
0	1	0
1	0	1

Tabla N° 19: Tabla de verdad entradas al puente H.

Con NOR Cmos las mediciones fueron 10.7 [V] ambos lados.

3.3.2.6.8 Tarjeta controladora.

El modelo de la tarjeta es, Pololu High-Power Motor Driver 18v15, la cual se puede apreciar en la Figura N° 47.

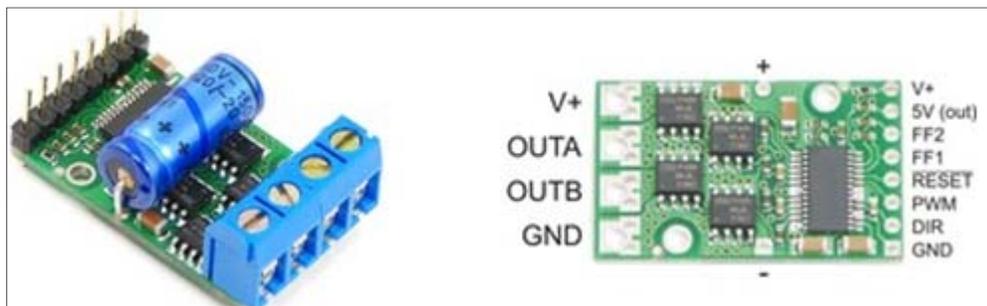


Figura N° 47: Pololu High-Power motor driver 18v15.

Este Mosfet posee un puente H que permite el control de un motor CC, su tamaño es reducido $3,3 \times 2$ [cm], la tarjeta tiene una gama de 5,5 a 30 [V] de tensión, puede proporcionar 15 [A] en continuo sin necesidad de ocupar un disipador. Con la adición de un disipador de calor, se puede accionar un motor de hasta 21 [A] de corriente continua (POLOLU CORPORATION, 2010).

El controlador de motor PWM soporta frecuencias tan altas como 40 [KHz].

a) Tabla característica de la tarjeta controladora.

PIN	Descripción
V +	5,5 a 30 [V]
5V (Salida)	Propósitos generales
GND	Conexión tierra de la batería.
OUTA	Señal de salida control del motor -
OUTB	Señal de salida positiva del motor +
PWM	Entrada del PIC hacia la tarjeta
DIR	Controla la dirección del motor, entrada a la tarjeta
REINICIO	Si la tarjeta se sobrecarga, se puede reiniciar a través del Reset
FF1	Indicadores de estado
FF2	Indicadores de estado

Tabla N° 20: Tabla característica de la tarjeta controladora.

b) Tabla de verdad de la tarjeta controladora.

Motor Driver Tabla de verdad				
PWM	DIR	OUTA	OUTB	Operación
H	L	L	H	Adelante
H	H	H	L	Hacia atrás
L	X	L	L	Freno

Tabla N° 21: Tabla de verdad tarjeta controladora.

c) Condiciones de fallo de la tarjeta controladora.

El controlador del motor puede detectar tres estados de error diferentes, que se presentan en los pines FF1 y FF2. Las fallas son; cortocircuito en la salida, bajo voltaje y exceso de temperatura.

En un fallo de cortocircuito, las salidas se quedaran apagadas y el indicador de falla se mantendrá alto, hasta que el tablero se pone a cero (RESET). El fallo de alta temperatura proporciona una indicación baja de la tarjeta al tener temperaturas elevadas, pero no indica directamente la temperatura de los MOSFETs, que son por lo general los primeros componentes en sobrecalentarse. Los niveles de estados se resumen en la siguiente tabla.

Niveles de estado		Descripción del fallo	Desactivar Salidas	Enganchado hasta que Restablece
FF1	FF2			
L	L	No hay fallo	No	No
L	H	Cortocircuito	Sí	Sí
H	L	Sobre temperatura	No	No
H	H	Bajo Voltaje	Sí	No

Tabla N° 22: Condiciones de fallo de la tarjeta controladora.

La tarjeta controladora tiene la opción de que el 50% del PWM, define el sentido de giro del motor.

3.4 Mecanismo de transmisión de fuerza.

Se analizaron diversos métodos de transmisión de fuerza, a continuación se explicará de forma resumida mediante algunos puntos a relucir.

3.4.1 Poleas, ruedas de fricción y engranajes con cadena.

A continuación se presenta un cuadro resumen con las principales características de poleas, ruedas de fricción, engranajes con cadena.

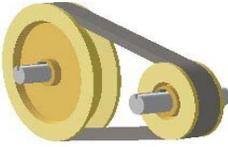
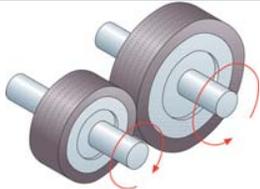
Poleas con Correa	Ruedas de Fricción	Engranajes con Cadena
Inversión de giro		
Cruzando la correa 	Invirtiendo el giro de la rueda motriz.	No permite la inversión del sentido de giro ni la transmisión entre ejes cruzados.
Desventajas		
-Grandes dimensiones exteriores. -Inconstancia de la relación de transmisión cinemática debido al deslizamiento elástico. -Considerables pérdidas de potencia por fricción. -Vida útil de la correa relativamente baja	-Pérdida de velocidad por deslizamiento -Uso en potencias pequeñas -Desgaste de las ruedas	-Más costoso -Más ruidoso -De funcionamiento menos flexible -Necesita una lubricación (engrase) adecuada
Ventajas		
-Elevado rendimiento (95-98%) -Precio reducido	-Bajo coste que supone la fabricación del mecanismo -Mecanismo que ocupa poco espacio	-Al poseer cadenas que engranan en los dientes de los piñones se evita el deslizamiento -Relación de transmisión constante -No necesita estar tan tensa, lo que se traduce en menores averías en los rodamientos de los piñones
Formulas		
$\phi_1 * n_1 = \phi_2 * n_2$ <p> n_1: Vel. de giro Polea Motriz n_2: Vel. de giro Polea Conducida ϕ_1: Diámetro polea motriz ϕ_2: Diametro Polea Conducida </p>	$n_1 * d_1 = n_2 * d_2$ <p> n_1= velocidad de la rueda motriz. n_2 = velocidad de la rueda conducida d_1 = diámetro de la rueda motriz (entrada). d_2 = diámetro de la rueda conducida (salida). </p>	$n_2 = n_1 * \left(\frac{d_1}{d_2}\right)$ <p> d_1: nº dientes piñón conductor d_2: nº dientes piñón conducido n_1: Vel. de giro Piñón Conductor n_2: Vel. de giro Piñón Conducido </p>
Imágenes		
		

Tabla N° 23: Características básicas sistemas de transmisión de fuerza.

3.4.2 Montaje de prueba realizado.

Se analizó el mecanismo de transmisión catalina piñón y se obtuvieron algunos cálculos.

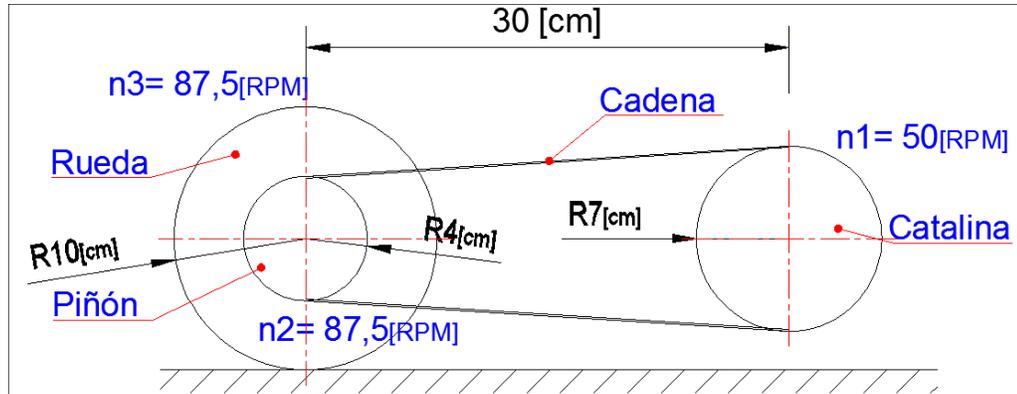


Figura N° 48: Mecanismo Catalina-Piñón.

Análisis transmisión de fuerza y velocidad sobre la rueda de tracción.

Tenemos los siguientes datos:

$$R_1 = 7[cm] = 0,07[m]$$

$$R_2 = 4[cm] = 0,04[m]$$

$$R_3 = 10[cm] = 0,1[m]$$

$$n_1 = 50[RPM] \text{ (del motor con carga)}$$

$$Mt_1 = 72[Nm]$$

Con los datos anteriores procedemos a calcular:

Velocidad tangencial

$$Vt_1 = 2\pi n_1 * \frac{R_1}{60[s]} = 0,3665 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$Vt_1 = Vt_2 = 2\pi n_2 * \frac{R_2}{60[s]}$$

$$n_2 = 87,5[RPM]$$

$$n_2 = n_3$$

$$Vt_3 = 2\pi n_3 * \frac{R_3}{60[s]} = 0,91 \left[\frac{m}{s} \right] = 3,3 \left[\frac{Km}{h} \right]$$

Torque tangencial

$$Mt_1 = R_1 * Ft_1 = 72[Nm]$$

$$Mt_2 = Mt_1 * \left[\frac{R_2}{R_1} \right] = 41,1[Nm]$$

$$Mt_2 = Mt_3 = R_3 * Ft_3$$

$$Ft_3 = 411[N]$$

La catalina se montó sobre el eje de motor de 12 [V], 50 [RPM] con carga, 72 [N-m] y se utilizó la estructura de un triciclo, como sistema de montaje, al usar cambios como los que utilizan las bicicletas se obtienen diferentes fuerzas, ocupando la necesaria para cada ocasión particular.

El sistema catalina – piñón no se utilizó como sistema final, debido a que no posee marcha atrás (reversa) y en el trayecto desde el motor hasta la fuerza resultante en la rueda impulsora hay una serie de pérdidas mecánicas, lo que hace menos eficiente el sistema.

3.4.3 Engranajes Reductores.

Para poder obtener mayor torque con una misma potencia de un motor, se le agregan engranajes reductores, poniendo cierta cantidad de etapas según corresponda.

Se nombran los reductores de velocidad más conocidos con algunos parámetros básicos.

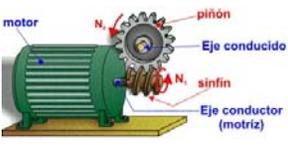
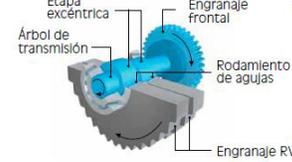
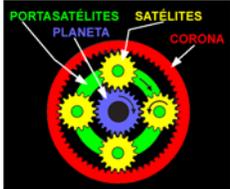
Velocidad de Sin fin-Corona	Velocidad de engranajes	Cicloidales	Planetario o epicicloidal
Imagen			
			
Características			
Se compone de una corona dentada, normalmente de bronce en cuyo centro se ha embutido un eje de acero (eje lento), esta corona está en contacto permanente con un husillo de acero en forma de tornillo sin-fin.	Toda la transmisión mecánica se realiza por pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin.	Todos los componentes que transmiten el par de torsión de Cicloidal ruedan y están dispuestos en forma simétrica alrededor del eje para una operación equilibrada, pareja y silenciosa.	Consistente en uno o más engranajes externos o planetas que rotan sobre un engranaje central o sol.
Ventajas			
-Sencillos, el tipo de reductor de velocidad más usado y comercializado -Entre sus desventajas encontramos, bajo rendimiento energético la pérdida de tiempo entre ciclos	-Mayor rendimiento energético -Menor mantenimiento menor tamaño	-Baja Generación de calor y Fricción -Alta Capacidad de Carga -Altas eficiencias -Unidades más Compactas	-Van engranados constante y completamente, eliminando la posibilidad de que se produzcan daños en los dientes. -Son fuertes y robustos, pudiendo soportar cargas de par mayores.

Tabla N° 24: Engranajes reductores.

3.5. Diferentes modos de conducción.

En los puntos siguientes se darán a conocer métodos alternativos para la dirección de las sillas de ruedas.

3.5.1 Auto-impulso.

Dentro de los métodos de avance, como de dirección tenemos el auto impulso. La silla está compuesta de dos ruedas delanteras, dos ruedas grandes atrás, un banco y dos pies de descanso, las

ruedas traseras por el hecho de ser grandes, pueden ser movidas y direccionadas por los bordes de agarre o directamente en la rueda.

3.5.2 Manubrio.

Un medio de direccionar algunos móviles, por ejemplo: bicicletas, motocicletas, etc., es por medio de manubrios. Existen de distintas formas y los tamaños son los adecuados para cada necesidad.

En una silla de ruedas típica, como consta de dos ruedas delanteras, se unen sus ejes y este control se adapta al usuario, para que él origine la dirección del movimiento pertinente.

Otra opción es dejar solo una rueda delantera y que esta sea central, luego comandarla al igual que los scooter, esta palanca debiera ser corrediza para poder ingresar o salir de la silla más fácilmente.

Por medio de engranajes se puede hacer más sensible el mando, sin tener que ocupar gran energía para hacer el giro que se necesite en el momento indicado. También existe la posibilidad de hacer pequeña la palanca de dirección, ubicando el manubrio en algún lugar del apoyabrazos de la silla de ruedas.

3.5.3 Servomotor.

3.5.3.1 Características generales y funcionamiento.

Estos servos tienen un amplificador, servo motor, piñonería de reducción y un potenciómetro de realimentación; todo incorporado en el mismo conjunto.

Para controlar un servo se debe aplicar un pulso de duración y frecuencia específicos (POLOLU CORPORATION, 2010).

3.5.3.2 Servomotor utilizado.

Las verificaciones de torque para la elección del servo se realizan en el **Anexo A**.

El modelo del servomotor utilizado es “High-Torque Servo con engranajes de metal (Genérico)”.



Figura N° 49: Servomotor utilizado.

Alambre (cm)	Tamaño (mm)					Peso		4,8 V			6 V		
								Aceleración		Torque		Aceleración	
	A	B	C	D	E	g	oz	sec/60°	kg-cm	oz-in	sec/60°	kg-cm	oz-in
30	41	20	39	49	10	56	1,1	0,18	9	123,7	0,16	10,2	140

Tabla N° 25: Datos del servomotor usado.

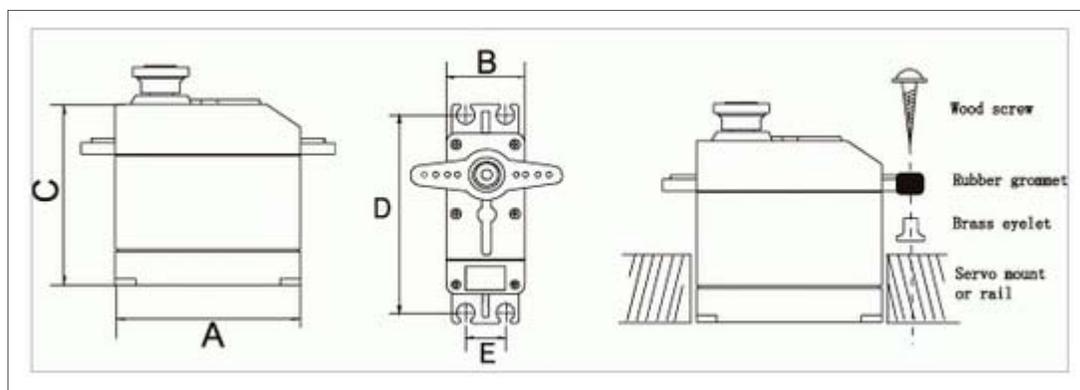


Figura N° 50: Medidas de servomotor usado.

Para la elección del servomotor se consideró el torque y la precisión en el ángulo de giro. Las aplicaciones generales de estos motores son otras, por ser pequeños es difícil tener un torque elevado y la diferencia en sus precios pensando en un torque de mayor par de arranque es notorio.

3.5.3.3 Montaje del servomotor en la silla.

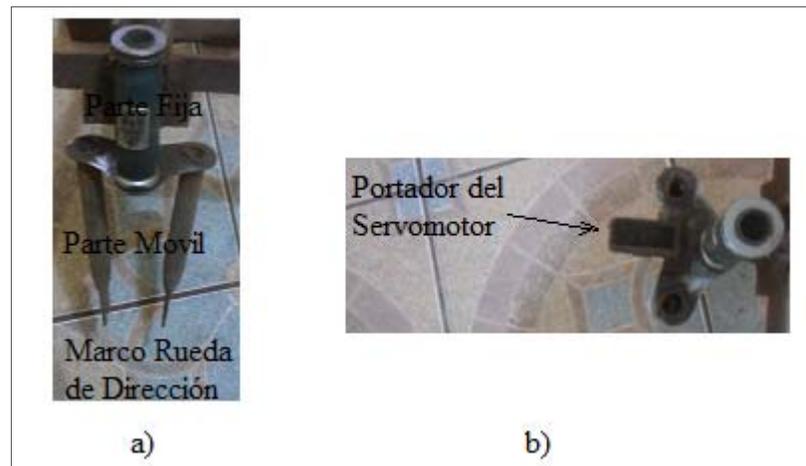


Figura N° 51: a) Soporte rueda de dirección y b) Portador del servomotor.

El marco donde fue colocada la rueda encargada de generar la dirección, va levemente adelantado de las ruedas delanteras. La rueda posee un diámetro similar a la de las ruedas delanteras.

En la Figura N° 51, se indica donde fue colocado el servo encargado del giro de la rueda direccional.

El tope de giro del eje externo del servomotor se dispuso de tal manera que los giros que éste realice, direccionen la rueda en el sentido deseado. El tope del eje externo se apoyaba en una parte fija de la pletina delantera de la estructura para así generar el giro.

El rango de giro es de 180° . Una vez instalado el servomotor, se realizaron observaciones en cuanto a su funcionamiento con la silla de ruedas cargada. Se observó, que al momento de girar, el movimiento se producía de manera irregular, lo que se puede explicar debido a la relación entre la potencia del servomotor y la carga vertical recibida, esto se traduce en una velocidad de respuesta menor. Otro factor que afecta directamente el funcionamiento del servomotor es el tipo de suelo por el cual se transita, siendo los suelos más rugosos los que presentan un grado de oposición mayor al giro. Debido a estas experiencias se recomienda utilizar otro sistema de dirección o bien optimizar el sistema aquí propuesto (servo de mayor capacidad, aligerar peso, etc.).

3.5.3.4 Modo de mando sobre el servomotor.

Se realiza por medio de una palanca pequeña en la mesa de control adosada a un potenciómetro, guiado por sus respectivas indicaciones de que sentido darle para el movimiento que se quiera realizar.

3.5.3.5 Maneras de controlar la posición de un servomotor.

Son 180° que se deben distribuir en el plano XZ, en la Figura N° 52 se aprecia el umbral en el que se puede mover la rueda situada en el plano Y, se parte del plano Z que es el punto medio o central y de ahí se busca el ángulo pertinente hacia los 90° ó -90° según se necesite. Mediante el movimiento del potenciómetro se puede fijar el punto de partida y movimiento hacia donde se requiera.

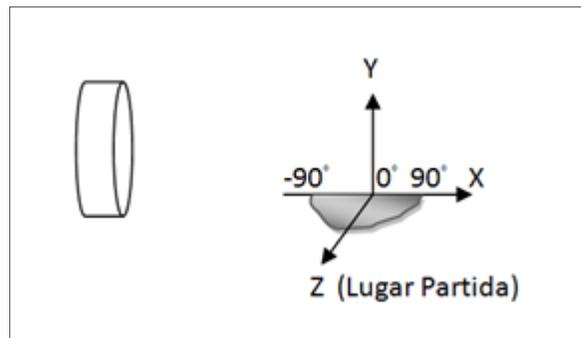


Figura N° 52: Ángulo de giro de la aguja del servomotor.

3.5.3.6 Programación datos enviados a la tarjeta controladora del servomotor.

En el código ensamblado dentro del PIC, se comparan las entradas que ingresan al micro controlador con registros preestablecidos, se seleccionan 7 ángulos diferentes, esto es realizado a través de una entrada binaria de 8 bits. De las 256 combinaciones posibles de dicha entrada se tomaron 7 combinaciones específicas, para compararlas con cada 7 de los registros preestablecidos del micro controlador que están asociadas a 7 funciones diferentes, cada una permite mover el servomotor en un ángulo determinado, cada función es un programa independiente que genera una onda cuadrada con una relación de trabajo específica para ese ángulo, lo que en resumidas cuentas se trató de una modulación por ancho de pulso PWM.

El programa ejecuta una función diferente de acuerdo a los datos que tiene en la entrada del micro controlador, dado que solamente se eligen 7 direcciones precisas en las cuales se ejecutara una función determinada.

Se compara el valor de la entrada con el de un registro específico y si estos coinciden entonces se ejecuta la función, de lo contrario el sistema seguirá comparando indefinidamente hasta que un valor de entrada coincida con un registro específico.

Los valores de registros específicos son los siguientes:

Registros
0
1
10
11
100
101
110
111
1000

Tabla N° 26: Registros específicos ocupados.

La diferencia entre cada una de las 7 funciones radica solamente en el tiempo que se mantiene el pulso en alto, manteniendo siempre el pulso bajo constante en 20 [ms].

Se elige un pin específico del PIC para enviar el dato PWM, la función lo que realiza es enviar un nivel alto a ese pin y mantener en nivel alto por un tiempo determinado, cada función de tiempo alto es diferente. Después envía un nivel bajo por 20 [ms] generando tren de pulsos, cuyo ciclo de trabajo definirá el ángulo en que se mueve el eje del servomotor.

3.5.3.7 Ciclo de trabajo del servomotor.

En movimiento angular del servomotor es entre 0-180°.

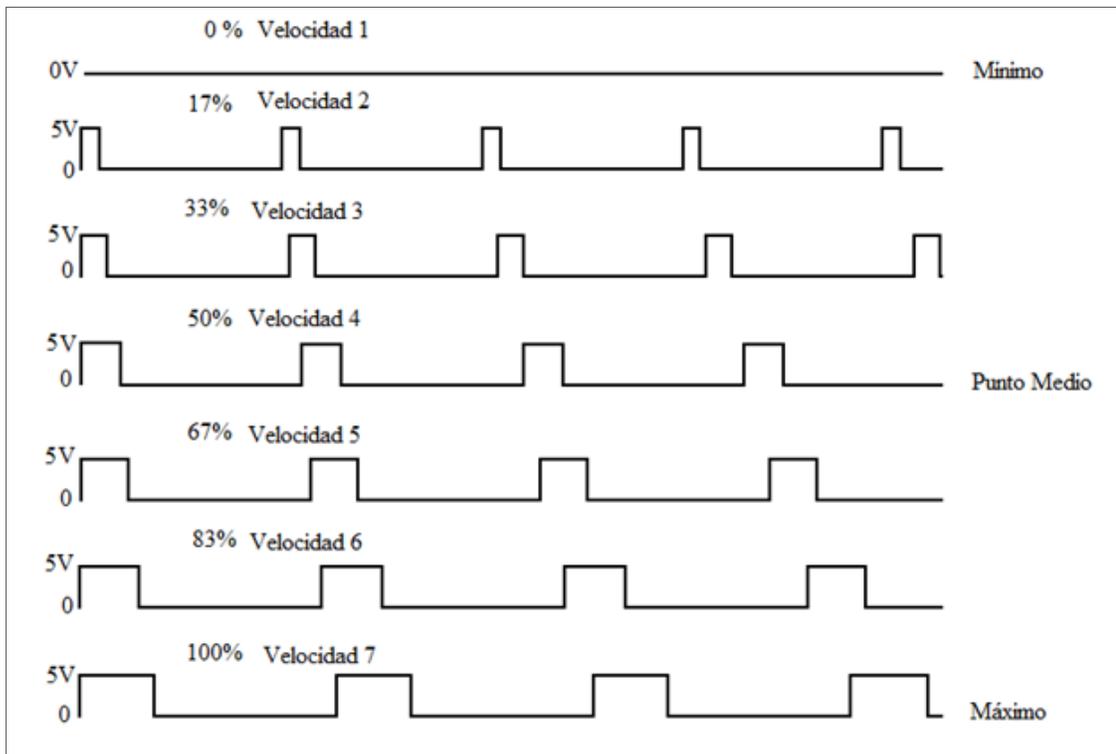


Figura N° 53: Ciclo de trabajo del servomotor.

En la Figura N° 53 se puede ver el ciclo de trabajo ocupado en la dirección del servomotor, al aplicar variaciones sobre el potenciómetro se puede obtener estas posiciones dependiendo el giro pertinente que se crea, pasando a través de un ADC para convertir la señal de analógica a digital, para que posteriormente el PIC envíe el ciclo de trabajo pertinente a la tarjeta interna que posee el servomotor.

3.5.3.8 Diagrama circuito de dirección.

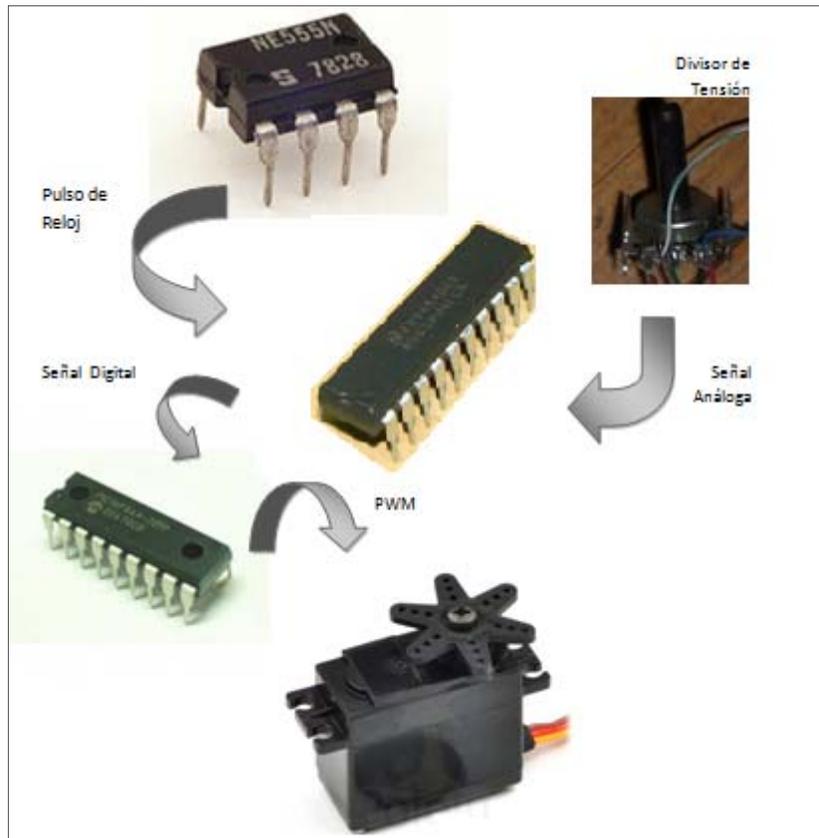


Figura N° 54: Diagrama circuito de dirección.

Se aprecian elementos mencionados dentro del Circuito de Tracción, que tienen los mismos principios como por ej. ADC0804 y ADC0808.

En la Figura N° 54 se observa la entrada analógica en forma directa, por razones que el PIC16F84A no posee conversor propio de analógico a digital, se le agrega el ADC0804. Por medio del NE555 se le origina un pulso de reloj de 1[KHz], esto llega al ADC, el ADC transforma las señales y las envía en forma digital a las entradas del PIC, el Micro controlador envía un PWM hacia la tarjeta interna que posee el servomotor.

3.5.4 Motor Paso a Paso.

La idea es dar pequeños pasos que van complementando el giro, se logra una buena exactitud de posicionamiento dependiendo de la cantidad de pasos y la técnica de control, pero el torque que entregan estos motores siempre es inferior al de un servomotor equivalente en tamaño, aunque la tecnología de los paso a paso ha avanzado muchísimo en este punto en los últimos tiempos.

3.5.5 Dos Motores.

Como se observa en la Figura N° 55, la base consta de dos puentes “H” controlando cada uno a su respectivo motor de características idénticas, llegando a un joystick en donde el control es central.

El sistema aplicado a controlar el servomotor explicado anteriormente, se podría implementar en este ítem, haciendo dos circuitos, uno para cada motor, luego por medio de una palanca en común unir ambos potenciómetros, entonces, al variar la palanca de control, girando hacia un extremo, se genera una variación de dirección en una rueda, coincidiendo la otra rueda en la dirección del movimiento ejecutado. Para ejecutar giros cerrados o cortos, el sistema bloquea o controla el giro de una rueda respecto de la otra (poseen diferentes radios de giro según el sentido) (Brutti et al).

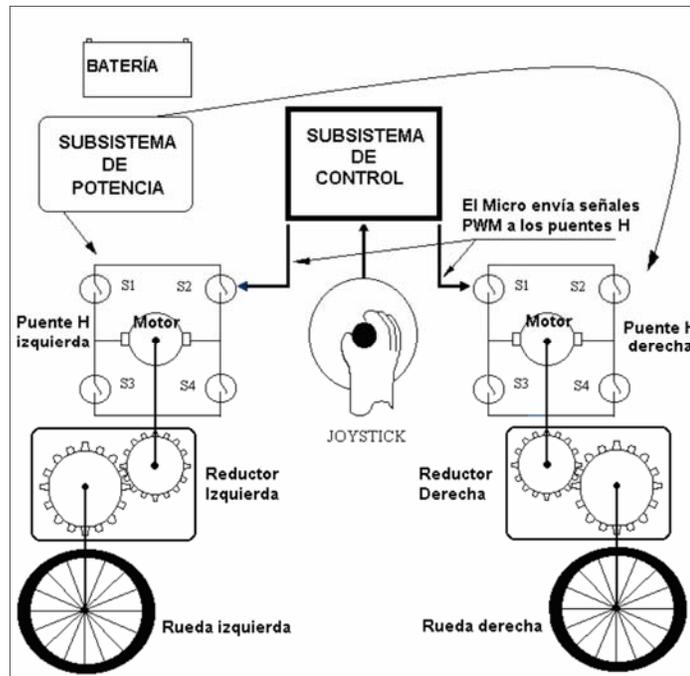


Figura N° 55: Control mediante dos motores.

3.6. Sistema de consola de control.

3.6.1 Sistemas de control de una silla de ruedas eléctrica.

Es sencillo apreciar un joystick como medio del accionamiento al control en una silla de ruedas eléctrica.

3.6.1.1 Palanca de mando o joystick.

Es un dispositivo de control de dos o tres ejes que se utiliza para manipular desde una computadora o videoconsola hasta un transbordador espacial.

Se suele diferenciar entre joysticks digitales (que leen cuatro interruptores encendido/apagado en cruceta situada en la base más sus combinaciones y los botones de acción) y joysticks analógicos (que usan potenciómetros para leer continuamente el estado de cada eje, y además de botones de acción pueden incorporar controles deslizantes), siendo estos últimos más precisos.

Imagen	Funciones de Control
 <p>El diagrama muestra un joystick vertical con los siguientes elementos etiquetados: 1. Botón superior; 2. Indicador de batería; 3. Joystick central; 4. Botón lateral izquierdo; 5. Botón lateral derecho; 6. Botón superior derecho; 7. Botón superior izquierdo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Botón de encendido/apagado 2. Indicador de Batería 3. Joystick 4. Velocidad máxima / Indicador 5. Botón para Reducir la Velocidad 6. Claxon 7. Botón para Incrementar la Velocidad

Tabla N° 27: Funciones del control.

Dependiendo el ingenio de cada persona, se pueden dar diversas formas o funciones que se desee al joystick.

Otros ejemplos de modelos:



Figura N° 56: Modelos de Joystick

3.6.1.2 Controles alternativos.

Para aquellos que no pueden utilizar la palanca de control tradicional, existen una serie de controles alternativos que se han desarrollado y muchas de estas siguen teniendo raíces en los sistemas de control de las primeras sillas de ruedas. Los sistemas de control de sillas de ruedas motorizadas que usan la cabeza para controlarlas, está dentro de las posibles alternativas. Estos sistemas permiten controlar la silla de ruedas por los movimientos de la cabeza, etc.

3.6.1.3 Control montado en la silla de ruedas.

La mesa de control experimental que se muestra a continuación, fue construida con acrílico y en ella se realizaron todos los montajes y simulaciones correspondientes a los circuitos de dirección y control, relés, interruptores, como también los reguladores de tensión que alimentarían los circuitos correspondientes.

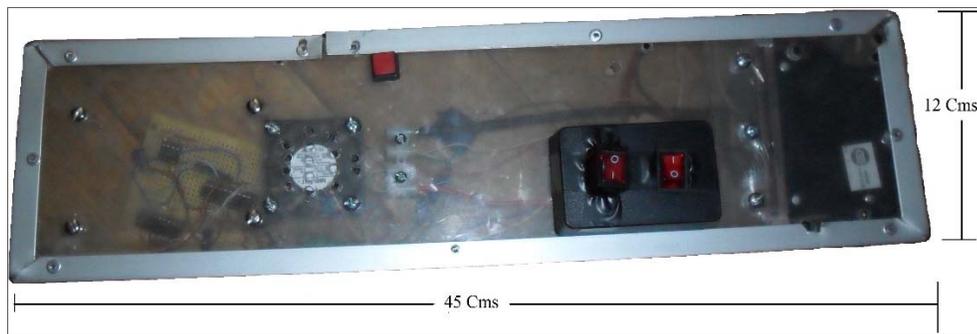


Figura N° 57: Mesa de control experimental.

El sistema de control de la silla de ruedas se ubica en una mesa pequeña y el circuito de tracción en una caja negra (Figura N° 58). La mesa contiene los interruptores de encendido y apagado, como también un interruptor que controla el sentido de giro del motor, además de una palanca de dirección adosada a la perilla del potenciómetro de dirección. El potenciómetro de tracción nos permite controlar la velocidad del motor.



Figura N° 58: Caja negra contenedora del circuito de tracción.

3.6.2 Frenos.

Por el hecho de no generar tanta velocidad y fuerza, se optó por ocupar los frenos que traen las sillas de ruedas tradicionales, en los cuales podemos encontrar diferentes tipos.

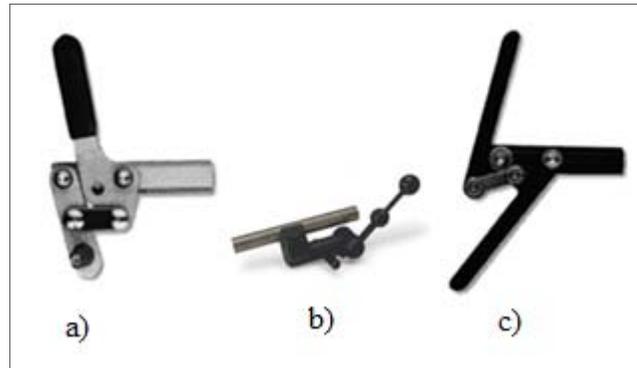


Figura N° 59: a) Freno de zapata, b) de zapata con prolongador y c) de tijera.

3.6.2.1 Razones de elección de tipos frenos.

El motor que contiene la silla de ruedas, produce en ella una velocidad de 6 [Km/h], para lo que se considera un intervalo de detención no mayor a 1 [m] aprox., por lo que se utilizó el Freno Zapata, que poseía la silla de ruedas.

3.7 Software utilizado.

Nombre del Programa	Observaciones
AutoCAD	Se simuló un modelo en 3D, de los elementos a ocupar. Obtener características a escalas del diseño.
Electronics workbench	Ver parámetros de comportamientos antes de montar un circuito
Assembler	Lenguaje de programación de bajo nivel para microcontroladores.
Audiolab	Como máx. 20 [KHz] salida tarjeta de sonido del computador; para una mayor frecuencia existen las tarjetas capturadoras de datos.
Picdel	Calcula los retardos y genera el código. Se ingresa la velocidad del oscilador [MHz] y el tiempo que se requiere demorar. Esta información se lleva a Assembler.
IC-PROG	Cargar el micro controlador

Tabla N° 28: Software usados.

CAPITULO IV: COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO.

4.1 Compras Efectuadas.

En los materiales ocupados para la construcción y montaje del sistema de autonomía analizado, se tienen los siguientes ítems de gastos que se verán en las tablas a continuación.

Tabla de Costos		
Ítem	Concepto	CLP (\$)
MECANICOS	Acero	12990
	Elementos de sujeción	10210
	Elementos de Trabajo	13050
	Elementos de Movimiento	14250
	Subtotal	50500
ELECTRICOS Y ELECTRONICOS	Motores	311190
	Conectores	6781
	Energía	86990
	Elementos de circuitos	77078
	Subtotal	482039
ENVIOS Y CARGOS	Impuestos	68347
	Envíos	27863
	Cargos	17669
	Subtotal	113879
Valor Costo Total		646418

Tabla N° 29: Costos.

Lo que generó algo más de gestión, fueron las compras realizadas fuera de Chile, correspondientes al motor reductor, servomotor y tarjea controladora del motor reductor.

Los convenios de Mercosur permiten el trato directo empresa-cliente. La compra del motor reductor se realizó en Argentina, en la empresa IGNIS, las opciones de proveedor de envío, por causa del peso, fueron Fedex, DHL ó UPS, en estas opciones hay que tener en cuenta la ciudad de destino y la urgencia de envío, lo que condicionan las tarifas. El envío se realizó por medio de Fedex, al llegar a

Chile se paga el IVA chileno 19% del valor aduanero, que consideró el precio del elemento, más los gastos administrativos de envío, se agrega el IVA Chileno al valor aduanero, ya que ellos en el precio no consideran el IVA de Argentina. Más los derechos de aduana 6%, almacenaje e IVA al almacenaje. Las opciones para el medio de pago consideradas fueron: transferencia bancaria o Western Union, del cual es agente Chilexpress. A éste se le cancela un cargo, más el IVA considerado al valor del cargo estipulado por Chilexpress.

Las otras compras efectuadas fuera de Chile, fueron en la tienda Pololu en EEUU, el Servomotor y tarjeta controladora del motor reductor. El medio de pago utilizado fue vía PayPal. Esta vez fue más expedita la compra, pues el precio de oferta de la página fue el que se canceló. El modo de envío fue por UPS certificada S&H, lo cual significó una opción accesible y módica dentro de abanico de posibilidades existentes, aunque el costo de envío resultó ser el 50% del valor de la compra.

Siempre existen gastos relacionados de forma indirecta, los cuales no se pueden rendir o cuantificar con boletas, por ello se omitieron, por ejemplo: fletes, aplicaciones hechas en los elementos, instrumentación, etc.

4.2 Tiendas en línea.

En la red, con los tratados y usos de tarjetas comerciales, se pueden encontrar numerosas tiendas y facilidades en adquirir los elementos deseados, aunque la variedad es amplia, los tiempos de entrega varían según la ubicación física de la tienda online. A continuación se mencionan algunas tiendas en línea en las que se realizaron cotizaciones o compras.

Empresas Online	Función
Olimex	Electrónica
Victronics	Electrónica
RS Chile	Electrónica
Pololu	Electrónica
Cotransa	Motores
Para-Rayos	Motores
Ignis	Motores

Tabla N° 30: Tiendas en línea consultadas.

Dentro del país, no existe una oferta muy amplia en cuanto a motores CC de alto torque, por lo que las tiendas en línea presentaron una buena alternativa para realizar cotizaciones en el extranjero.

4.3 Auspiciadores.

En busca de auspiciadores, se conversó con entidades relacionadas con apoyo social, discapacidad o ayuda a emprendedores, entre algunas respuestas obtenidas se tienen; encontrarse fuera de tiempo, los fondos no iban ligados a experimentaciones, sino a asuntos de negocios concretos o el enfoque de los fondos es ayudar a la persona directamente.

Las entidades de las cuales hubo respuestas positivas son las siguientes.

Logo	Entidad	Monto
	Escuela de Electricidad y Electrónica	\$ 100.000
	Decanatura de la Facultad de Ingeniería de la UACH	\$ 50.000
	Centro de Investigación y Desarrollo de la UACH	\$ 160.000
	Ilustre Municipalidad de Corral	\$ 250.000

Tabla N° 31: Aportes recibidos.

Después de transcurrido un tiempo en la realización del trabajo efectuado, durante el año 2010 se pidió ayuda al Centro de Investigación de la UACH, para la adquisición de los elementos y servicios ocupado en afinar la dirección y control del sistema de montaje en la silla de ruedas.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

- El diseñar una silla de ruedas eléctrica implica una serie de conocimientos, conceptos y competencias, debido a que involucran conocimientos de electrónica, física, mecánica, normativas, conocimiento del mercado, proveedores, etc., lo que dificultó en cierta medida obtener los datos necesarios de diseños para la silla, lo ideal sería contar con un equipo multidisciplinario, donde haya un profesional especialista en cada área.
- Para la puesta en marcha de la silla de ruedas, el punto más crítico siempre fue la partida del motor, pues es ahí donde se requiere más corriente para vencer la inercia del móvil a trasladar, ese dato es primordial.
- Desde el punto de vista de la planificación de costos, estos se incrementaron respecto de los esperados, debido al difícil acceso a los insumos, limitado mercado y otros gastos anexos, como por ejemplo: el transporte y mano de obra. Desde el punto de vista de la planificación de tiempos, estos se incrementaron de igual manera, debido a la investigación enfocada al área, tiempos de envíos, cotizaciones, disposición de equipos y plazos de montaje. Debido a estos incrementos, tanto en tiempos como en costos, se generan desajustes en finalizar un proyecto. Para lo cual, en trabajos de investigación y ejecución, es importante detectar dichos factores ajenos, que pueden influir en los tiempos y en los costos totales, para minimizar así su efecto lo mayor posible en la planificación.
- El no poseer el instrumental apropiado para la experimentación, dificulta la toma de muestras, procesamiento, ejecución de procedimientos y obtención de datos, lo que conlleva a resultados de menor precisión, por lo que se deben manejar ciertos rangos de errores atribuibles a dichos factores, lo que muchas veces afectan los resultados deseados o proyectados por parte de las máquinas y el personal técnico.

- Para disminuir costos se proyectó y construyó una silla de ruedas eléctrica con un solo motor de tracción, lo que generó problemas en la conducción mediante los dispositivos electrónicos y complicó el montaje de éste para generar una adecuada tracción.
- Se tuvo que optar al uso de una tarjeta para controlar los parámetros del motor, pues al realizarlo directamente con un puente H resultaban caídas considerables dentro del circuito, no pudiendo con ello llegar a extraer la máxima potencia del motor reductor
- Al realizar un trabajo de investigación, siempre es importante la seguridad de la persona en cuestión y en desmedro de los resultados, tomando siempre las medidas necesarias, tanto para el armado como para la puestas en marcha. También se debe considerar el cuidado del medio ambiente, mediante recomendaciones para el almacenamiento y/o tratado de residuos generados según lo establezcan los decretos o leyes dentro de la ciudad o país referente al tema.
- Las formas de ver la capacidad que contiene una batería son mediante la densidad de ácido y la tensión entre las terminales de la batería, esta última es la más fácil, pero puede inducir a errores, debido al efecto de memoria que estas baterías poseen.
- Sin duda, una vez manejando los parámetros básicos de las sillas de ruedas eléctricas, se pueden diseñar sistemas bastantes novedosos en cuanto al control de éstas, pues se puede utilizar desde un controlador de consola, joystick, por voz, etc., además de utilizar diversas configuraciones. Esto nos da un plus, debido a que se pueden personalizar y facilitar el manejo de las sillas eléctricas según el contexto y las capacidades específicas del usuario.
- Pese a que se disminuyeron los costos en el mayor margen posible, este es un factor muy incidente y en conjunto a la falta de instrumentalización adecuada, fueron dos de los principales problemas para la ejecución de este trabajo de tesis.

- Si bien se pudo diseñar, conseguir los elementos y ensamblar todo un sistema para una silla de ruedas eléctrica a un menor costo, se sacrificaron otras variables para conseguir dichos resultados, como por ejemplo el confort, pues para sentar al usuario se utilizó una silla de plástico, disminuyendo así el peso, el armazón no era lo suficientemente robusto por lo que se generaba cierta sensación de inseguridad, se utilizó un solo motor de tracción, lo que provoca una disminución en la potencia y también en la velocidad, al utilizar baterías pequeñas en función de obtener menor peso, también se limita la capacidad de energía eléctrica sacrificando autonomía.

BIBLIOGRAFIA

- ALSATARWAH, A. 2011. Pololu High-Power Motor Driver 18v15. (Disponible en: <http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring11/group03/ECE%20480%20Design%20Team%203.pdf>. Consultado el: 18 de Octubre de 2011).
- BATERIAS DE AUTO. Baterías ASAHI. (Disponible en: www.bateriasdeauto.cl. Consultado el: 27 de Noviembre de 2009).
- BOSCH. Manual de baterías Bosch. (Disponible en: http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Bater%C3%ADas/Bater%C3%ADas_Manual.pdf. Consultado el: 12 de Octubre de 2010).
- BRUTTI, C; A. SATTLER; J. CUESTA; A. CANAVELLI; C. DONISI. Motorización de sillas de ruedas convencionales. Universidad Autónoma Entre Ríos, Argentina. 5 p.
- CARLETTI, E. Control de motores CC Puente H. (Disponible en: www.robotpy.com/tutoriales/66-puente-h. Consultado el: 17 de Abril de 2009).
- COMERCIALIZADORA LED SOLAR LTDA. Baterías y paneles solares. (Disponible en <http://www.solarshop.cl>. Visitado el: 07 de Julio de 2010).
- CORPORACION CIUDADANA ACCESIBLE; BOUDEGUER & SQUELLA ARQ. 2010. Ciudades y espacios para todos-Manual de accesibilidad. Mutual de Seguridad, Santiago. 37 p.
- CORPORACION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. 2006. Gestión de residuos peligrosos en Chile-Baterías de Plomo-Acido. CONAMA. Santiago. 2 p.
- COTRANSA GROUP. Cotizaciones de Motores CC. (Disponible en: <http://cotransa.cl/>. Consultado el: 08 de Agosto de 2010).

GUIA MOVILIDAD. Partes de una silla de ruedas. (Disponible en: <http://www.guiamovilidad.com/guias-de-compra/76-partes-de-una-silla-electrica.html> Consultado el: 17 de Agosto de 2009).

GUIA MOVILIDAD. Tipos de sillas de ruedas. (Disponible en: <http://www.guiamovilidad.com/guias-de-compra/76-partes-de-una-silla-electrica.html> Consultado el: 17 de Agosto de 2009).

IGNIS. Catalogo 1006 – Motorreductores. (Disponible en: www.ignis.com.ar. Consultado el: 10 de Noviembre de 2009).

INE. 2004. Primer estudio nacional de la discapacidad e informes regionales 2004. (Disponible en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/encuestas_discapacidad/discapacidad.php Consultado el: 16 de Noviembre de 2008).

INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA EDUCATIVA. 2012. Norma de accesibilidad - Volumen 3 habitabilidad y funcionamiento- tomo 2. México. 39 p.

KING RIGHT MOTOR CO., LTD. Catalogo. (Disponible en: www.kingright.com.tw Consultado el 13 de Junio de 2009).

MEYRA-ORTOPEDIA. Instrucciones de funcionamiento-Silla de ruedas eléctrica modelo 9.506. (Disponible en: www.meyra-ortopedia.de Consultado el 16 de Enero de 2010).

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. 1998. Datasheet: PIC16F84A. (Disponible en: www.DatasheetCatalog.com. Consultado el: 16 de Julio de 2009).

MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y URBANISMO. 2009. Resumen normas contenidas en la ordenanza general de urbanismo y construcciones para el desplazamiento de personas con discapacidad. (Disponible en: http://www.ciudadaccesible.cl/wp-content/uploads/2011/08/oguc_05-2009.pdf. Consultado el: 23 de Octubre de 2009).

- MINISTERIO DE SALUD. 2004. Decreto 148 - Manejo de Residuos Peligrosos. (Disponible en <http://www.leychile.cl/N?i=226458&f=2004-06-16&p=> Consultado el: 21 de Febrero de 2013).
- MONCAYO, L. 2004. Cálculo y análisis dinámico del automóvil durante su desplazamiento en carretera. Tesis Ingeniería Mecánica Automotriz. Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana. (Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1132>. Consultado el: 28 de Mayo de 2010).
- MUNICIPALIDAD DE VALDIVIA. Departamento de Medio Ambiente. (Disponible en: http://www.munivaldivia.cl/www/municipal_valdivia/index.php?option=com_content&view=article&id=423&Itemid=615&lang=es Consultado el: 02 de Marzo de 2013).
- NATIONAL SEMICONDUCTOR. 2009. Datasheet: ADC0808/ADC0809. (Disponible en: www.national.com. Consultado el: 11 de Octubre de 2009).
- OLGUIN. 2013. Decreto Supremo N° 148 Reglamento sobre manejo de residuos peligrosos. (Disponible en: <http://www.prevencionchile.cl/wp/decreto-supremo-n%C2%BA-148>. Consultado el: 06 de Mayo de 2013).
- OLIMEX CHILE. Cotizaciones y compras de elementos electrónicos. (Disponible en: www.olimex.cl Consultado el: 14 de Mayo de 2010).
- OLIMEX LTDA. 2002. PIC-PG3B Parallel port PIC microcontroller programmer. (Disponible en: www.olimex.com/dev. Consultado el: 04 de Diciembre de 2009).
- ORTOMEDICA LIFANTE Y CIA LIMITADA. Ruedas inteligentes. (Disponible en: <http://www.lifante.cl> Consultado el: 12 de Septiembre de 2010).
- PARA RAYOS SAC. Cotizaciones de Motores CC. (Disponible en: <http://www.para-rayos.com/>. Consultado el: 24 de Septiembre de 2010).

POLOLU CORPORATION. Cotizaciones y compras de Driver de motor y SERVO motor. (Disponible en: <http://www.pololu.com/> Consultado el: 02 de Noviembre de 2010).

RESPEL. Reciclaje de Residuos Peligrosos. (Disponible en: <http://www.respel.cl/ResiduosPeligrosos/> Consultado el: 24 de Febrero de 2013).

REYES, L. Manual de prácticas para el laboratorio de Física I. Instituto de Física. Universidad de Antioquia. 13 p.

RS COMPONENTES ELECTRONICOS LIMITADA. Cotizaciones y compras de elementos electrónicos. (Disponible en: <http://cl.rsdelivers.com/> Consultado el: 14 de Abril de 2010).

SALCEDO, L.; C. TORRES ; G. URRIOLAGOITIA; B. ROMERO. 2011. Rediseño para la Optimización de una Silla de Ruedas Eléctrica de Dos Posiciones. Jalisco. 7 p.

SIDEI ING. LIMITADA. Conceptos básicos de carga de baterías y algoritmos de carga. (Disponible en: www.sidei.cl Consultado el: 09 de Octubre de 2011).

TEXAS INSTRUMENTS. 2010. Datasheet- NA555, NE555, SA555, SE555. (Disponible en: www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf. Consultado el: 08 de Agosto de 2010).

TODOORTOPEDIA. 2011. Valores de silla de ruedas eléctricas. (Disponible en: www.todoortopedia.com. Consultado el: 12 de Marzo de 2011).

VASQUEZ, D.; J. BARCENES; N. SOTOMAYOR. Diseño de un prototipo de una silla de ruedas para personas minusválidas no videntes. FENOVI, Ecuador. 10 p.

VICTRONICS. Cotizaciones y compras de elementos electrónicos. (Disponible en: www.victronix.cl Consultado el: 23 de Mayo de 2010).

ANEXO A

a) Fuerza Solicitante.

Análisis de fuerzas solicitantes o de diseño para selección de motor.

Se dibuja un diagrama de cuerpo libre, esto es, un esquema donde se identifican las fuerzas que intervienen en el sistema, en este caso la silla de ruedas. Dicho diagrama de cuerpo libre se muestra a continuación en la figura A.1.

Se propuso el análisis del caso más desfavorable, o sea, identificar la potencia necesaria del motor para hacer partir la silla de ruedas en un plano inclinado, según se muestra en la figura A.1.

La pendiente máxima a utilizar fue de un 11%-12%, para tramos cortos de hasta 3 metros, según la Corporación Ciudad Accesible (2010) y el Instituto Nacional de la Infraestructura Física y Educativa (2012). Estos valores corresponden a un ángulo de inclinación aprox. de 6.8° , por lo que se utilizó 7° para el cálculo.

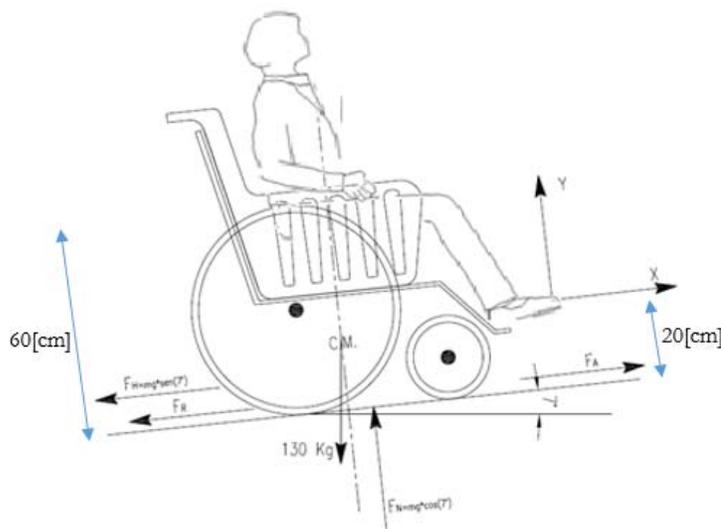


Figura N° A.1: Diagrama de cuerpo libre silla de ruedas.

Se utilizarán las ecuaciones de la física, para hallar la fuerza F_A mínima para dejar el sistema en equilibrio, dato que servirá para obtener la mínima potencia del motor para evitar que la silla retroceda por efectos de la gravedad y eventualmente sacarla del reposo en dirección de avance (subida).

Según las ecuaciones de la estática tenemos que:

$$\sum F_x = 0$$

Por lo tanto se identifican todas las fuerzas en “X”:

$$F_A = \text{Fuerza solicitante}$$

$$F_H = mg * \text{sen}(\alpha)$$

$$F_R = \mu_c N$$

$$N = F_N$$

$$F_N = mg * \text{cos}(\alpha)$$

Con:

$$m = \text{Masa Total del sistema (Masa de Ocupante + Peso de silla)} = 130[\text{Kg}]$$

$$g = \text{Fuerza de Gravedad} = 9.8[\text{m/s}^2]$$

$$\alpha = \text{Angulo de Inclinación} = 7^\circ$$

$$\mu_c = \text{Coeficiente de roce cinético entre caucho y concreto.} = 0.57 \quad (\text{Según trabajos de Salcedo et al, 2011})$$

Con los parámetros de entrada ya definidos, procedemos al cálculo:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_H + F_R = F_A$$

$$130[\text{Kg}] * 9.8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] * \sin(7^\circ) + 130[\text{Kg}] * 9.8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] * \cos(7^\circ) * 0.57 = F_A$$

$$F_A = 876[\text{N}] \text{ ó } 89.4 [\text{Kgf}]$$

Luego se obtiene la Potencia máxima solicitante, se define como:

$$P_{\text{MáxSol.}} = V_{\text{Máx}} * F_{\text{MáxSol}}$$

Debido a que la silla de ruedas a movilizar, no requiere una alta velocidad, pues, su finalidad es ayudar para desplazamientos en tramos cortos (Interior del Hogar, Hospital, Jardín, etc) se utilizará un velocidad máxima de 6 [Km/H], lo que equivale a 1,67 [m/s], y $F_{\text{MáxSol}}$ corresponde a F_A obtenido anteriormente, así tenemos:

$$P_{\text{MáxSol.}} = 1,67 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] * 89.4[\text{Kgf}]$$

$$P_{M\acute{a}xSol.} = 149.3[W]$$

Luego se compara con la potencia máxima que nos entrega el fabricante del motor IGNIS, para el Modelo MR 19-520-222, esto se obtiene de la corriente de bloqueo por el voltaje, expresado queda como:

$$P_{Motor.} = V \times I$$

$$V = 24 Vdc$$

$$I = 19 A$$

$$P_{Motor.} = 24Vdc * 19A$$

$$P_{Motor.} = 456 [W]$$

Considerando el rendimiento del motor-reductor 67.5%, tenemos:

$$P_{Motor.} = 307.8 [W]$$

El dato de potencia obtenido se encuentra dentro de los parámetros requeridos de partida, para el caso más desfavorable.

b) Radio De Giro Mínimo.

Calculo del radio de giro mínimo a velocidad máxima

Se utilizaron conceptos de la mecánica automotriz, del artículo de ‘‘Automóviles de Turismo’’, para definir dicho parámetro, la formula a utilizar es:

$$V_M = \sqrt{g * R * \mu_c}$$

$$V_M = \text{Velocidad Máxima} = 1,67 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$R = \text{Radio de giro}$$

$$\mu_c = \text{Coeficiente de roce} = 0.57$$

$$g = \text{Fuerza de Gravedad} = 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Con las variables definidas, se despeja el radio de giro mínimo a velocidad máxima:

$$R = 0.5 [m]$$

c) Calculo De Resistencia Al Giro.

Del diagrama de cuerpo libre presentado en la figura A.1, se obtienen las fuerzas que reciben tanto las ruedas delanteras como traseras de la silla, en la componente vertical “Y” para un ángulo de inclinación de 0° (caso más desfavorable para el análisis), para lo cual se obtuvo una carga de 35 [Kgf] en las ruedas delanteras, esta carga se divide en 3, pues son 3 ruedas delanteras, 2 ruedas de giro y soporte carente de SERVO y una rueda dirigida mediante SERVO. Así con esto se calcula la fuerza requerida para dar dirección mediante SERVO.

La Fuerza que se opone al giro, es un par provocado por la fuerza roce respecto del centro de la rueda, así se calcula el torsor necesario para girar:

$$\text{Zona de contacto} = 0.5 [cm]$$

$$\text{Fuerza Normal} = 35/3 = 11,7[Kgf]$$

$$\mu_c = \text{Coeficiente de roce} = 0.57$$

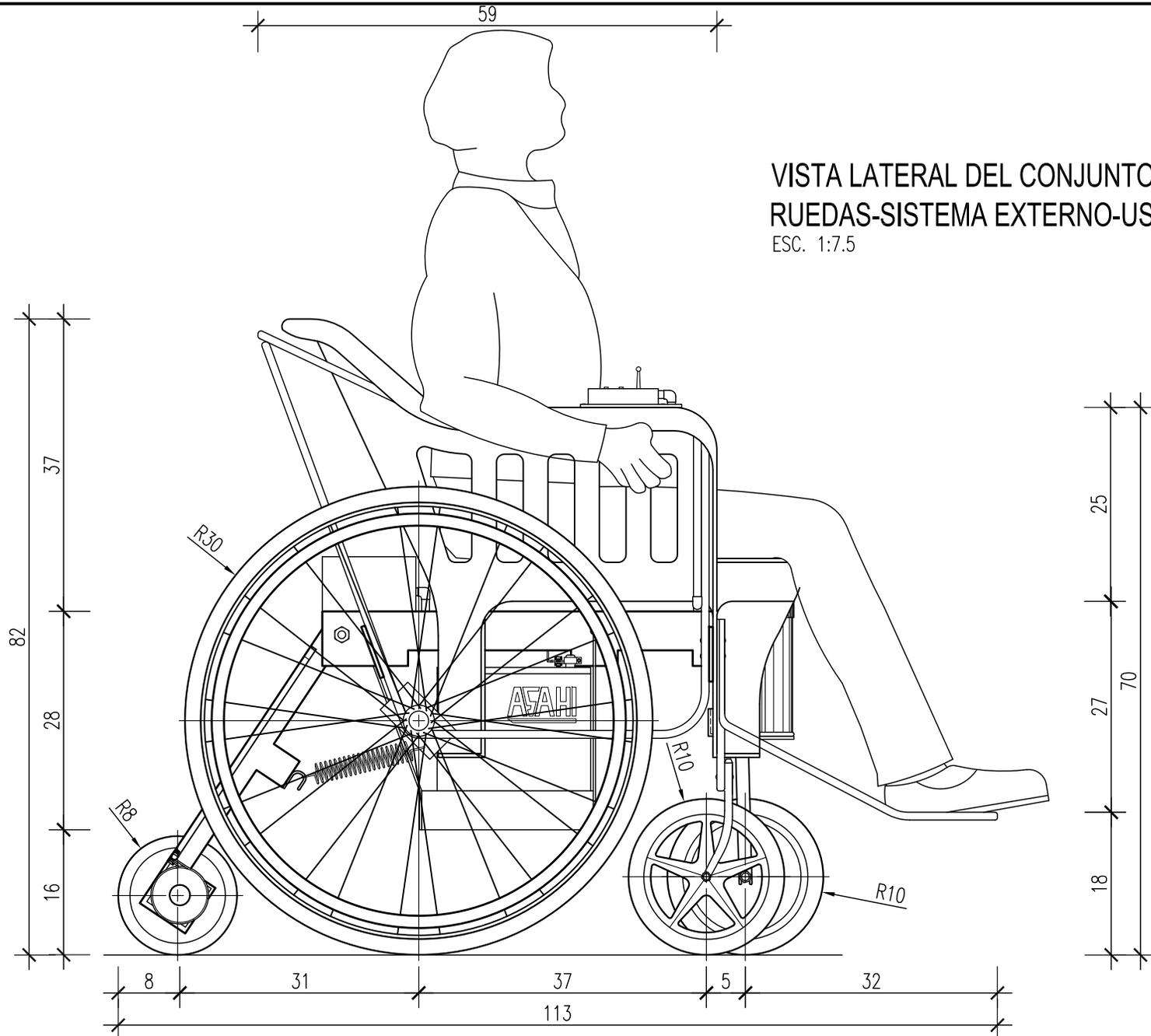
$$\text{Torsor sol.} = 0.57 * 11.7[Kgf] * 0.25[cm] * 2$$

$$\text{Torsor sol.} = 3.33[Kgf * cm]$$

El par que nos entrega el SERVO es de 10.2 [Kgf*cm], por lo que el sistema es suficiente.

ANEXO B

- *PLANIMETRIA*



VISTA LATERAL DEL CONJUNTO - SILLA DE RUEDAS-SISTEMA EXTERNO-USUARIO
 ESC. 1:7.5



Universidad Austral de Chile
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
 INGENIERÍA CIVIL ELECTRÓNICA

OBSERVACIONES:
 -UNIDADES EN CENTÍMETROS DONDE NO SE INDIQUE.
 -LAS COTAS PREVALECN POR SOBRE LAS DIMENSIONES APARENTES.

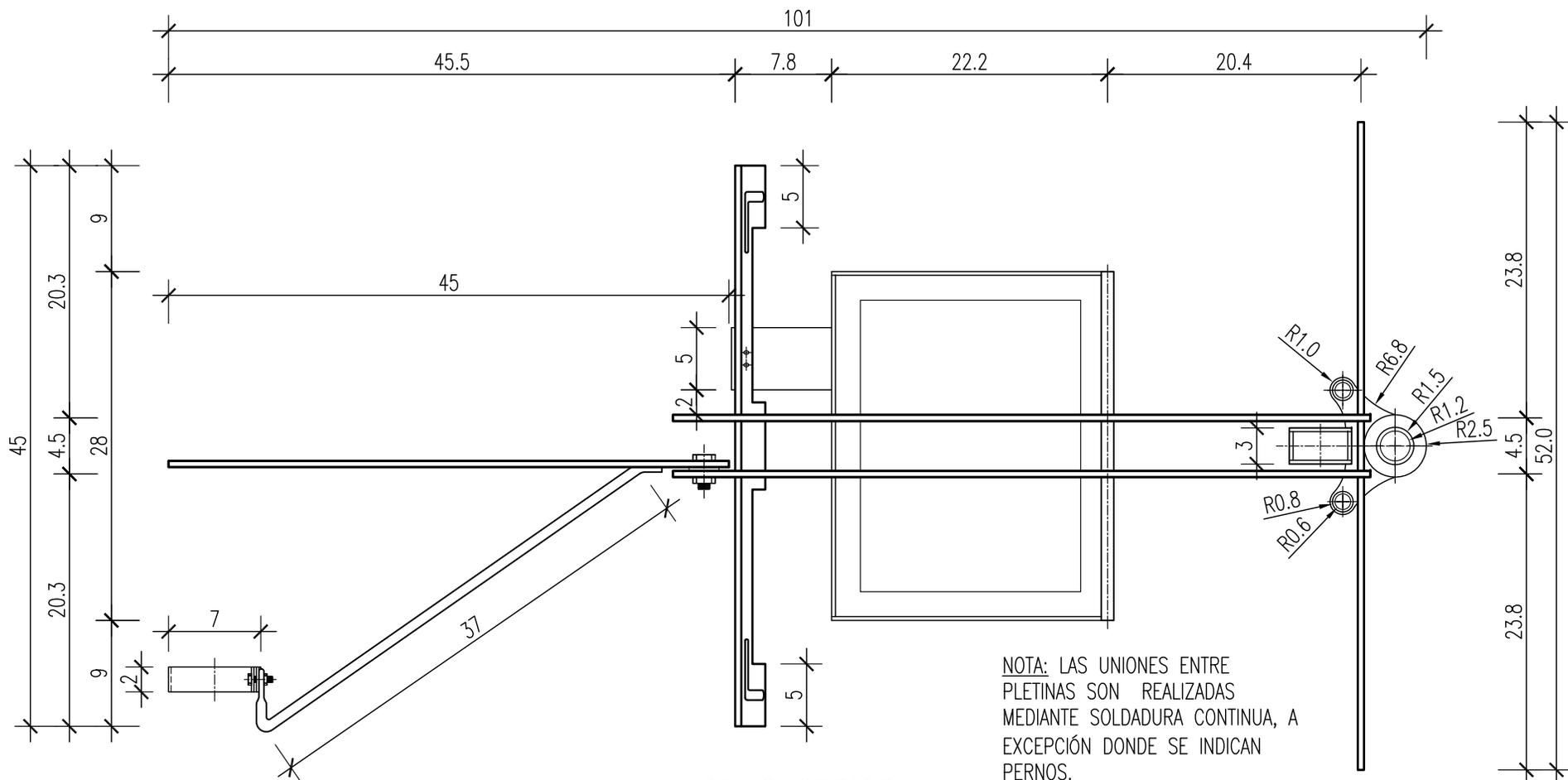
PROYECTO:
 SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA

NOMBRE:
 MARCELO SUAZO BECERRA

CONTENIDO:
 -VISTA LATERAL DEL CONJUNTO (SILLA DE RUEDAS-SISTEMA EXTERNO-USUARIO).
 -DIMENSIONES GENERALES, EN cm.

FECHA:
 OCTUBRE, 2013
 ESCALA:
 1:7.5

LÁMINA:
 1/4



VISTA SUPERIOR
 ESC. 1:5

NOTA: LAS UNIONES ENTRE PLETINAS SON REALIZADAS MEDIANTE SOLDADURA CONTINUA, A EXCEPCIÓN DONDE SE INDICAN PERNOS.

SE UTILIZARÁ SOLDADURA DE FILETE SENCILLA, DE 4 mm CON UN ELECTRODO E6011.



Universidad Austral de Chile
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
 INGENIERÍA CIVIL ELECTRÓNICA

OBSERVACIONES:
 -UNIDADES EN CENTÍMETROS DONDE NO SE INDIQUE.
 -LAS COTAS PREVALECN POR SOBRE LAS DIMENSIONES APARENTES.

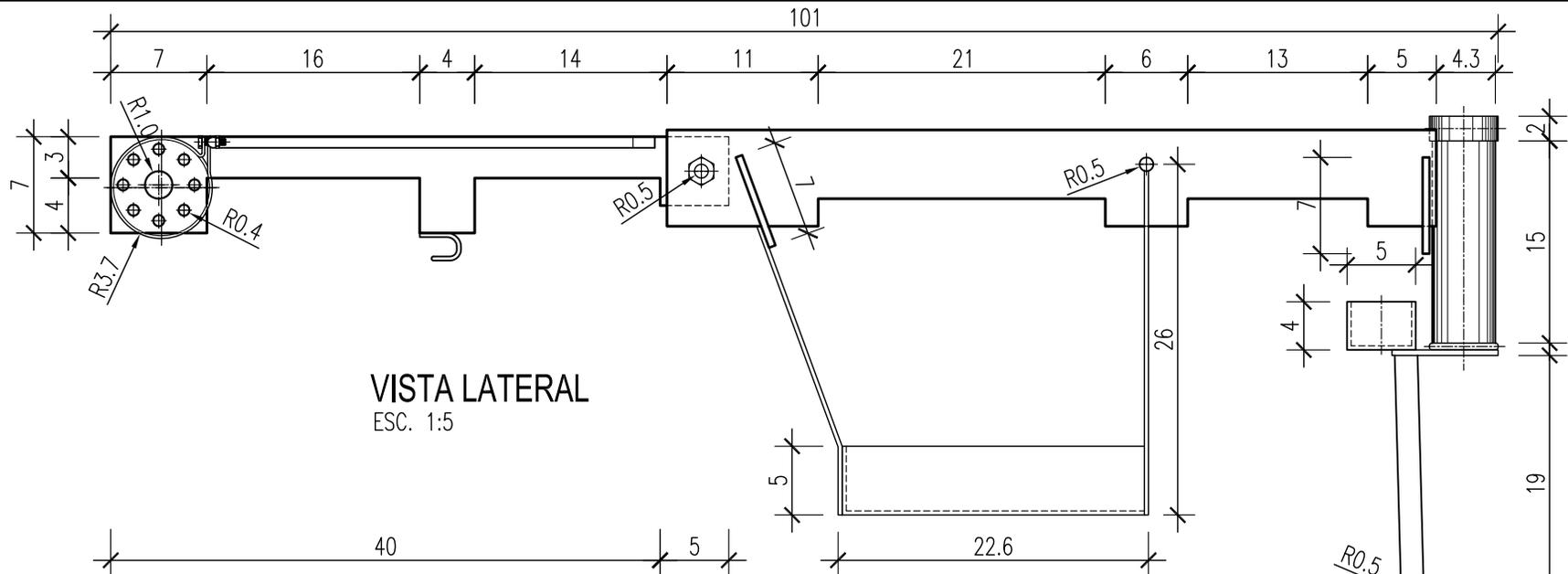
PROYECTO:
 SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA

NOMBRE:
 MARCELO SUAZO BECERRA

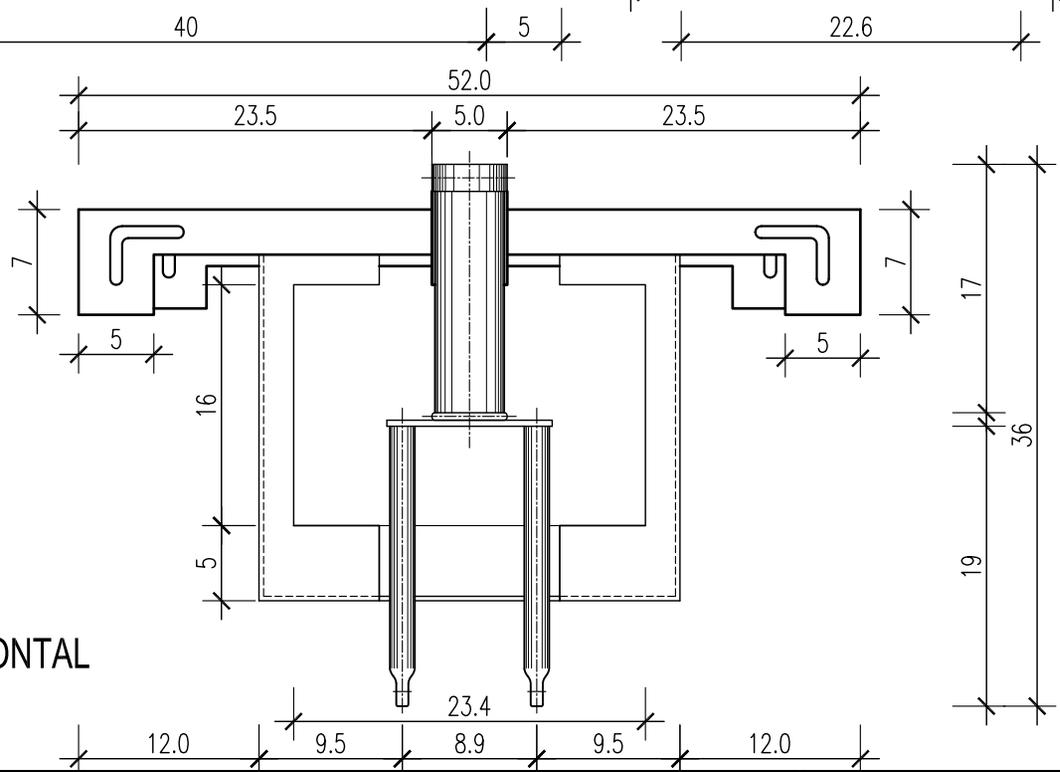
CONTENIDO:
 -VISTA SUPERIOR DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA EXTERNO.

FECHA:
 OCTUBRE, 2013
 ESCALA:
 1:5

LÁMINA:
 2/4

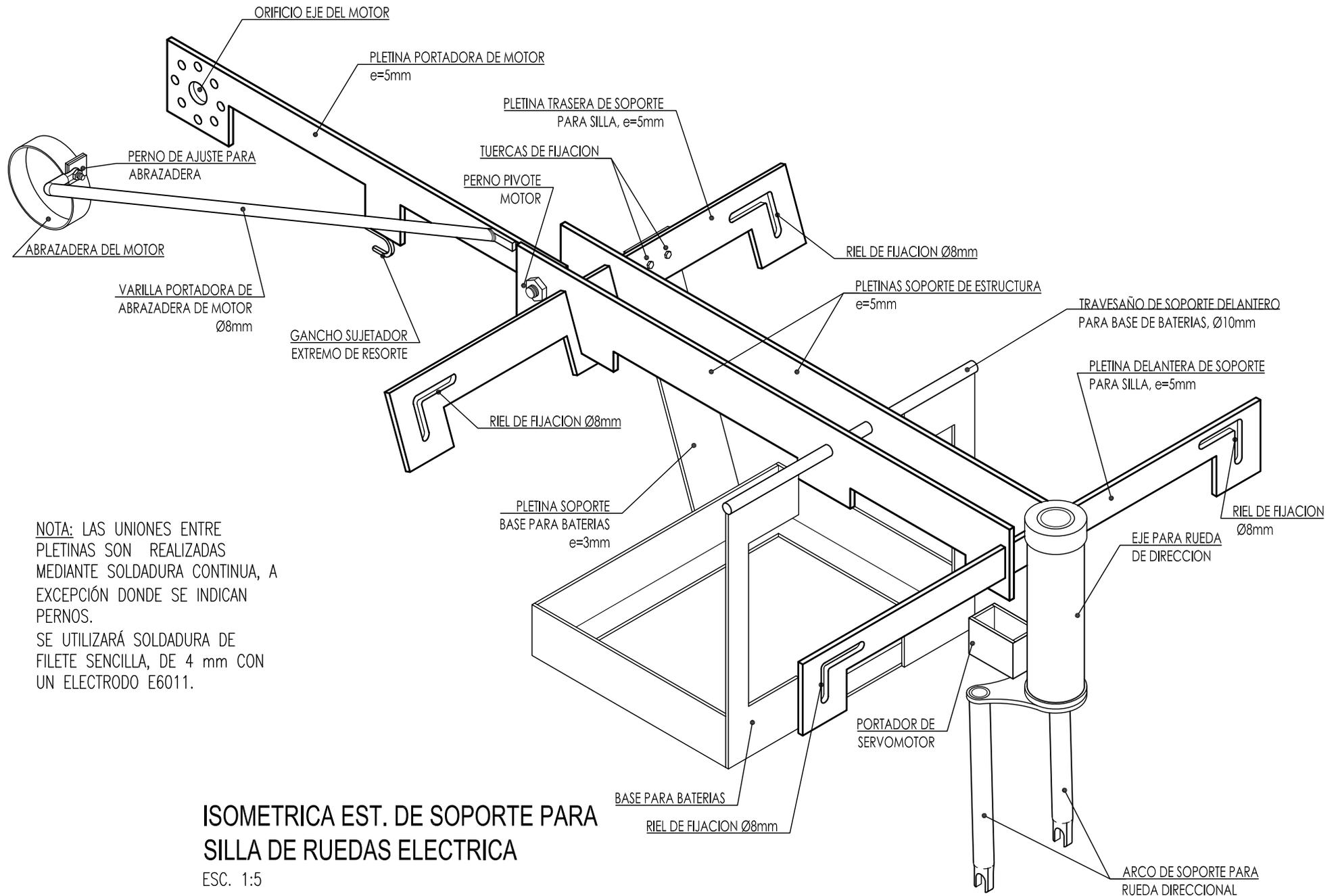


VISTA LATERAL
ESC. 1:5



VISTA FRONTAL
ESC. 1:5

NOTA: LAS UNIONES ENTRE PLETINAS SON REALIZADAS MEDIANTE SOLDADURA CONTINUA, A EXCEPCIÓN DONDE SE INDICAN PERNOS.
SE UTILIZARÁ SOLDADURA DE FILETE SENCILLA, DE 4 mm CON UN ELECTRODO E6011.



NOTA: LAS UNIONES ENTRE PLETINAS SON REALIZADAS MEDIANTE SOLDADURA CONTINUA, A EXCEPCIÓN DONDE SE INDICAN PERNOS. SE UTILIZARÁ SOLDADURA DE FILETE SENCILLA, DE 4 mm CON UN ELECTRODO E6011.

ISOMETRICA EST. DE SOPORTE PARA SILLA DE RUEDAS ELECTRICA

ESC. 1:5



Universidad Austral de Chile
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL ELECTRONICA

OBSERVACIONES:
-UNIDADES EN CENTÍMETROS DONDE NO SE INDIQUE.
-LAS COTAS PREVALECN POR SOBRE LAS DIMENSIONES APARENTES.

PROYECTO:
SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA

NOMBRE:
MARCELO SUAZO BECERRA

CONTENIDO:
- VISTA ISOMÉTRICA DE ESTRUCTURA DE SOPORTE EXTERNA.

FECHA:
OCTUBRE, 2013
ESCALA:
1:5

LÁMINA:
4/4