

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**“BASE DE ASIENTO AUTOMATIZADA PARA EL INGRESO Y SALIDA A
VEHÍCULOS AUTOMOTORES DE PERSONAS QUE SUFREN DE PARAPLEJÍA.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
MECATRÓNICA.**

AUTOR:

MARY ANAIS SANIPATÍN COLLAGUAZO

DIRECTOR:

PROF. MIGUEL RODRÍGUEZ, PH. D.

Ibarra, julio 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003485982		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Sanipatín Collaguazo Mary Anais		
DIRECCIÓN:	San Antonio, Barrio Santo Domingo, Calle Hermano Miguel 3-14		
EMAIL:	masanipatinc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-550440	TELÉFONO MÓVIL:	0980421001

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	BASE DE ASIENTO AUTOMATIZADA PARA EL INGRESO Y SALIDA A VEHICULOS AUTOMOTORES DE PERSONAS QUE SUFREN DE PARAPLEJÍA.
AUTOR:	Sanipatín Collaguazo Mary Anais
FECHA:	26/07/2017
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Mecatrónica
DIRECTOR:	Fis. Miguel Rodríguez, PH. D.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Mary Anaís Sanipatín Collaguazo, con cédula de identidad Nro. 100348598-2, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por partes de terceros.

Ibarra. A los 26 días del mes de julio del 2017



Firma:

Nombre: Mary Anaís Sanipatín Collaguazo

C.I.: 100348598-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Mary Anaís Sanipatín Collaguazo, con cédula de identidad Nro. 100348598-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: “BASE DE ASIENTO AUTOMATIZADA PARA EL INGRESO Y SALIDA A VEHICULOS AUTOMOTORES DE PERSONAS QUE SUFREN DE PARAPLEJÍA”, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra. A los 26 días del mes de julio del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Mary Anaís S.", is written over a light purple rectangular background.

Firma:

Nombre: Mary Anaís Sanipatín Collaguazo

C.I.: 100348598-2

DECLARACIÓN

Yo, **Mary Anaís Sanipatín Collaguazo**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica de Norte – Ibarra según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Nombre: Mary Anais Sanipatín Collaguazo

Cédula: 100348598-2

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “BASE DE ASIENTO AUTOMATIZADA PARA EL INGRESO Y SALIDA A VEHICULOS AUTOMOTORES DE PERSONAS QUE SUFREN DE PARAPLEJÍA”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Mary Anaís Sanipatín Collaguazo, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Rodríguez', is written over a horizontal line.

Fis. Miguel Rodríguez, PH. D.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a toda mi familia por ser mi apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, por estar siempre a mi lado en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A la Universidad Técnica del Norte, por el conocimiento que me ha brindado durante el transcurso de la carrera, que de una u otra forma contribuyeron en mi formación profesional.

A mi director de tesis Prof. Miguel Rodríguez quien con sus conocimientos y experiencia lograron la elaboración y culminación de este trabajo de grado.

Al Ing. Raúl Conterón compañero y amigo, por su apoyo académico y ser parte activa en el desarrollo de esta tesis.

A mis compañeros de estudio, por la entrega sin restricciones de una amistad que nos une en nuestro diario vivir y saber que siempre podemos extendernos la mano.

Mary

DEDICATORIA

Dedico ese trabajo a mis padres, Juan y Laura, quienes me han apoyado a lo largo de esta carrera siendo un pilar fundamental en mi vida, que con sus sabios consejos han sabido guiarme por el camino del bien.

A mis hermanos, que con su alegría y tolerancia me enseñaron a luchar, para vencer los obstáculos sin perder la esperanza de conseguir los objetivos propuestos.

Mary

RESUMEN

Se presenta la construcción de una plataforma con dos grados de libertad que permite automatizar el movimiento del asiento de pasajero de un vehículo estándar. El sistema tiene por objetivo facilitar el ingreso y salida, desde la silla de rueda al vehículo y viceversa, a personas que sufren discapacidades físicas como paraplejía. Específicamente, se diseñó la plataforma para ser adaptada a un vehículo marca Chevrolet modelo Corsa. En función del vehículo seleccionado, se determinaron los requerimientos de espacio, ergonómicos, electrónicos y mecánicos bajo los cuales debe operar la plataforma. Se realizó el diseño asistido por computadora, y su posterior análisis cinemático y dinámico por simulación, esto permitió obtener información sobre los materiales necesarios para su construcción, así como los mecanismos para su automatización. Con esta información se procedió a la construcción de la plataforma y su implementación en el vehículo seleccionado. Finalmente, se hicieron pruebas preliminares con diferentes personas (sin paraplejía) para evaluar el funcionamiento de la plataforma. El resultado observado es que se corrobora la premisa inicial de que el sistema diseñado efectivamente facilita el traslado desde (hacia) la silla de ruedas hacia (desde) vehículo a personas con discapacidades físicas.

ABSTRACT

It presents the construction of a platform with two degrees of freedom that allows to automate the movement of the passenger seat of a standard vehicle. The system aims to facilitate entry and exit, from the wheelchair to the vehicle and vice versa, to people suffering physical disabilities such as paraplegia. Specifically, the platform was designed to be adapted to a Chevrolet model Corsa vehicle. Depending on the vehicle selected, the space, ergonomic, electronic and mechanical requirements for the platform were determined. Computer-aided design, and its subsequent kinematic and dynamic analysis by simulation, allowed to obtain information on the materials needed for its construction, as well as the mechanisms for its automation. With this information we proceeded to the construction of the platform and its implementation in the selected vehicle. Finally, preliminary tests were performed with different people (without paraplegia) to evaluate the operation of the platform. The observed result is that the initial premise that the designed system effectively facilitates the transfer from (to) the wheelchair to (from) vehicle to persons with physical disabilities is corroborated.

ÍNDICE GENERAL

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	iii
3. CONSTANCIAS	iii
UNIVERSIDAD TÉCNICA.....	iv
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	iv
CERTIFICACIÓN	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	3
ALCANCE.....	4
CAPÍTULO 1.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Persona con discapacidad	5

1.2 Movilidad y transporte de personas discapacitadas	5
1.2.1 Legislación sobre personas con discapacidad en el Ecuador	6
1.3 Terminología y clasificación de los productos de apoyo para personas con discapacidad	7
1.3.1 Productos de apoyo para la movilidad personas.....	7
1.4 Ergonomía.....	8
1.4.1 Características antropométricas.....	8
1.5.1 Antropometría del asiento	9
1.5 Transmisión de movimiento	10
1.5.1 Sistema tornillo de potencia	10
1.5.2 Sistemas de engranes	10
1.6 Final de carrera	11
CAPÍTULO 2.....	12
METODOLOGÍA	12
2.1 Geometría de los vehículos	12
2.2 Diseño conceptual.....	12
2.2.1 Parámetros	13
2.3 Sistema de desplazamiento	14
2.3.1 Análisis de fuerza en tornillo de potencia	14
2.4 Sistema de giro.....	16
2.4.1 Transmisión de movimiento	16
2.4.2 Diseño de los engranes	17
2.4.3 Cálculos del motor de giro	20
2.4.4 Diseño del eje de giro	21
2.5 Selección de materiales.....	23
2.4 Diseño del sistema eléctrico.....	23
2.4.1 Selección del controlador	23
2.4.2 Sistema de control	24

CAPÍTULO 3.....	25
ANÁLISIS Y RESULTADOS	25
3.1 Simulación de los esfuerzos y cargas aplicadas al modelo.....	25
3.1.1 Factor de Seguridad.....	25
3.1.2 Desplazamiento	26
3.1.3 Esfuerzo máximo.....	26
3.2 Comprobación de funcionamiento.....	27
3.2.1 Evaluación del movimiento del mecanismo.....	28
3.3 Análisis de costos del proyecto.....	29
3.3.1 Costo total del proyecto.....	30
CAPÍTULO 4.....	31
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Persona parapléjica con pérdida de movimiento y sensibilidad de las extremidades inferiores	5
Figura 1.2 Dimensiones y características físicas del cuerpo humano.....	9
Figura 1.3 Dimensiones de asiento de vehículo.....	9
Figura 1.4 Gato tornillo sin fin Joyce	10
Figura 1.5 Par de engranes rectos, el piñón impulsa al engrane	11
Figura 1.6 Final de carrera, detectan la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico	11
Figura 2.1 Dimensiones del vehículo Chevrolet corsa (cotas en milímetros)	12
Figura 2.2 Diseño preliminar del mecanismo	13
Figura 2.3 Elementos del Sistema de desplazamiento	14
Figura 2.4 Análisis de fuerzas en el punto de contacto tornillo-tuerca.....	14
Figura 2.5 Linear Drives (lifting devices) SFL 12 V - 24 V.....	15
Figura 2.6 Elementos del sistema de giro	16
Figura 2.7 Sistema de transmisión de movimiento para el giro.....	17
Figura 2.8 Reversible Electric Gear Motor 12v 50 RPM Gearmotor DC	21
Figura 2.9 Aplicación de las fuerzas que intervienen en el eje para el giro	21
Figura 2.10 Arduino Mega 2560.....	24
Figura 2.11 Sistema de control en lazo abierto.....	24
Figura 3.1 Factor de seguridad del mecanismo, fuerzas y torques aplicados al modelo $F_1=1127N$ (flecha color violeta), $T_1=21Nm$ (flechas color naranja).....	25
Figura 3.2 Desplazamiento máximo del mecanismo	26
Figura 3.3 Máximo esfuerzo en el mecanismo	27

Figura 3.4 Variación temporal de la velocidad de salida (línea azul) y velocidad de entrada (línea naranja) en función de la variación de la carga aplicada. Se observa que el tiempo de entrada/salida sin carga son iguales y puede considerarse como punto de referencia.....28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Productos de apoyo para la movilidad personal.....	8
Tabla 2.1. Materiales seleccionados.....	23
Tabla 3.1 Pruebas de funcionamiento	27
Tabla 3.2 Resultados de pruebas	28
Tabla 3.3 Costos de componentes para la construcción mecánica.....	29
Tabla 3.4 Costos de componentes para la construcción eléctrica	30
Tabla 3.5 Costo total del Proyecto	30

INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El automóvil es un bien que facilita el traslado de las personas, lo cual adquiere enorme importancia para las personas con alguna discapacidad o adultas mayores, pero este medio de transporte en el país está compuesto con asientos tradicionales y manuales, que en general presentan una barrera a su movilidad debido a que la accesibilidad a estos es complicada y en algunos casos imposible. Actualmente en el Ecuador existe un grupo considerable de personas con discapacidad física, según resultados obtenidos por el Ministerio de Salud Pública en Junio de 2017, se señala que a nivel nacional existen 197.657 personas con discapacidad física. De estas cifras en Imbabura 5.471 y en el cantón Ibarra 2.470 [1]. En referencia a los acompañantes que facilitan el traslado de las personas con discapacidad de la silla de ruedas al asiento del vehículo, existen diversos factores de riesgo que hacen peligrosa la manipulación manual del peso de la persona y, por tanto si no lo hace de una forma correcta, puede sufrir lesiones y/o enfermedades en la zona lumbar. Para evitar este problema se realiza la construcción del mecanismo que incrementar la independencia de las personas con discapacidad y que su vida cotidiana sea mejor.

OBJETIVO GENERAL

Construcción de base de asiento automatizada para el ingreso y salida a vehículos automotores de personas que sufren de paraplejía

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requerimientos de las personas con paraplejía para el acceso a vehículos automotores.
- Diseñar la base del asiento haciendo uso de un programa CAD.
- Implementar el sistema de control de la base del asiento
- Construir la base del asiento.
- Realizar pruebas de la base construida.

ANTECEDENTES

La lesión medular es la discapacidad física adquirida que más atención ha recibido, siendo los lesionados medulares el grupo de personas con discapacidad que ha sido objeto de más observación, investigación y de mayor número de publicaciones. Dada la gravedad y la amplitud de las áreas afectadas, su estudio ha despertado un alto interés en la comunidad científica. Entre las lesiones medulares se tiene aquella que afecta solo al movimiento de los miembros inferiores, es decir, las piernas, esto se conoce como paraplejia. En la literatura se encuentra una vasta información sobre estrategias psicológicas con el fin de ayudar al paciente afectado por esta enfermedad a cómo afrontar su vida diaria, un ejemplo de ello es el libro titulado "Estrategias de Afrontamiento y proceso de Adaptación a la Lesión Muscular" de Rueda y Aguado [2]. De hecho, la Organización de la Naciones Unidas en su decreto del 13 de diciembre de 2006 aprobó la "Convención Internacional sobre los derechos sobre personas con discapacidad" [3] el cual es un instrumento internacional de derechos humanos de la ONU destinadas a proteger los derechos y la dignidad de las personas con discapacidad. Con el fin de dar cumplimiento a este decreto gobiernos locales han generado políticas para mejorar el bienestar de esta parte de la población. Uno de los problemas básicos que es imperante resolver el transporte de larga distancias ya que ello requiere la adaptación de sistema especiales a los vehículos para facilitar el acceso a los mismo por estas personas. Por ejemplo, Güell [4] diseño un sistema para el acceso a un vehículo tipo turismo en lugar del conductor, el cual según Güell puede ser también adaptado al lugar del copiloto con pequeñas adaptaciones. Este sistema solo gira y sale del vehículo y tiene un peso aproximado de 50 kg con la desventaja de que solo puede ser usado con la puerta totalmente abierta. Freire [5], en la Universidad Pontificia del Ecuador diseño un sistema que solo eleva el asiento por medio de un tornillo de potencia y que es accionado manualmente. Acurio y Sarzosa [6] en la Universidad politécnica de Ejercito en Latacunga Ecuador diseñaron un sistema con tres grados de libertad, es decir, el asiento se

eleva, gira y sale. En diseño el cual fue implementado en auto tipo todo terreno el sistema aumento la elevación (con respecto al piso del auto) en aproximadamente 25cm lo cual afecta la ergonomía del mismo. Además, uno de los motores que acciona el dispositivo esta descubierto y en contacto con las piernas de la persona discapacitada lo cual puede causarle quemaduras u otra lesión. Finalmente, Alcántara y Zuñiga [7] del Instituto Politécnico de Cuzco en Perú, diseñaron un sistema con cuatro grados de libertad, es decir, eleva, gira, sale e inclina hacia abajo el asiento. Con base en estos antecedentes y políticas, en este trabajo se propone diseñar y construir una base de asiento adaptable con dos grados de libertad, es decir, se desplaza hacia adelante y gira 90 grados hacia afuera. Se buscara realizar un diseño que no afecta significativamente la altura original del asiento, debido a que este ya está diseñado por el fabricante tomando en cuenta parámetros de seguridad y ergonomía. Se buscara un diseño que pueda ser adaptable a vehículos de características similares como los tipos sedan. Finalmente, el diseño se probara experimentalmente en un vehículo marca Chevrolet modelo Corsa.

JUSTIFICACIÓN

La tecnología tiene su mayor motivación en ayudar a mejorar la calidad de vida del ser humano y su ambiente, con la ayuda de dispositivos especializados se puede efectuar actividades que de otro modo estarían fuera de su alcance, las cuales permiten independizarse, permitiendo efectuar diversas actividades. Ante las condiciones actuales del planeta y las exigentes normas que tienen los constructores de vehículos en el mundo, se hace necesario aprovechar los nuevos sistemas implementados en los automóviles de alta gama, con las normas técnicas de nuestro país por lo que es invidente diseñar una base para el asiento de un vehículo para las personas que sufren de paraplejía. Según la constitución del Ecuador "Todas la personas son iguales y gozarán de los mismos derechos y oportunidades", por esta razón debe ampararse en la

tecnología para en cierta medida, evitar que los derechos de las personas con alguna discapacidad sean vulnerados [8]. Tomando en cuenta éste derecho constitucional y que la ingeniería tiene la obligación de ser utilizada para mejorar la calidad de vida de la humanidad, la realización de este proyecto permite ofrecer una solución en los problemas que poseen las personas con discapacidad cuando ingresan al vehículo. El diseño y construcción de este proyecto se basa en conocimientos, habilidades, capacidades, destrezas y aptitudes, vinculadas a nuestra competencia profesional.

ALCANCE

Este trabajo consistirá en crear una base automatizada para el asiento del vehículo, que será controlada eléctricamente mediante un control que estará ubicado en la parte lateral del asiento. Mediante el accionamiento del control, el asiento se desplazará automáticamente hacia adelante, luego girará hacia la parte de afuera del vehículo y la persona que sufre de paraplejía podrá sentarse en el asiento del vehículo e ingresar al mismo. Las dimensiones de la base del asiento serán diseñadas de acuerdo a los requerimientos mecánicos necesarios para la estabilidad y funcionalidad del dispositivo, según las características antropométricas de la población latinoamericana.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Persona con discapacidad

Discapacidad es un término genérico y relacional que incluye condiciones de salud, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación de una persona, lo cual se traduce como el resultado negativo de la interacción entre un individuo y sus factores contextuales, incorporando de esta forma las variables propias de los contextos sociales, culturales, económicos, espirituales, etc. en los cuales se desenvuelve la persona y su familia [9]. En este estudio se tomará en cuenta a personas que específicamente tienen una discapacidad que afecte a la movilidad de sus miembros inferiores, entre los cuales tenemos la paraplejia como se ve en la figura (1.1).



Figura 1.1 Persona parapléjica con pérdida de movimiento y sensibilidad de las extremidades inferiores

1.2 Movilidad y transporte de personas discapacitadas

En el Ecuador existen proyectos que buscan el buen vivir de los miles de discapacitados, la mayoría van dirigidos a todos en forma general y con sus diversos aspectos de su vida como es en lo social, económico, familiar, educación y salud. Pero no se enfocan en solucionar su movilidad de un lugar a otro ya sea transportándose por su cuenta o con algún familiar a cargo

de su persona [10]. Por consiguiente existen algunas leyes que se detallan a continuación que ayudan al acceso de un vehículo para estas personas con un déficit de movilidad.

1.2.1 Legislación sobre personas con discapacidad en el Ecuador

En la actualidad y desde la aprobación de la Ley Orgánica de Discapacidades, el Gobierno mediante los distintos sectores de inclusión social y económica, se han preocupado por dar el apoyo justo y necesario para las personas discapacitadas de todas clases sociales de Ecuador.

Ley Orgánica de Discapacidades

Parágrafo 1°.- De la accesibilidad al medio físico y al transporte público y comercial.

Artículo 60 Accesibilidad en el transporte.- Las personas con discapacidad tienen derecho a acceder y utilizar el transporte público. Los organismos competentes en tránsito, transporte terrestre y seguridad vial en las diferentes circunscripciones territoriales, previo el otorgamiento de los respectivos permisos de operación y circulación, vigilarán, fiscalizarán y controlarán el cumplimiento obligatorio de las normas de transporte para personas con discapacidad dictadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y establecerán medidas que garanticen el acceso de las personas con discapacidad a las unidades de transporte y aseguren su integridad en la utilización de las mismas, sancionando su inobservancia. Se adoptarán las medidas técnicas necesarias que aseguren la adaptación de todas las unidades de los medios de transporte público y comercial que sean libres de barreras y obstáculos y medidas [11].

Reglamento a ley de transporte terrestre tránsito y seguridad vial

CAPITULO VIII.- De los pasajeros del transporte por cuenta propia

Art. 299.-

Los pasajeros con movilidad reducida o discapacidad, tienen derecho a ser transportados en vehículos adecuados para sus necesidades específicas [12].

1.3 Terminología y clasificación de los productos de apoyo para personas con discapacidad

Según la organización internacional de normalización ISO los productos de apoyo “Son cualquier producto incluyendo dispositivos, equipo instrumento, tecnología y software, fabricado especialmente o disponible en el mercado, para prevenir, compensar, controlar, mitigar o neutralizar deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación” [13].

1.3.1 Productos de apoyo para la movilidad personas

La clasificación de los productos de apoyo lo realiza la norma ISO 999:2007 [13] mediante un código de tres pares de dígitos (00 00 00) con los cuales se clasifican en diferentes niveles, todos aquellos productos de ayuda que sirvan para fines o discapacidades similares. El código debe descifrarse de la siguiente manera. El primer par de dígitos indica una clase, el segundo par de dígitos una subclase, y el tercer par de dígitos, una división. Los títulos en el nivel de clase generalmente definen una amplia zona de función, los títulos en el nivel de subclase define una función especial, los títulos en el nivel de división se refiere a productos particulares.

El código (AA BB CC) nos indica:

AA= nivel 1(Clase general)

BB=nivel 2 (Función especial)

CC=nivel 3 (Producto particular)

Dentro de esta clasificación nos competen directamente aquellos productos que llevan como nivel 1 el código 12 (Producto de apoyo para la movilidad personal), y el nivel 2 el código 12 (Adaptaciones para vehículos), nivel 3 código 12 (Asientos y cojines para vehículos, especialmente diseñados).

Tabla 1.1 Productos de apoyo para la movilidad personal

Código ISO			Productos de apoyo para la movilidad personal
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
12	12		Adaptaciones para vehículos.
12	12	12	<ul style="list-style-type: none"> • Asientos y cojines diseñados para ayudar a una persona a entrar y salir del coche, o para proporcionar apoyo a una persona durante el viaje. • Asientos de seguridad para niños y asientos deslizantes incluidos.

1.4 Ergonomía

La ergonomía estudia los factores que intervienen en la interrelación hombre- artefacto, afectados por el entorno. El conjunto se complementa recíprocamente para conseguir el mejor rendimiento; el hombre piensa y acciona, mientras que el objeto se acopla a las cualidades del hombre, tanto en el manejo como en aspecto y comunicación. El objetivo de la ergonomía es dar las pautas que servirán al diseñador para optimizar el trabajo a ejecutar por el conjunto conformado por el operario-artefacto. Todo proyecto de diseño está obligado a usar como herramienta básica para su estudio la ergonomía, que sirve para determinar los factores de influencia y marco de limitantes, cuyos resultados cualitativos y cuantitativos se convierten en los requerimientos y parámetros para el planteamiento de una hipótesis acertada [14].

1.4.1 Características antropométricas

La antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas como se indica en la figura (1.2), y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas [15].

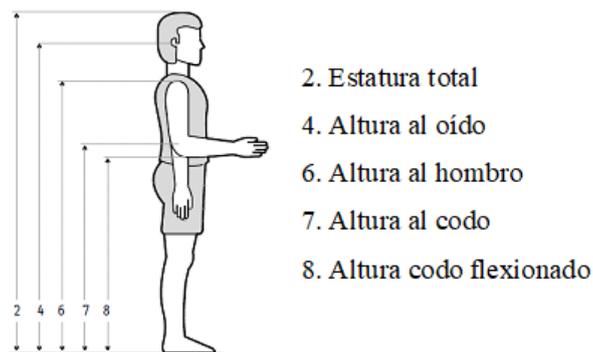


Figura 2.2 Dimensiones y características físicas del cuerpo humano

1.5.1 Antropometría del asiento

El asiento es el principal punto de unión entre el vehículo y las personas, ya que durante cada desplazamiento, tres cuartas partes del cuerpo de las personas están en contacto con el asiento, jugando este un papel fundamental tanto en confort interior como en el control del vehículo [5]. Las dimensiones de un asiento como se muestra en la figura (1.3), deben relacionarse con los aspectos antropométricos y las exigencias biomecánicas establecida por cada fabricante de los vehículos. En lo posible se procurara que la adaptación del mecanismo conserve los parámetros que ya han sido considerados en el diseño original del asiento del vehículo.



Figura 3.3 Dimensiones de asiento de vehículo

1.5 Transmisión de movimiento

Tipo de movimiento que tiene el elemento de entrada del mecanismo (elemento motriz) coincide con el tipo de movimiento que tiene el elemento de salida (elemento conducido), son conjuntos de mecanismos que comunican el movimiento de un cuerpo a otro [16]. Para la realización de la transmisión de movimiento de los grados de libertad del mecanismo se empleara el sistema de tornillo de potencia y engranes que se describe a continuación.

1.5.1 Sistema tornillo de potencia

Sistema que se utiliza para convertir el movimiento angular en movimiento lineal y, por lo general, para transmitir potencia. Entre las aplicaciones familiares como se muestra en la figura (1.4) se incluyen los tornillos de tornos y los tornillos para prensas de banco, prensas de sujeción y gatos [17]. Son capaces de obtener ventajas mecánicas muy grandes; por consiguiente, pueden elevar o mover grandes cargas [18].

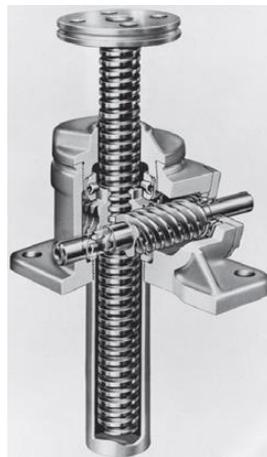


Figura 4.4 Gato tornillo sin fin Joyce

1.5.2 Sistemas de engranes

Los engranes son rueda dentadas cilíndricas que se usan para transmitir movimiento y potencia desde un eje giratorio hasta otro como se muestra en la figura (1.5). Los dientes de un engrane conductor encaja con precisión en los espacios entre los dientes del engrane conducido [19].

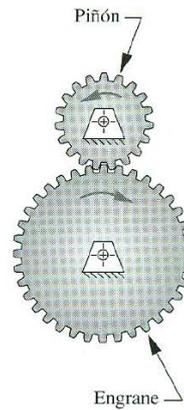


Figura 5.5 Par de engranes rectos, el piñón impulsa al engrane

1.6 Final de carrera

Los interruptores o sensores finales de carrera, son interruptores que detectan la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico [20]. Son muy habituales en la industria para detectar la llegada de un elemento móvil a una determinada posición. El tipo de final de carrera que se ubicara en las distintas posiciones será como el que se muestra en la figura (1.6) que serán ubicados en el mecanismo para lograr su adecuado posicionamiento.



Figura 6.6 Final de carrera, detectan la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

Este capítulo describe el marco metodológico de la investigación, indicando el procedimiento empleado para el desarrollo del dispositivo, mediante la ejecución de actividades.

2.1 Geometría de los vehículos

Como se ha explicado previamente se va a realizar la adaptación de un mecanismo en el asiento del copiloto de un vehículo que permita facilitar la incorporación a personas con discapacidad físicas. Para la realización de este proyecto, se ha escogido como base el asiento de un vehículo marca Chevrolet corsa. De este modelo se han tomado medidas aproximadas y referencias de espaciado.

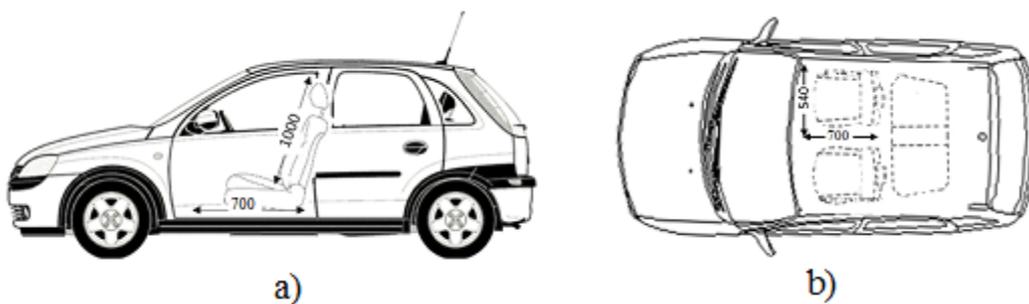


Figura 7.1 Dimensiones del vehículo Chevrolet corsa (cotas en milímetros)

La figura (2.1) muestra las dimensiones del vehículo desde dos vistas diferentes. Las medidas más importantes a tener en cuenta para el diseño del mecanismo son la altura del asiento figura (2.1a) y el espacio disponible alrededor del asiento figura (2.1b). Una vez que se encuentre instalado el mecanismo el asiento no debe rebasar estas medidas.

2.2 Diseño conceptual

Para este trabajo ya se conocía la idea general, las aplicaciones y también la forma general del mecanismo; sin embargo, lo que se hizo fue recaudar la información de trabajos pasados y

utilizarla en beneficio mediante una adaptación a las necesidades que requiere nuestro mecanismo. Toda esta recopilación permitió elaborar cada uno de los componentes para el diseño de la estructura del mecanismo como se muestra en la figura (2.2). El mismo que permitirá realizar los dos movimientos como son el desplazamiento y rotación mediante los cuales el usuario con discapacidad tendrá la facilidad de acceder al vehículo.

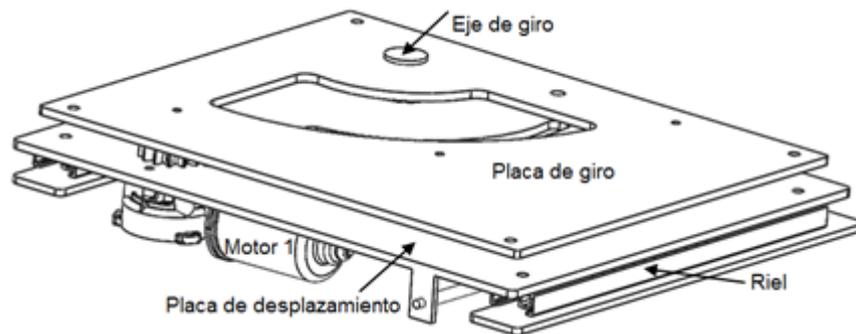


Figura 8.2 Diseño preliminar del mecanismo

2.2.1 Parámetros

Tomando en cuenta las dimensiones del vehículo en la zona del asiento detalladas anteriormente, se describen los principales parámetros que influyen directamente en el diseño del mecanismo.

- Peso máximo de la persona: $W_P = 90 \text{ kg} = (882N)$
- Peso máximo del asiento con el sistemas: $W_S = 50 \text{ kg} = (490N)$
- Ángulo de rotación del asiento: $\theta = 90^\circ$

De los parámetros indicados se determina que el peso total máximo W_T que soportará el mecanismo es la sumatoria del peso de la persona y del sistema, $W_T = W_P + W_S$ por lo tanto $W_T = 1372N$.

2.3 Sistema de desplazamiento

El sistema de desplazamiento que se encuentra compuesto con los siguientes elementos como se muestra en la figura (2.3), permite que el asiento se deslice en el interior del vehículo hacia adelante o hacia atrás. Este movimiento se realizará a través de la utilización de un sistema de tornillo de potencia.

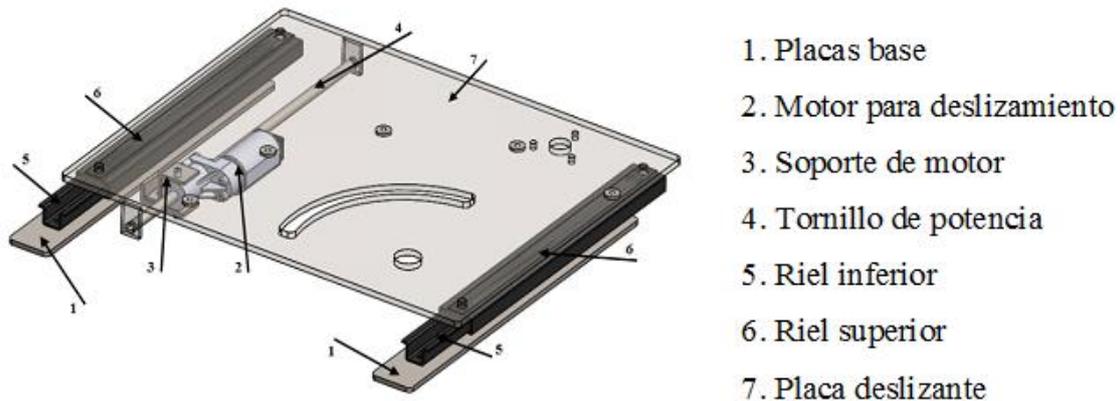


Figura 9.3 Elementos del Sistema de desplazamiento

2.3.1 Análisis de fuerza en tornillo de potencia

La cuerda de un tornillo es esencialmente un plano inclinado que se enrolla alrededor de un cilindro para crear una hélice [18]. La figura (2.4) muestra un bloque que representa una tuerca que se desliza por el plano inclinado de la cuerda, además el diagrama de cuerpo libre con las fuerzas que actúan sobre la tuerca. Mediante el diagrama de cuerpo libre se determinará el cálculo de la fuerza para la selección del motor.

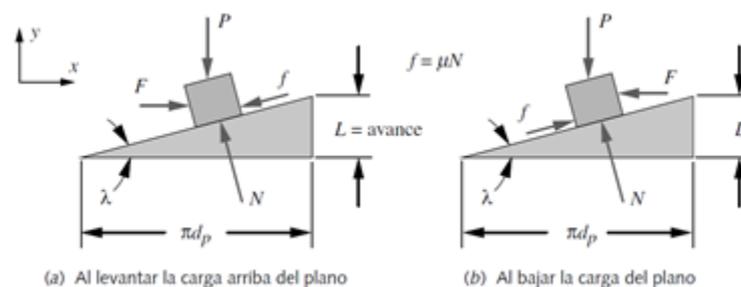


Figura 10.4 Análisis de fuerzas en el punto de contacto tornillo-tuerca

Del catálogo de MADLER seleccionamos un motor que tenga integrado un sistema de tornillo de potencia y tuerca como se muestra en la figura (2.5), del cual el diámetro exterior del tornillo es de $d = 10mm$ con un paso de rosca $p = 3mm$, con estos datos se determina la fuerza para seleccionar el motor que permita el desplazamiento del mecanismo.



Figura 11.5 Linear Drives (lifting devices) SFL 12 V - 24 V

La inclinación del plano figura (2.4) se conoce como el ángulo de avance λ , donde $L = p = 3mm$ avance y $d_p = 8.0511mm$ diámetro de paso, por lo tanto el ángulo de avance es $\lambda = 6.76^\circ$.

$$\tan \lambda = \frac{L}{\pi d_p} \quad (2.1)$$

Del diagrama de cuerpo libre de la figura (2.4a) se realiza la sumatoria de las fuerzas en las direcciones x y y:

$$\Sigma_x = 0 = F - f \cos \lambda - N \sin \lambda = F - \mu N \cos \lambda - N \sin \lambda$$

$$F = N(\mu \cos \lambda + \sin \lambda) \quad (2.2)$$

$$\Sigma_y = 0 = N \cos \lambda - f \sin \lambda - P = N \cos \lambda - \mu N \sin \lambda - P$$

$$N = \frac{P}{(\cos \lambda - \mu \sin \lambda)} \quad (2.3)$$

donde $\mu = 0.1$ es el coeficiente de fricción entre el tornillo y la tuerca [21]. Para determinar la fuerza y seleccionar el motor se combinan las ecuaciones (2.2) y (2.3). Reemplazando los datos en la ecuación (2.4) se obtiene una fuerza de $F = 303.43N$.

$$F = P \frac{(\mu \cos \lambda + \sin \lambda)}{(\cos \lambda - \mu \sin \lambda)} \quad (2.4)$$

Del catálogo MADLER [22] se selecciona el motor No. 475 201 04, el cual funciona con un voltaje de operación de 12 V entregando una fuerza máxima de 600N con una velocidad de 20mm/s, que cumple con los requerimientos. De tal manera, la potencia del motor se determina con la siguiente expresión $P_M = F_{rT}V$, donde $V = 0.02 \text{ m/s}$ velocidad de avance, por tanto $P_M = 9.6W$.

2.4 Sistema de giro

El sistema de giro que se encuentra compuesto con los siguientes elementos que se muestran en la figura (2.6), genera el movimiento rotacional del asiento permitiendo que se alinee con la puerta del vehículo en posición abierta, este sistema permite que el asiento gire un ángulo máximo de $\theta = 90^\circ$ y una velocidad angular de salida $\omega_G = 0.244 \text{ rad/s}$.

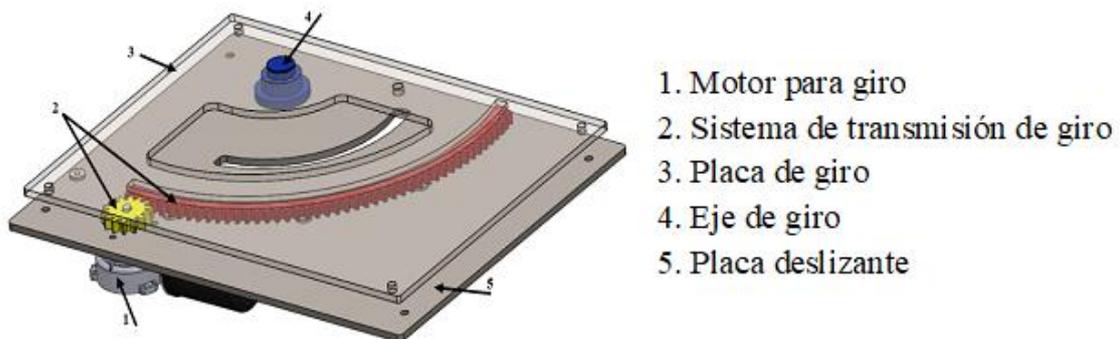


Figura 12.6 Elementos del sistema de giro

2.4.1 Transmisión de movimiento

La transmisión del movimiento para el giro del asiento se realizará mediante un sistema de engranajes rectos como se observa en la figura (2.7), los mismos que además cumplirán la

función como reductor de velocidad. Para generar el movimiento giratorio del asiento es necesario vencer la fuerza de fricción F_T que se genera entre el engrane y la placa de desplazamiento. La magnitud de dicha fuerza viene dada por $F_T = \mu_s W_T$, donde $\mu_s = 0.74$ coeficiente de fricción acero sobre acero [23] y $W_T = 1372N$ peso total, por lo tanto $F_T = 1015.28N$.

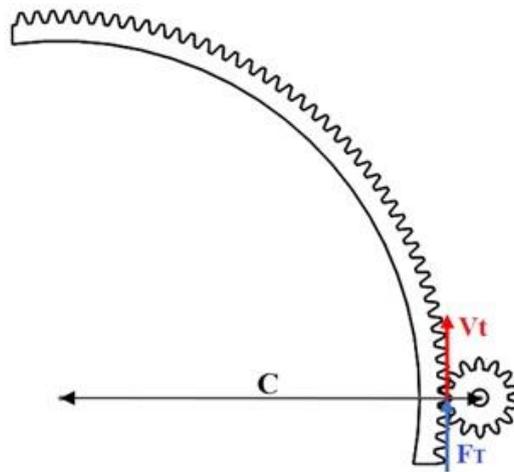


Figura 13.7 Sistema de transmisión de movimiento para el giro

2.4.2 Diseño de los engranes

En base al espacio disponible y la relación de transmisión requerida, los engranes se diseñan con los siguientes requerimientos:

$m=3$ Módulo

$\phi=20^\circ$ Ángulo de presión

$C=252\text{mm}$ Distancia entre centros

$N_p = 14$ Número de dientes del piñón [24].

Donde:

ϕ : se define como el ángulo entre la línea de acción (normal común) y la dirección de la velocidad en el punto de paso, de modo que la línea de acción gira ϕ grados en la dirección de giro del engrane impulsado, m : una característica de magnitud que se define como la relación

entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. Cuando dos engranes engranan, al menor se le llama piñón y al mayor engrane. Se usará el símbolo D_P para indicar el diámetro de paso del piñón y D_G para el diámetro de paso del engrane. Al referirse al número de diente, se usara N_P para representar los del piñón y N_G a los del engrane.

Diámetro de paso de piñón y engrane.- El diámetro de paso es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Con relación a la circunferencia primitiva se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de los engranajes [19]. Para determinar el diámetro de paso del piñón se calcula despejando la ecuación del módulo (2.5) dando como resultado $D_P = 42mm$.

$$m = \frac{D_P}{N_P} = \frac{D_G}{N_G} \quad (2.5)$$

De igual manera para el diámetro de paso del engrane se despeja de la ecuación de distancia entre centros (2.6); que es la suma de los radios de paso de los dos engranes engranados figura (13) por lo tanto el resultado $D_G = 462mm$.

$$C = \frac{D_G + D_P}{2} \quad (2.6)$$

Velocidad lineal.- Es el punto de contacto tangencial entre el piñón y el engrane figura (13). Se calcula a partir de la ecuación (2.7), por lo tanto $V_t = 0.052 m/s$.

$$V_T = \omega_G \frac{D_G}{2} \quad (2.7)$$

Número de dientes del engrane.- Despejando de la ecuación (2.5) y remplazando los datos, se determina que el número de dientes del engrane es de $N_G = 154dientes$. De los cuales se mecanizarán solo los necesarios que permitan la rotación del mecanismo.

Material de fabricación de engranes.- El acero se usan comúnmente para fabricar engranes ya que tienen mayor resistencia a la tensión que los hierros fundidos, así como un costo competitivo en aleaciones con pequeñas cantidades de otros materiales [18]. Para la elaboración del sistema de transmisión se usará acero al carbón AISI 1020 con las siguientes propiedades: resistencia a la tensión 379MPa, resistencia a la fluencia 207MPa, dureza Brinell (HB) 111 [19].

Ancho de cara.- Para determinar el ancho de cara de los engrane se utilizará la ecuación de Lewis (2.8) útil para el esfuerzo de flexión en un diente. Como se mencionó anteriormente el piñón y el engrane se fabricarán de un solo material y para utilizar la ecuación de Lewis, esta se aplica al engrane más débil en este caso el piñón; y de esta manera se determina el ancho de cara [25].

$$F_T = \sigma_o C_v b \pi m y \quad (2.8)$$

Donde:

$\sigma_o = 126$ MPa tensión estática permisible [25]

$C_v =$ factor de velocidad

$y =$ factor de forma del diente

Factor de velocidad.- Se determina mediante la ecuación (2.9) que es para engranes cuidadosamente cortados que operan a velocidades de hasta 12.5m/s, donde el factor de velocidad es $C_v = 0.99$.

$$C_v = \frac{4.5}{(4.5 + V_t)} \quad (2.9)$$

Factor de forma del diente.- Una pequeña consideración mostrará que el valor de y_P es independiente del tamaño del diente y sólo depende del número de dientes de un engranaje y del sistema de dientes [25]. El valor de y_P en términos del número de dientes puede expresarse de la siguiente manera; para un ángulo de presión de 20° , como resultado $y_P = \mathbf{0.089}$.

$$y_P = \frac{0.154 - 0.912}{N_P} \quad (2.10)$$

Despejando el ancho de cara b de la ecuación (2.8) y reemplazando datos calculados en la ecuación (2.11) se obtiene $b_P = 10mm$ tamaño del cual se mecanizarán los engranes.

$$b_P = \frac{F_T}{\sigma_o C_v \pi m y_P} \quad (2.11)$$

2.4.3 Cálculos del motor de giro

El torque que requiere entregar el motor para generar el movimiento rotacional del asiento es de $T_P = 21.32Nm$ que viene dado por:

$$T_P = F_T \frac{D_P}{2} \quad (2.12)$$

Además para obtener la velocidad de giro del asiento se utiliza la relación de velocidad de un par de engranes que se calcula a partir del número de dientes de los engranes acoplados, los cuales son número enteros. La razón de engrane $VR = 11$ se expresa como el número de dientes del engrane N_G entre el número de dientes del piñón N_P .

$$VR = \frac{N_G}{N_P} = \frac{\omega_P}{\omega_G} \quad (2.13)$$

La velocidad angular que el motor requiere para que gire el asiento es $\omega_P = 2.464 rad/s = 23.53rpm$ que se calcula despejando la ecuación (2.13) además la potencia que debe transmitir se obtiene de la ecuación (2.14), por tanto $P_P = 52.79watts$.

$$P_P = F_T V_T \quad (2.14)$$

Se selecciona el motor de la marca MAKERMOTOR figura (2.8) modelo No. PN01007, con las siguientes especificaciones: Velocidad nominal 50rpm, potencia nominal 60Watts y torque nominal 11.5Nm.



Figura 14.8 Reversible Electric Gear Motor 12v 50 RPM Gearmotor DC

2.4.4 Diseño del eje de giro

Alrededor de este eje gira el asiento, por lo que debe ser lo suficientemente rígido para resistir el momento flector debido a la fuerza de fricción F_T y el peso de la persona con el asiento F_1 figura (2.9). El eje se fabricará con acero de transmisión AISI 1045 CD cuyas propiedades mecánicas son $S_y = 530MPa$ y $S_{ut} = 630MPa$ [19].

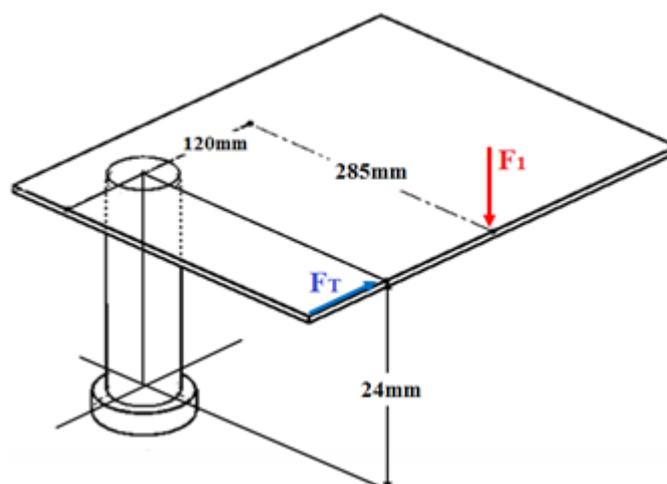


Figura 15.9 Aplicación de las fuerzas que intervienen en el eje para el giro

donde $F_1 = W_p + W_a$ es la sumatoria de $W_p = 90kg$ peso de la persona, $W_a = 25kg$ peso del asiento, por tanto $F_1 = 115kg = 1127N$ y $F_T = 1015.28N$.

Análisis de cargas.- Para el análisis de carga se procede a desarrollar el diagrama de la figura (2.9).

$$\vec{M} = \vec{r} \otimes \vec{F} \quad (2.15)$$

$$\vec{M}_o = 110.87 \vec{i} + 289.35 \vec{j} - 321.19 \vec{k}$$

Momento flector resultante

$$M_o = \sqrt{M_{Ox}^2 + M_{Oz}^2} \quad (2.16)$$

$$M_o = 339.79N$$

Análisis de esfuerzos

Esfuerzos máximos.- El resultado se expresa en función del diámetro.

$$\sigma_{max} = \frac{M_r * c}{I} = \frac{M_r * \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{3461.07}{d^3} \quad (2.17)$$

$$\tau_{max} = \frac{T * c}{I} = \frac{T * \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{32}} = \frac{1473.65}{d^3} \quad (2.18)$$

Donde:

M=momento flector,

T=momento torsor,

I=momento de inercia eje redondo sólido,

J=momento polar eje redondo sólido.

Aplicando la teoría de la energía de distorsión ecuación (2.19) y considerando un factor de diseño para materiales dúctiles $F_s = 2.5$ [19] se determina el diámetro del eje de giro.

$$\sigma' = \frac{S_y}{F_S} \quad (2.19)$$

donde el esfuerzo de Von Mises viene dado por $\sigma' = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 * \tau_{max}^2}$, como resultados se obtiene $\sigma' = \frac{4300,46}{d^3}$ que al remplazar en la ecuación de la energía de la distorsión (2.19) se establece que el diámetro del eje de giro será de $d = 30mm$, tamaño del cual será mecanizado.

2.5 Selección de materiales

Para la construcción del mecanismo se seleccionan los siguientes aceros que se detallan en la tabla (2.1) por su facilidad de manufactura y fácil adquisición. Una de las propiedades más importantes a ser analizada fue la resistencia a la fluencia y la tensión del material.

Tabla 2.1. Materiales seleccionados

Designación del material	Resistencia a la tensión (MPa)	Resistencia a la Fluencia (MPa)	Ductilidad *
ASTM A36	400	250	21
AISI 1045 CD	630	530	12
AISI 1020 CD	420	352	15

*Porcentaje de elongación en 2 pulgadas

2.4 Diseño del sistema eléctrico

2.4.1 Selección del controlador

Actualmente existen un sin número de micro-controladores en el mercado los cuales cumplen una determinada función, para el circuito de control se selecciona un Arduino Mega 2560 figura (2.10) debido a su fácil manejo y a su vez consta con el número de entradas y salidas necesarias para realizar la programación para el funcionamiento del mecanismo. Entre las especificaciones posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas

análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa [26].

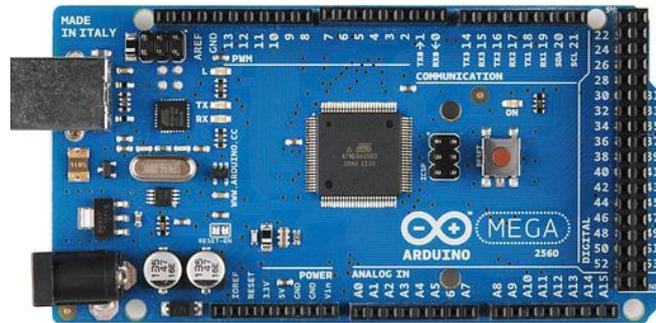


Figura 16.10 Arduino Mega 2560

2.4.2 Sistema de control

Para llevar a cabo el sistema de control del mecanismo, se utiliza un controlador Aduino Mega 2560 además de un puente H para controlar el giro de los motores. El sistema a implementarse es el control en lazo abierto, donde la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada [27]. En la siguiente figura (2.11) se muestra el sistema a implementarse en el mecanismo.

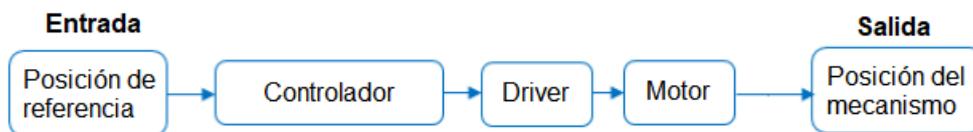


Figura 17.11 Sistema de control en lazo abierto

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1 Simulación de los esfuerzos y cargas aplicadas al modelo

En el análisis de elementos finitos se divide a una estructura continua, en pequeños elementos para analizar el comportamiento de estos y proporcionar una solución que se aproxima a un comportamiento real. Los métodos numéricos permiten obtener una solución aproximada de cómo se comporta el modelo real mediante los cálculos de desplazamiento, deformaciones y tensiones de los componentes con cargas internas y externas. Sin embargo no deja de ser un método aproximado y es necesario en algunos casos realizar un prototipo real y analizarlo.

3.1.1 Factor de Seguridad

Para el análisis se considera la posición crítica del mecanismo, esto ocurre cuando la placa de giro está en la posición de 90 respecto a la placa inferior que realiza el desplazamiento lineal (movimiento hacia adelante de la base del asiento). Las cargas aplicadas así como el resultado del factor de seguridad, el cual es de 2.5, se ilustra en la figura (3.1)

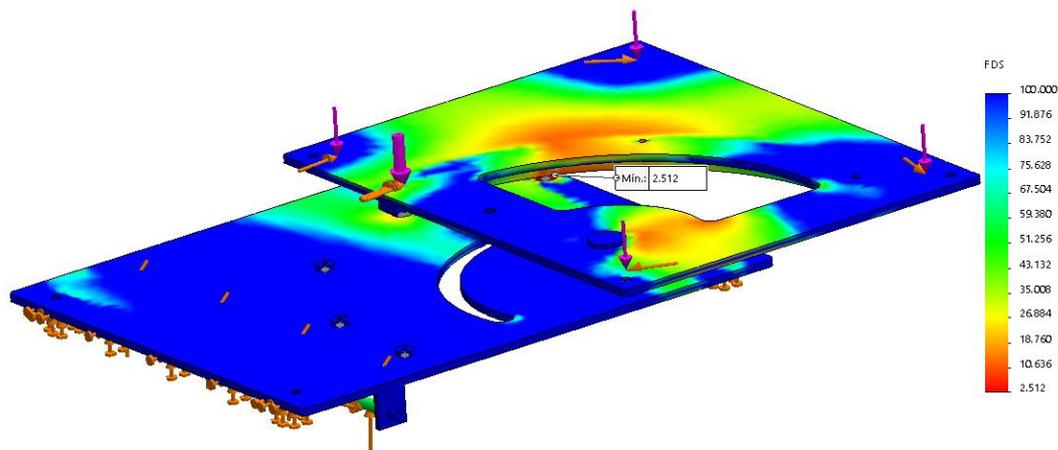


Figura 18.1 Factor de seguridad del mecanismo, fuerzas y torques aplicados al modelo $F1=1127N$ (flecha color violeta), $T1=21Nm$ (flechas color naranja)

3.1.2 Desplazamiento

El desplazamiento máximo cuando la placa de giro se encuentra en su posición crítica es de 0.0525 mm figura (3.2), determinándose como un valor aceptable debido a que no tendrá deformación.

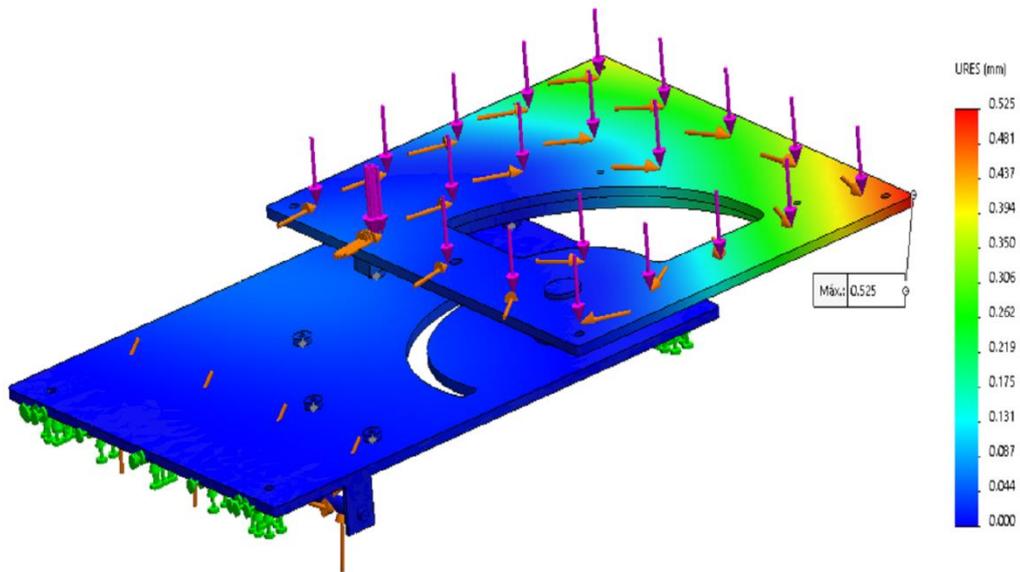


Figura 19.2 Desplazamiento máximo del mecanismo

3.1.3 Esfuerzo máximo

Como se muestra en la figura (3.3) el máximo esfuerzo del mecanismos se encuentra ubicado en el apoyo que evita la fricción del engrane al momento de girar. Este esfuerzo se produce en esta zona debido a que en la posición crítica la placa de giro se encuentra hacia afuera, y todo el peso del usuario se encuentra apoyado en ese punto. El esfuerzo máximo es de 99MPa y con esto podemos concluir que es menor al esfuerzo admisible y está dentro de los límites de elasticidad del acero.

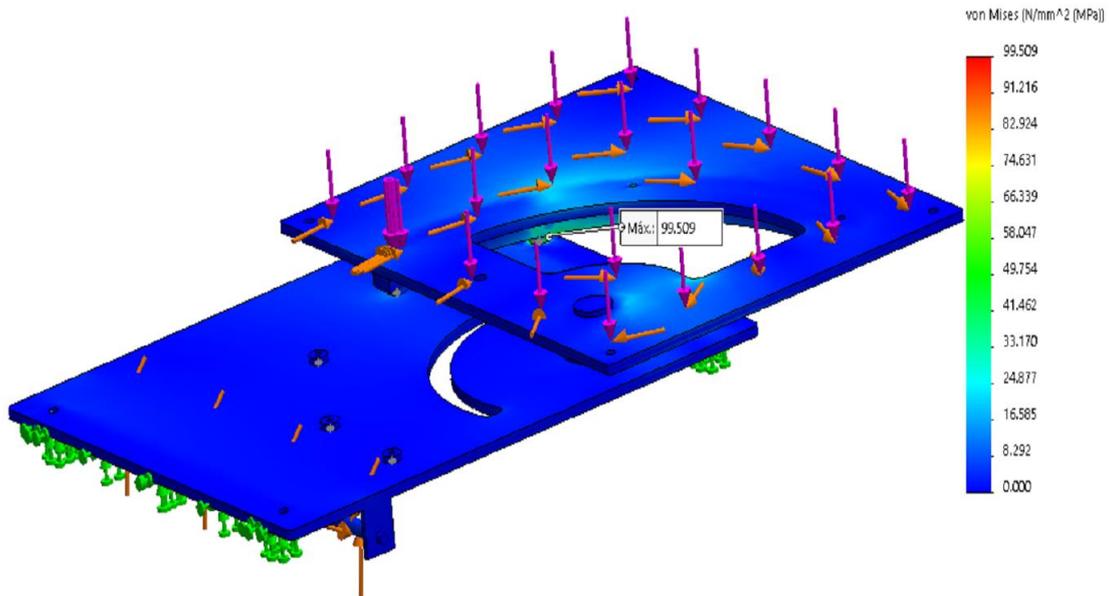


Figura 20.3 Máximo esfuerzo en el mecanismo

3.2 Comprobación de funcionamiento

Para las pruebas de funcionamiento se evaluaron los parámetros mostrados en la tabla (3.1).

Tabla 3.1 Pruebas de funcionamiento

No.	Descripción	Requerimientos	Cumple	
			Si	No
1	Pruebas de funcionamiento de los botones del mando de control.	Pulsar alternadamente los botones y verificar el correcto funcionamiento del sistema de control.	X	
2	Pruebas de funcionamiento del motor de desplazamiento y giro del asiento.	Colocar los motores en su respectiva posición y verificar si funcionan correctamente.	X	
3	Pruebas de funcionamiento de los finales de carrera.	Colocar los finales de carrera en cada posición y verificar si envían la señal al Arduino para la detención de cada motor.	X	
4	Pruebas de funcionamiento de la velocidad de los motores.	Regular la velocidad de los motores para que cumpla con los requerimientos del diseño.	X	
5	Pruebas de funcionamiento de la comunicación inalámbrica.	Comprobar que la aplicación instalada en un teléfono móvil se comunique con el controlador y active los motores	X	

3.2.1 Evaluación del movimiento del mecanismo

En las pruebas de funcionamiento se analizó la variación que existe entre el movimiento del mecanismo (cuando ingresa/sale) sin carga y con carga. Estos datos se muestran en la tabla (3.2).

Tabla 4.2 Resultados de pruebas

No.	Peso (kg)	Tiempo de Salida (s)	Tiempo de Ingreso (s)	Voltaje (V)
1	Sin carga	18	18	12
2	65	29	31	12
3	70	32	35	12
4	75	36	40	12

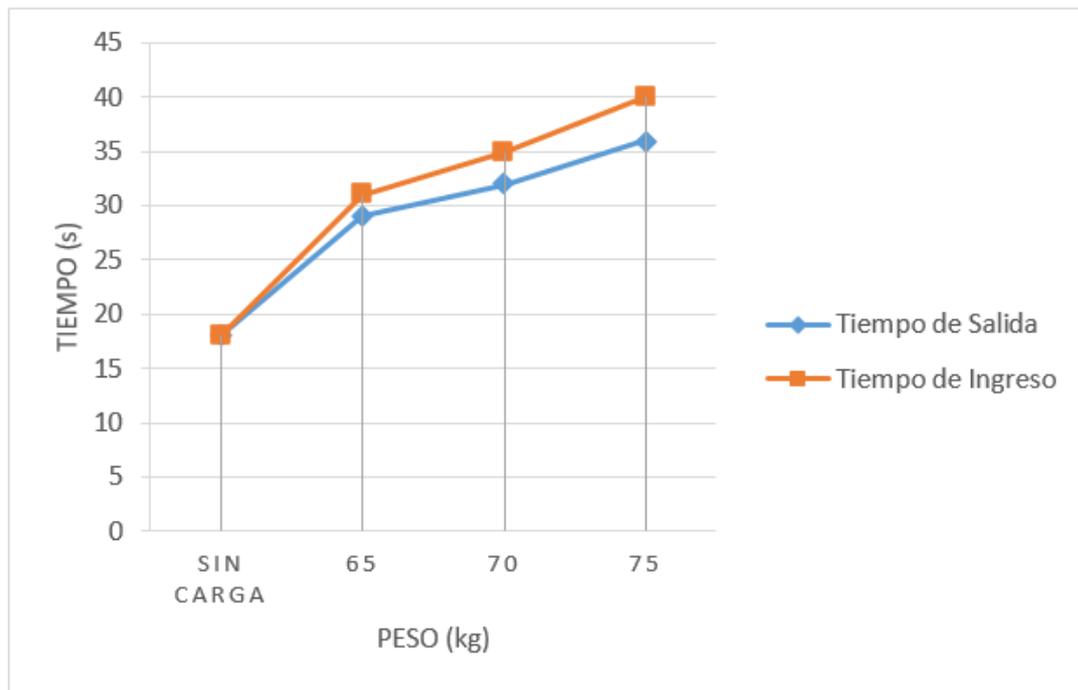


Figura 21.4 Variación temporal de la velocidad de salida (línea azul) y velocidad de entrada (línea naranja) en función de la variación de la carga aplicada. Se observa que el tiempo de entrada/salida sin carga son iguales y puede considerarse como punto de referencia.

Analizando la tabla (3.2) se observa que al realizar el movimiento del mecanismo respecto al tiempo varía de acuerdo al peso aplicado. Determinando que mientras mayor sea la carga aplicada a los motores estos van a realizar un mayor esfuerzo y tardaran en realizar el movimiento como se observa en la gráfica (3.4).

3.3 Análisis de costos del proyecto

En esta parte se especifican el costo de los materiales que se ocupan tanto para la construcción de la parte mecánica y mano de obra tabla (3.3), como de la parte electrónica del mecanismo tabla (3.4)

Tabla 5.3 Costos de componentes para la construcción mecánica

Cantidad	Descripción	Valor Unitario (USD)	Total
1	Electric Gear Motor	120,00	120,00
1	Linear Driver	400,00	400,00
6	Tornillos roscados M6x1.0x20	0,10	0,60
1	Perno M10x1.5x45	0,40	0,40
1	Tuerca M10x1.5	0,20	0,20
4	Pernos M8x1.25x16	0,15	0,60
4	Tuerca M8x1.25	0,05	0,20
-	Mano de obra	400,00	400,00
		Total	922,00

Tabla 6.4 Costos de componentes para la construcción eléctrica

Cantidad	Descripción	Valor Unitario (USD)	Total
1	Arduino Mega 2560	20,00	20,00
1	Monster Moto Shield, Puente H doble 30A, VNH2SP30	35,00	35,00
1	Tarjeta De Expansión Terminales Para Arduino Screw Shield V2	17,00	17,00
1	Regulador de voltaje	2,50	2,50
1	Módulo Bluetooth	8,00	8,00
1	Adaptador de toma corriente para autos	5,00	5,00
-	Cable AWG #18	0,30	1,20
14	Terminales hembra	0,20	2,80
4	Finales de carrera	1,00	4,00
		Total	95,50

3.3.1 Costo total del proyecto

La suma de los costos de los componentes de la construcción mecánica y electrónica se indica en la tabla (3.3).

Tabla 7.5 Costo total del Proyecto

Tipo de Costo	Costo Total
Costo de elementos de construcción mecánica	922,00
Costo de elementos de construcción eléctrica	95,50
Total	1.017,5

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

El diseño del dispositivo desarrollado presenta mejoras respecto a previos dispositivos publicados en la literatura. Es decir, se ha disminuido considerablemente el volumen ocupado por el sistema. Se ha mejorado el sistema de giro de la placa superior por medio de la implementación de un motor reductor. El dispositivo diseñado, debido a su poco volumen ocupado, puede ser instalado en cualquier tipo de vehículo con la adición de una base construida especialmente para cada vehículo. Debido a que la carga máxima que soporta el dispositivo en su posición crítica (preestablecida) es de 90kg, la simulación por medio de elementos finitos dio como resultado que debe emplearse placas de acero ASTM A36, con un espesor de 6mm. Al sistema de control se le adicione un sistema de comunicación mediante bluetooth para mejorar la interacción del dispositivo con el usuario. Se recomienda para futuras investigaciones adicionar un grado de libertad al dispositivo que permita el movimiento hacia afuera del vehículo de la plataforma.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CONADIS, "Información estadística de personas con discapacidad," [Online]. Available: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>, [Accessed: 08-Jul-2017].
- [2] M. B. Rueda and A. L. Aguado, *Estrategias de afrontamiento y proceso de adaptación a la lesión medular*, 1st ed. Madrid: Instituto de Migraciones y Servicios Sociales, 2003.
- [3] A. Anula, *Convención Internacional de Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*, 3rd ed. Editilia IBERTILIA Promotora de Español, 2013.
- [4] A. Güell, "Diseño del mecanismo de adaptación de asiento de automóvil para conductor minusválido," Tesis de grado, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 2012.
- [5] J. R. Freire, "Estudio de mecanismo que facilite el ingreso y la salida de personas discapacitadas en automóviles tipo coupe," Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato, Ambato, Ecuador., 2011.
- [6] D. Acurio and L. Sarzosa, "Diseño, construcción e implementación de un asiento de potencia con 3 grados de libertad para la asociación de discapacitados Mercedes de Jesús del cantón Salcedo," Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE, Latacunga, Ecuador, 2014.
- [7] J. Alcántara and G. Zúñiga, "Análisis de diseño conceptual de un mecanismo adaptable al asiento de un automóvil que asista a personas ancianas y discapacitadas," Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional, Culhuacan, México, 2015.
- [8] *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi: Editorial Jurídica del Ecuador, 2008.
- [9] M. A. Figueroa and H. G. Inostroza, *Discapacidad y Salud Mental: Una visión desde SENADIS*, Alvimpress, 2015.
- [10] L. A. Pulupa, "Estudio de factibilidad para un sistema de conducción para personas con paraplejia en vehículos N1," Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador, 2017.
- [11] *Ley Orgánica de Discapacidades*, Quito, 2012.
- [12] *Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial*, 2012.

- [13] *Productos de apoyo para personas con discapacidad clasificación y terminología*, ISO 9999:2007, 2007.
- [14] J. A. Cruz and G. A. Garnica, *Ergonomía aplicada*, 4th ed., ser. Chocombia. ECOE Ediciones, 2010.
- [15] P. Mondelo and E. G. P. Barrau, *Ergonomía I Fundamentos*, 3rd ed. Universidad Politécnica de Cataluña, 1999.
- [16] "Mecanismos de transmisión del movimiento," [Online]. Available:<https://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmission-del-movimiento/>, [Accessed: 19-Jun-2017].
- [17] R. G. Budynas, J. K. Nisbett, and J. E. Shigley, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 9th ed. McGrawhill, 2008.
- [18] R. L. Norton, *Diseño de Máquinas: Un Enfoque Integrado*, 4th ed. Pearson, 2011.
- [19] R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*, 4th ed. Pearson, 2006.
- [20] "Ndu soluciones eléctricas final de carrera," [Online]. Available:<http://www.ndu.cl/final-de-carrera>, [Accessed: 10-Mar-2017].
- [21] Catálogo No. 41, Comparison of Friction Coefficients, MADLER, Alemania, 2015.
- [22] Catálogo No. 41, Linear Drives (lifting devices) SFL 12 V-24 V, MADLER, Alemania, 2015.
- [23] R. A. Serway and J. W. Jewett, *Física para Ciencias e Ingeniería*, 7th ed. Cengage Learning, 2008.
- [24] A. L. Casillas, *Máquinas Cálculos de Taller*.
- [25] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *Textbook of Machine Design*, S. Chand, 2005.
- [26] Arduino, "Arduino mega 2560 rev3," [Online]. Available:<https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>, [Accessed: 02-Jul-2017].
- [27] K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderna*, 5th ed. Pearson, 2010.

ANEXOS

ANEXO A. Manual de Usuario

Para realizar el correcto manejo del mecanismo, se realiza el siguiente manual de usuario.

Especificaciones técnicas:

Tabla A.1 Especificaciones técnicas

Peso del mecanismo	15 kg (33,07lb)
Peso máximo del usuario	90 kg (198.42 lb)
Fuente de alimentación	12 V
Máximo consumo de corriente	6 A
Materiales de mecanismo	ASTM A36 AISI 1045 CD AISI 1020 CD

Descripción de componentes

El dispositivo cuenta con una serie de elementos que servirán de medio para la interacción del usuario, los cuales facilitaran su buen uso.

- **Conector de mechero:** Permite el suministro de energía del mecanismo el cual es conectado al encendedor de cigarrillo del vehículo.



Figura A.1 Conector de alimentación del mecanismo

- **Control:** Dispositivo que estará ubicado junto al asiento para controlar el mecanismo figura (A.2). Además el mecanismo también podrá ser controlado mediante una

aplicación figura (A.3) que será instalada en un teléfono móvil permitiendo la fácil interacción entre el usuario y el mecanismo.

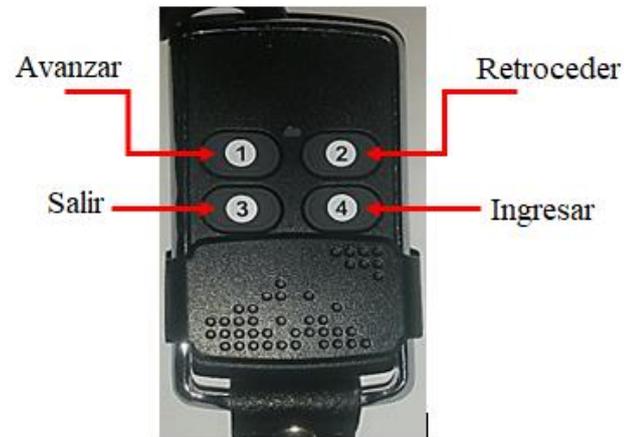


Figura A.2 Mando de control



Figura A.3 Interfaz de aplicación móvil

INSTRUCTIVO PARA FUNCIONAMIENTO:**PASO 1:**

Colocar el vehículo en contacto, seguidamente conectar el adaptador de alimentación del mecanismo al encendedor de cigarrillo figura (A.4)



Figura A.4 Conexión de alimentación del mecanismo

PASO 2:**Control mediante teléfono móvil**

1. Activar el bluetooth del teléfono móvil figura (A.5).



Figura A.5 Activación del bluetooth

2. Vincular el teléfono del usuario previamente instalado la aplicación figura (A.6).

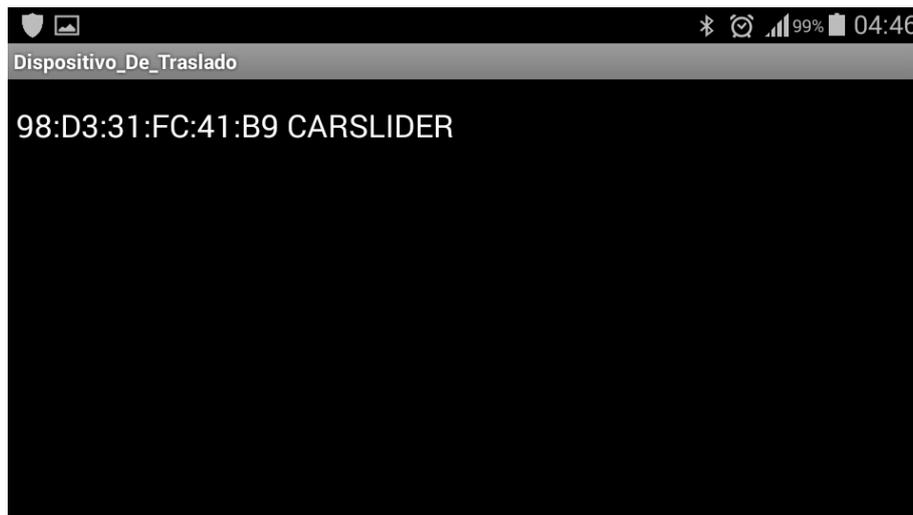


Figura A.6 Vincular la aplicación al sistema de control

Esta aplicación instalada en el teléfono móvil figura (A.3) consta con varios botones que permiten la activación de cada sistema del mecanismo.

Mando de control

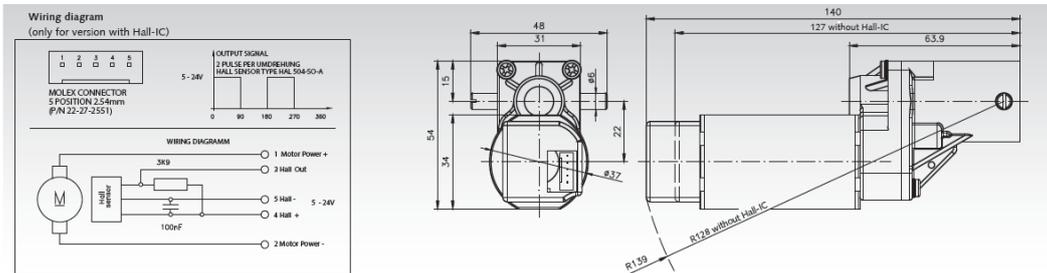
El control estará ubicado junto el asiento, el cual posee 4 botones para el funcionamiento del mecanismo figura (A.2).

- **Botones 1 y 2:** Permiten el avance y retroceso del mecanismo respectivamente.
- **Botones 3 y 4:** Permiten la salida y el ingreso del mecanismo respectivamente.

ANEXO B. Linear Drive

Linear Drives (lifting devices) SFL 12 V - 24 V

Housing: Motor: Steel, zinc-plated. Gearbox: Aluminium.
 Can be mounted in any position.
Gearbox: Metal gears, trapezoidal thread nuts made from plastic.
Bearing: Plain bearings.
Lubrication: Spindle nut must be greased by the customer.
Motor: DC motor 12 V or 24 V switching voltage, interference-free.
 Change the direction of rotation by switching the polarity.
 Protection class acc. to EN 60529: IP 30. Operating mode as per VDE 0530: S2.
 Universal use linear drives, e.g. for actuating devices.
 Either with or without Hall-IC for positioning, end position limit or speed control. For Spindle Tr. 10 x 3 mm.
 The required spindle length depends on the required stroke length.
 The spindles have to be ordered separately. Mounting eye and stop block qfor spindle ends are included with the linear drive.
Ordering Details: e.g.: 1 Piece Product No. 475 201 01, Linear Drive 1000N without Hall IC (Spindles have to be ordered separately).



Product No. without Hall-IC	Product No. with Hall-IC	F Nom ¹⁾ N	I Nom ²⁾ A	12 Volt-Operation			24 Volt-Operation			ratio i	Hall Pulses per linear motion puls/mm	Weight g
				F max ³⁾ N	V ⁴⁾ mm/s	ED ⁵⁾ %	F max ³⁾ N	V ⁴⁾ mm/s	ED ⁵⁾ %			
475 201 01	475 201 11	1000	1,0	-	-	-	1700	5,0	70	50:1	33,3	500
475 201 02	475 201 12	1200	3,2	600	5,0	50	2100	10,0	30	50:1	33,3	500
475 201 03	475 201 13	400 (200)*	1,5 (0,95)*	300	8,6	80	700	18,5	50	12:1	8,0	500
475 201 04	475 201 14	400	3,6	600	20,0	50	800	40,0	30	12:1	8,0	500

1) Nominal lifting power. 2) Nominal current. 3) Maximum lifting power. 4) Idle speed. 5) Maximum duty cycle.
 * Datas in brackets are valid for 12V-Operation.

Spindles for linear drives (lifting devices) SFL

Material: Choice of C15 Steel or Stainless Steel 1.4305.
Design: Either ready-to-use for 300mm stroke lengths or by the metre for further processing by the customer.
Caution: Due to kinking, the max stroke length under compressive loads is limited to 300 mm.
 The spindle has to be adequately lubricated before screwing in and operating (with normal machine grease).
 Mounting eye and stop block are included with the linear drive.



Ordering Details: e.g.: 1 Piece Spindle Product No. 475 201 30 for stroke lengths 300mm

Product No.	Length mm	Material	Weight g	Design
475 201 30	383	Steel C15	230	Ready-to-Install. For stroke lengths 300mm.
640 010 00	1000	Steel C15	600	Sold by the metre, for further processing by the customer.
640 990 10	1000	Stainless Steel	600	Sold by the metre, for further processing by the customer.

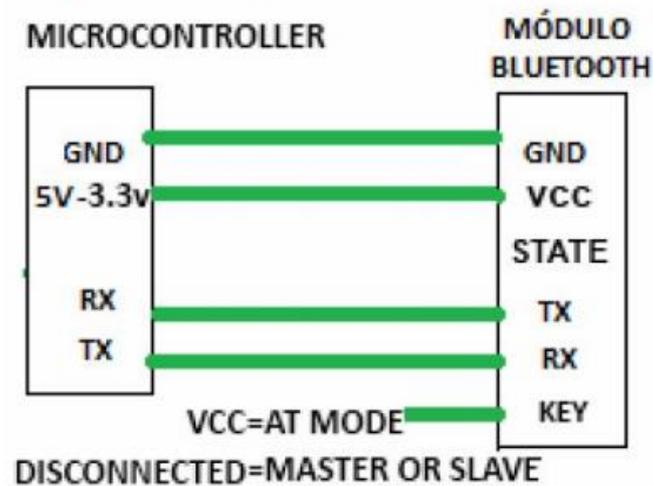
ANEXO C. Bluetooth HC-05



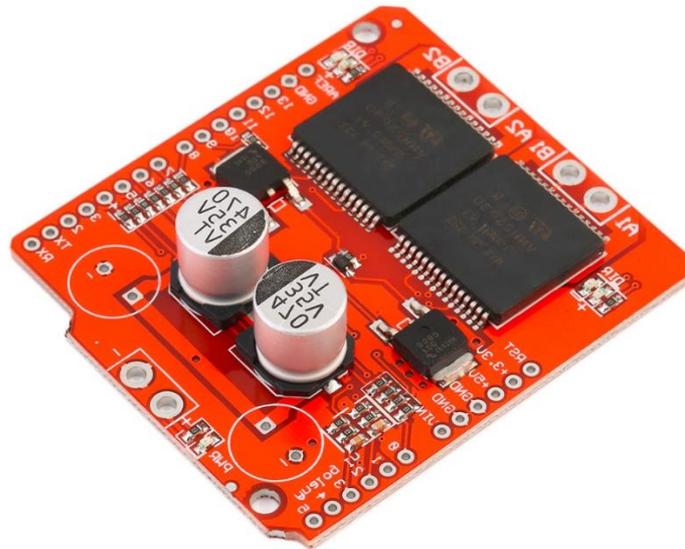
Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation, 1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

Typical Application Circuit



ANEXO D. Puente H doble 30A, VNH2SP30



El VNH2SP30 está diseñado para aplicaciones automotrices, por lo que es un circuito bastante confiable para el manejo de motores en ambientes difíciles. Cuando se usa el **Monster Motor Shield** en aplicaciones de alta demanda de corriente puede ser necesario mejorar el performace térmico de los circuitos VNH2SP30, agregando un ventilador o un disipador de calor.

Características del Monster Motor Shield VNH2SP30

- Voltaje máximo: 16V
- Capacidad máxima de corriente: 30 A
- Capacidad continua de corriente: 14 A
- MOSFET de resistencia: 19 m Ω
- Máxima frecuencia PWM: 20 KHz
- Apagado térmico automático
- Apagado por alto y bajo voltaje

ANEXO F. Código del Programa

```
int M1a = 7;

int M1b = 8;

int Em1 = 5;

int M2a = 4;

int M2b = 9;

int Em2 = 6;

int fin1 = 22;

int fin2 = 24;

int fin3 = 26;

int fin4 = 28;

int btn1 = 30;

int btn2 = 32;

int btn3 = 34;

int btn4 = 36;

int n=0;

char val;

void setup() {

pinMode(M1a, OUTPUT);

pinMode(M1b, OUTPUT);

pinMode(M2a, OUTPUT);

pinMode(M2b, OUTPUT);

pinMode(fin1, INPUT);

pinMode(fin2, INPUT);

pinMode(fin3, INPUT);
```

```
pinMode(fin4, INPUT);
pinMode(btn1, INPUT);
pinMode(btn2, INPUT);
pinMode(btn3, INPUT);
pinMode(btn4, INPUT);
digitalWrite(M1a, LOW);
digitalWrite(M1b, LOW);
digitalWrite(M2a, LOW);
digitalWrite(M2b, LOW);
Serial.begin(9600);
}
void avanzar() {
analogWrite(Em1,127);
digitalWrite(M1a, HIGH);
digitalWrite(M1b, LOW);
n=1;
}
void retroceder() {
analogWrite(Em1,127);
digitalWrite(M1a, LOW);
digitalWrite(M1b, HIGH);
n=2;
}
void ingresar() {
analogWrite(Em2,96);
```

```
digitalWrite(M2a, LOW);
digitalWrite(M2b, HIGH);
n=3; }

void salir() {
analogWrite(Em2,96);
digitalWrite(M2a, HIGH);
digitalWrite(M2b, LOW);
n=4; }

void paro() {
analogWrite(Em1,0);
analogWrite(Em2,0);
digitalWrite(M1a, LOW);
digitalWrite(M1b, LOW);
digitalWrite(M2a, LOW);
digitalWrite(M2b, LOW);
}

void parom1() {
analogWrite(Em1,0);
digitalWrite(M1a, LOW);
digitalWrite(M1b, LOW);
n=0;
}

void parom2() {
analogWrite(Em2,0);
digitalWrite(M2a, LOW);
```

```
digitalWrite(M2b, LOW);  
n=0;  
}  
void auto1() {  
do{  
analogWrite(Em1,127);  
digitalWrite(M1a, HIGH);  
digitalWrite(M1b, LOW);  
}  
while(digitalRead(fin2) == HIGH);  
analogWrite(Em1,0);  
digitalWrite(M1a, LOW);  
digitalWrite(M1b, LOW);  
delay(2000);  
do{  
analogWrite(Em2,96);  
digitalWrite(M2a, HIGH);  
digitalWrite(M2b, LOW);  
} while(digitalRead(fin4) == HIGH);  
analogWrite(Em2,0);  
digitalWrite(M2a, LOW);  
digitalWrite(M2b, LOW);  
}  
void auto2() {  
do{
```

```

analogWrite(Em2,96);
digitalWrite(M2a, LOW);
digitalWrite(M2b, HIGH);
} while(digitalRead(fin3) == HIGH);
analogWrite(Em2,0);
digitalWrite(M2a, LOW);
digitalWrite(M2b, LOW);
delay(2000);
do{
analogWrite(Em1,127);
digitalWrite(M1a, LOW);
digitalWrite(M1b, HIGH);
} while(digitalRead(fin1) == HIGH);
analogWrite(Em1,0);
digitalWrite(M1a, LOW);
digitalWrite(M1b, HIGH);
}
void leer_dato(){
  if (Serial.available()){//>0
    val=Serial.read();//Serial.parseInt()
  }
}
void performCommand() {
  if (val == 1) {
    paro(); }
}

```

```
else if (val == 2) {
  avanzar(); }
else if (val == 3) {
  retroceder(); }
else if (val == 4) {
  ingresar(); }
else if (val == 5) {
  salir(); }
else if (val == 6) {
  parom1(); }
else if (val == 7) {
  parom2(); }
else if (val == 8) {
  auto1();
  val=1;
}
else if (val == 9) {
  auto2();
  val=1;}
}
void loop() {
  leer_dato();
  if (digitalRead(fin2)==LOW && n==1){
    val=6; }
  if (digitalRead(fin1)==LOW && n==2){
```

```
    val=6; }  
if (digitalRead(fin3)==LOW && n==3){  
    val=7; }  
if (digitalRead(fin4)==LOW && n==4){  
    val=7; }  
performCommand();  
}
```

ANEXO G. PLANO ELÉTRICO

ANEXO H. PLANOS MECÁNICOS