

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL
PARA TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD
MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y AUTOMÓVILES”**

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

DANIELA PINEDA VACA

DIRECTOR: Dr. MARCO CIACCIA

Ibarra, Octubre 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
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:	1725883076		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pineda Vaca Daniela		
DIRECCIÓN:	Princesa Pacha y Manco Capac 21-05		
EMAIL:	dpineda@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-650927	TELÉFONO MÓVIL:	0989648112

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y AUTOMÓVILES.
AUTOR:	Pineda Vaca Daniela
FECHA:	20/10/2016
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
DIRECTOR:	Dr. Marco Ciaccia

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Daniela Pineda Vaca con cédula de identidad Nro. 1725883076, 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 formato 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 del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

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 asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de octubre del 2016



Firma

Nombre: Daniela Pineda Vaca

Cédula: 1725883076



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, Daniela Pineda Vaca, con cédula de identidad Nro. 1725883076, 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 (es) de la obra o trabajo de grado denominado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y AUTOMÓVILES., que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en 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 20 días del mes de Octubre de 2016

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

Firma

Nombre: Daniela Pineda Vaca

Cédula: 1725883076

DECLARACIÓN

Yo, **Daniela Pineda Vaca**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito 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 correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Nombre: Daniela Pineda Vaca

Cédula: 1725883076

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y AUTOMÓVILES”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Daniela Pineda Vaca, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink that reads "Marco Ciaccia". The signature is written in a cursive style and is positioned above a solid horizontal line.

Dr. Marco Ciaccia

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios que ha sido la guía, dándome fuerzas para superar las adversidades sin desfallecer.

A mis padres Danilo Pineda y Silvia Vaca por ser mi ejemplo de vida y brindarme su apoyo incondicional en este trabajo de grado.

José Eduardo,

Por su tierna compañía y comprensión; por compartir estos momentos de mi vida, con aciertos y desaciertos juntos.

Raúl,

Compañero y amigo en este trabajo de grado, por tu paciencia y por los conocimientos compartidos en este proceso.

A los amigos que pusieron un toque especial en este proceso con su forma de ser, ocurrencias y sobre todo por el aliento continuo.

Al Doctor Marco Ciaccia, Director del Proyecto por impartir sus conocimientos que permitieron finalizar este trabajo.

Daniela Pineda.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres, pilares fundamentales en mi vida, las mejores personas que me acompañaron, aconsejaron y brindaron todo su apoyo y comprensión en cada momento. Ellos me han enseñado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño y mi perseverancia para cumplir con mis objetivos.

Daniela Pineda.

RESUMEN

En el país existe un grupo considerable de personas con discapacidad motriz, entre ellas las personas tetraplégicas que para su traslado de la silla de ruedas al vehículo y viceversa es necesario que un acompañante los cargue, por tal motivo este proyecto ayuda a la necesidad con el diseño y construcción de un dispositivo portátil para dicho traslado y sin realizar ninguna modificación al vehículo, el mismo que puede ser acoplado en cualquier automóvil tipo sedán

La metodología que se utilizó para obtener los datos del análisis consiste en el método de investigación de campo por medio de la toma de medidas de la geometría de los vehículos, las medidas de las sillas de ruedas ocupadas por los usuarios y la interacción entre la silla de ruedas y el vehículo.

Se realizó el diseño de la grúa por medio de cálculos y de simulaciones asistidas por computadora, las mismas que permitieron determinar si el prototipo cumple los requerimientos, y con ello se pudo realizar el diseño electrónico y de control del dispositivo.

Con toda la información establecida se procedió al mecanizado y ensamblado del dispositivo y sus accesorios, para continuar con las debidas pruebas de validación y corrección de los errores.

Los resultados de este proyecto reflejaron que el dispositivo ayuda al traslado del usuario de la silla de ruedas al asiento delantero derecho del vehículo tipo sedán, ya que permite elevar al paciente discapacitado de manera fácil y colocarlo en el asiento del automóvil de modo seguro con lo que el proyecto fue validado exitosamente.

ABSTRACT

The country has a considerable group of people with motor disability, including tetraplegic persons, than for their transfer from the wheelchair to the vehicle and vice versa it is necessary a companion to charge them, which is why this project helps the need with the design and construction of a portable device for the transfer and without making any modifications to the vehicle the same that can be paired in any sedan type car

The methodology that was used to obtain data from the analysis consist in the method of field research through taking measurements of the geometry of vehicles, the measures of the wheelchair occupied by users and the interaction between the wheelchair and the vehicle.

The crane was designed by means of calculations and simulations assisted by computer, which allowed to determine if the prototype complies with the requirements, and thus it could make the device control and electronic design.

With all the established information we proceeded to the machining and Assembly of the device and its accessories, to continue with appropriate validation testing and correction of errors.

The results of this project show that the device helps the user transfer from the wheelchair to the right front seat of the vehicle type sedan, as it allows the disabled patient lift easily and place him on the car seat safely bringing the project was successfully validated.

ÍNDICE GENERAL

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	iii
CONSTANCIAS	iii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO	iv
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	iv
DECLARACIÓN.....	v
CERTIFICACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
ANTECEDENTES.....	2

JUSTIFICACIÓN	6
ALCANCE.....	7
CAPÍTULO 1.....	8
MARCO TEÓRICO	8
1.1. GRÚAS PARA PERSONAS DISCAPACITADAS	8
1.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÚAS	8
1.3. GRÚAS FIJAS	9
1.4. GRÚAS DE TECHO	9
1.5. GRÚAS PARA VEHÍCULOS	10
1.6. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS.....	11
1.7. GEOMETRÍA DE LA SILLA DE RUEDAS	12
1.8. ACTUADOR LINEAL	12
1.9. BATERÍA.....	13
1.10. SISTEMA DE CONTROL	14
1.10.1. SISTEMA DE CONTROL LAZO ABIERTO	15
1.10.2. SISTEMA DE CONTROL LAZO CERRADO	15
1.11. ARNÉS	16
1.12. METALES	17
CAPÍTULO 2.....	18
METODOLOGÍA.....	18
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO	18
2.2. GEOMETRÍA DE LOS VEHÍCULOS	18
2.3. GEOMETRÍA DE INTERACCIÓN SILLA - VEHÍCULO	19
2.4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	20
2.5. PARÁMETROS DE SELECCIÓN.....	20
2.6. MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN	21
2.7. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL.....	21
2.8. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE LA SOLUCIÓN	22
2.9. PRUEBAS	22

CAPÍTULO 3.....	23
ANÁLISIS DE RESULTADOS	23
3.1. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.....	23
3.2. GEOMETRÍA DE LOS VEHÍCULOS	23
3.3. REQUISITOS DE DISEÑO.....	24
3.5. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE	27
3.6. MODELOS GEOMÉTRICOS Y CONDICIONES DE BORDE	29
3.7. ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS	33
3.7.1. FACTOR DE SEGURIDAD	33
3.7.2. DESPLAZAMIENTO	34
3.7.3. FACTOR DE SEGURIDAD	35
3.7.4. DESPLAZAMIENTO	36
3.8. VALIDACIÓN	36
3.9. CARACTERÍSTICAS DEL ACTUADOR.....	39
3.10. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.....	40
3.10.1. COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO.....	40
3.10.2. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	40
3.10.3. COSTO TOTAL	41
CAPÍTULO 4.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. MEDIDAS DE LA SILLA DE RUEDA ESTÁNDAR.....	10
TABLA 1.2. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA BATERÍA DE UN VEHÍCULO.....	12
TABLA 1.3. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS METALES.....	15
TABLA 3.2. GEOMETRÍA DE INTERACCIÓN SILLA – VEHÍCULO.....	21
TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ACTUADOR.....	37
TABLA 3.3. COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	40
TABLA 3.4. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	40
TABLA 3.5. COSTO TOTAL.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISPOSITIVO DE ELEVACIÓN Y TRASLADO DE DISCAPACITADOS.....	3
FIGURA 2. DISPOSITIVO MÓVIL DE TRANSPORTE DE DISCAPACITADOS.....	4
FIGURA 3. APARATO DE SOPORTE Y TRANSFERENCIA PARA EL TRANSPORTE DE UN DISCAPACITADO.....	4
FIGURA 4. SISTEMA MOTRIZ PARA TRASLADO DE DISCAPACITADOS.....	5
FIGURA 1.1. GRÚA EMPOTRADA AL PISO.....	9
FIGURA 1.2. GRÚA DE TECHO.....	10
FIGURA 1.3. GRÚA PARA VEHÍCULOS CON RUEDAS.....	10
FIGURA 1.4. GRÚA EMPOTRADA PARA VEHÍCULOS.....	11
FIGURA 1.5. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.....	11
FIGURA 1.6. ACTUADOR LINEAL.....	13
FIGURA 1.7. BATERIA DE AUTOMÓVIL.....	14
FIGURA 1.8. SISTEMA DE CONTROL LAZO ABIERTO.....	15

FIGURA 1.9. SISTEMA DE CONTROL LAZO CERRADO.....	16
FIGURA 1.10. ARNÉS.....	17
FIGURA 2.1. ÁNGULO DE APERTURA DE LA PUERTA.....	18
FIGURA 2.2. DISTANCIA DESDE LA ARTICULACIÓN DE LA PUERTA AL CENTRO DEL SILLÓN DEL VEHÍCULO.....	19
FIGURA 2.3. DISTANCIA DESDE LA ARTICULACIÓN DE LA PUERTA AL CENTRO DE LA SILLA DE RUEDAS.....	19
FIGURA 2.4. ÁNGULO ENTRE EL CENTRO DEL ASIENTO DE LA SILLA Y EL CENTRO DEL ASIENTO DEL VEHÍCULO.....	20
FIGURA 3.1. VISTA SUPERIOR POSICIÓN UNO FUERA DEL VEHÍCULO.....	25
FIGURA 3.2. VISTA LATERAL POSICIÓN UNO FUERA DEL VEHÍCULO.....	25
FIGURA 3.3. VISTA SUPERIOR POSICIÓN DOS.....	25
FIGURA 3.4. VISTA LATERAL POSICIÓN DOS.....	26
FIGURA 3.5. VISTA SUPERIOR POSICIÓN TRES DENTRO DEL VEHÍCULO.....	26
FIGURA 3.6. VISTA LATERAL POSICIÓN TRES DENTRO DEL VEHÍCULO.....	26
FIGURA 3.7. DISEÑO CONCEPTUAL GRÚA DE TRASLADO DE DISCAPACITADOS.....	27
FIGURA 3.8. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE POSICIÓN UNO.....	28
FIGURA 3.9. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE POSICIÓN TRES.....	29
FIGURA 3.10. ANÁLISIS ESTÁTICO DEL VOLANTE DE LA GRÚA.....	30
FIGURA 3.11. ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA BARRA DE LA GRÚA.....	30
FIGURA 3.12. ANÁLISIS ESTÁTICO ESLABÓN 1 DEL MECANISMO DE 4 BARRAS.....	31
FIGURA 3.13. ANÁLISIS ESTÁTICO ESLABÓN 2 DEL MECANISMO DE 4 BARRAS.....	31
FIGURA 3.14. ANÁLISIS ESTÁTICO ESLABÓN 3 DEL MECANISMO DE 4 BARRAS.....	32
FIGURA 3.15. ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA GRÚA COMPLETA.....	32
FIGURA 3.16. FACTOR DE SEGURIDAD DE LA GRÚA.....	33
FIGURA 3.17. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO DE LA GRÚA.....	34
FIGURA 3.18. DESPLAZAMIENTO DE LA GRÚA.....	34
FIGURA 3.19. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DE LA GRÚA.....	35
FIGURA 3.20. FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO DE LA GRÚA DENTRO DEL VEHÍCULO.....	35

FIGURA 3.21. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DE LA GRÚA DENTRO DEL VEHÍCULO.....	36
FIGURA 3.22. DISPOSITIVO DE TRASLADO Y ENGANCHADO AL VEHÍCULO CORRECTAMENTE.....	37
FIGURA 3.23. PERSONA 1 CON ARNÉS ENGANCHADA AL DISPOSITIVO DE TRASLADO.....	37
FIGURA 3.24. PERSONA 2 CON ARNÉS ENGANCHADA AL DISPOSITIVO DE TRASLADO.....	38
FIGURA 3.25. PERSONA 3 CON ARNÉS ENGANCHADA AL DISPOSITIVO DE TRASLADO.....	38
FIGURA 3.26. USUARIO FUERA DEL AUTOMÓVIL EN SU SITIO DE DESTINO.....	39

INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A partir del año 2007, el Estado Ecuatoriano marca cambios para la garantía de derechos de las personas con discapacidad con la generación de un marco normativo especializado, y es ratificada el 4 de marzo de 2008, cuyo propósito es promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales de las personas con discapacidad, así como promover el respeto a su dignidad inherente (Valarezo, 2013).

Los resultados obtenidos en el censo realizado por el Ministerio de Salud Pública en abril de 2015, en donde se señala que existen 202.880 discapacitados a nivel nacional, en Imbabura 4.916, y en el cantón Ibarra 2.494 ("Registro Nacional de Discapacidades," 2015).

En referencia a los acompañantes que facilitan el traslado de los discapacitados, existen diversos factores de riesgo que hacen peligrosa la manipulación manual del peso de la persona y, por tanto, aumentan la probabilidad de que se produzca una lesión, concretamente, en la espalda del acompañante.

La mayoría de los dispositivos de traslado para vehículos requieren que el mismo sea modificado para cumplir su objetivo, tienen costos elevados y algunos tienen requisitos específicos, por ejemplo, es necesario que sus puertas abran 90° para que el pasajero salga del automóvil, un elevador de sillas o grúa pesada.

Para la solución de este problema se propone un dispositivo que no necesita ninguna modificación del vehículo, con lo cual es más versátil porque se puede utilizar en

diferentes automóviles tipo sedán, sin necesitar una previa preparación del vehículo, de esta manera es fácil y seguro de utilizar por parte del acompañante y cómodo para el usuario.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un dispositivo portátil para el traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles, en la provincia de Imbabura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requerimientos mecánicos para la transferencia de discapacitados motrices entre la silla y el vehículo.
- Diseñar la grúa portátil adaptable al vehículo que facilite la movilidad del discapacitado.
- Construir un prototipo de la grúa.
- Validar el funcionamiento del dispositivo.

ANTECEDENTES

El dispositivo para elevar y transportar discapacitados, con el número de patente US3,914,808 fue elaborado en octubre de 1975 por Merle Woods.

Este invento se refiere, generalmente, sobre un dispositivo de elevación y transporte capaz de levantar y transportar una persona discapacitada, más particularmente, éste invento se refiere a un dispositivo de elevación y transporte que se moviliza gracias a sus ruedas, el cual cuenta con un mástil de elevación vertical expandible accionado hidráulicamente, teniendo como soporte barras fijadas que dependen de un cabestrillo. Para incrementar la movilidad del dispositivo, el mástil es giratorio con respecto a las ruedas a través de un arco limitado.

El dispositivo es capaz de colocar una persona con discapacidad en lugares comúnmente necesarios tales como una cama, un auto, una silla o una silla de ruedas, en la figura 1 se puede observar.

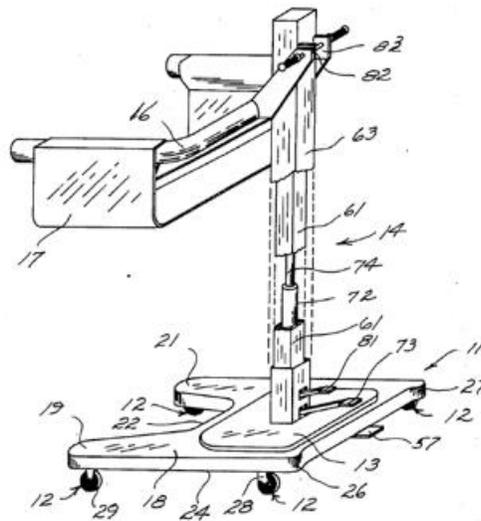


Figura 1. Dispositivo de elevación y traslado de discapacitados.

El dispositivo móvil para el transporte de discapacitados fue realizado por Sanitätshaus Kraus, en junio de 1990, con el número de patente EP0390003A1. Se indica que el dispositivo puede ser utilizado para la elevación, descenso y procesos horizontales de las personas con discapacidad.

El dispositivo de transporte para discapacitados puede ser utilizado universalmente en diversos lugares, como en la residencia o en vehículos, ya que sólo se requiere un único dispositivo de transporte, rápido, fácil y compacto; funciona empotrado en la pared o columna y con motores de corriente continua para permitir el desplazamiento horizontal del paciente, a través de una corredera dentada accionada por un carro de rodillos, en la figura 2 se puede observar el dispositivo.

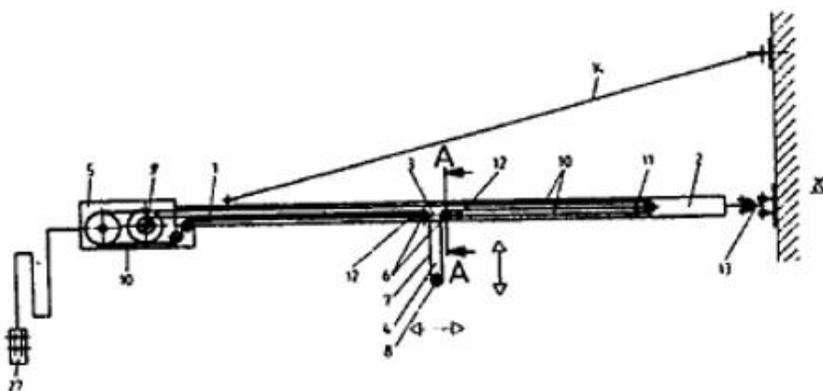


Figura 2. Dispositivo móvil de transporte de discapacitados.

El siguiente trabajo de Kevin L. efectuado en febrero de 2010 en la patente US 7,657,951 B2 denominada Aparato de soporte y transferencia para el transporte de un individuo discapacitado, en un aspecto principal, la presente grúa permite pasar a la persona, de una posición generalmente sentada en una silla de ruedas, dentro y fuera de un vehículo.

El aparato a diferencia de la patente anterior dispone de ruedas que se pueden bloquear para impedir que se mueva la grúa con el paciente. Este diseño es una estructura rígida y de grandes dimensiones la misma que necesita un área de gran amplitud para poder movilizar al paciente a diferentes lugares, como se muestra en la figura 3.

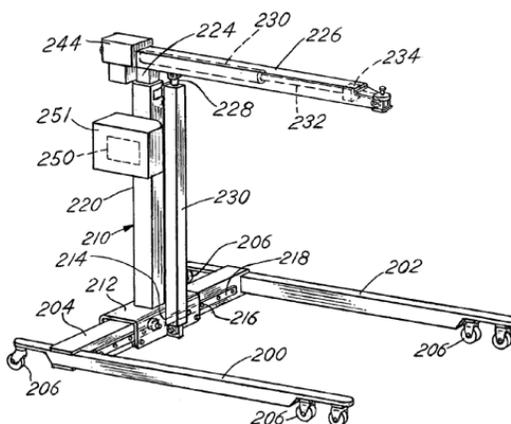


Figura 3. Aparato de soporte y transferencia para el transporte de un discapacitado.

La siguiente investigación encontrada es el trabajo de Herrera Sofía, Enríquez Gloria y Urrea Claudio, del grupo de Automática del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Santiago de Chile, en noviembre del 2012, indica el Diseño e implementación de un nuevo sistema motriz para traslado de discapacitados.

Es el diseño e implementación de un nuevo dispositivo mecánico, tipo grúa, que permita realizar el desplazamiento cama-silla-vehículo de un paciente. Este dispositivo permitirá movilizarlo de manera fácil y segura, ya que es una grúa fija con ruedas como la patente anterior, pero con un modelo ergonómico, con una completa automatización para comodidad del usuario y del acompañante, indicado en la figura 4.

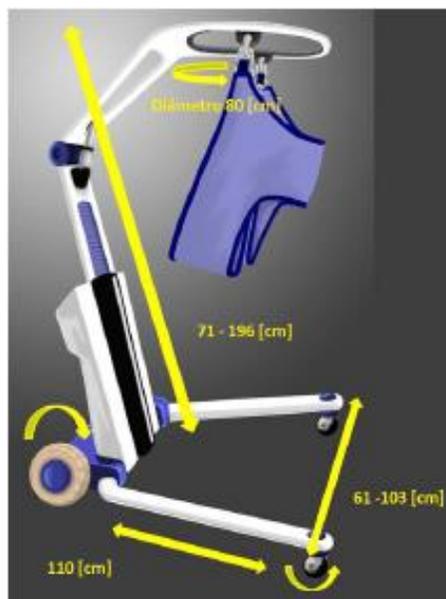


Figura 4. Sistema motriz para traslado de discapacitados.

El último trabajo realizado en septiembre de 2013 por la empresa Autochair Ltd. con la patente (PA 18643-2694) indica que es un dispositivo de elevación desarmable para el traslado de personas discapacitadas de una sillas de ruedas al vehículo, para lo cual se necesita colocar una pieza empotrada a la parte delantera derecha del automóvil, para que soporte todo el mecanismo de elevación; de igual manera se deben realizar las conexiones necesarias para instalar la alimentación al motor desde la batería del vehículo.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las personas con algún tipo de discapacidad motora pueden encontrar en la tecnología el apoyo perfecto para llevar una vida más plena e independiente, gracias a dispositivos especializados que le permitirán independizarse, permitiéndole efectuar actividades que de otro modo estarían fuera de su alcance.

El plan de buen vivir, en el objetivo 4.3 garantiza el cumplimiento de estándares de construcción y adecuación de facilidades físicas para el acceso a personas con discapacidad y/o necesidades especiales en los espacios no formales de intercambio de conocimientos y saberes; dando lugar a que se vuelva un ente productivo relacionándose con las actividades de la vida diaria, contribuyendo a la mejora del sistema y sin incurrir en un grave riesgo para su salud y de la persona que le asiste.

Se genera la tecnología para construcción de este tipo de dispositivos, de esta manera se aprovecha la materia prima existente en el país, reduciendo los costos de fabricación y por ende se tendrá mayor accesibilidad al producto, siendo además innovador ya que no se ha encontrado la oferta comercial de este producto en el mercado ecuatoriano.

ALCANCE

El dispositivo estará compuesto de dos partes, la grúa y la base, las mismas que se separan para facilitar su portabilidad en el automóvil, éste dispositivo será ensamblado y operado por un adulto acompañante, el cual asistirá al discapacitado en la operación de transferencia. En este trabajo de grado se diseñará y construirá únicamente la grúa y la base se construirá en un trabajo de grado posterior.

El dispositivo será diseñado para automóviles sedán, ya que es el tipo de vehículo más utilizado en el país, según los datos presentados por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, quienes señalan que el 39% de sus ventas son de automóvil tipo sedán, datos publicados en el año 2011 ("Análisis del Sector Automotriz," 2011).

Las dimensiones del dispositivo de transferencia de personas con discapacidad, serán estandarizadas de acuerdo a las características antropométricas de la población latinoamericana, que de acuerdo a las investigaciones realizadas por la Universidad Autónoma de México señala que la estatura máxima equivalente entre personas de 18 a 65 años es de 1,82 m de estatura, y una masa corporal de 90 kg (Lafragua, 2012).

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. GRÚAS PARA PERSONAS DISCAPACITADAS

Las grúas para discapacitados requieren tener valorizaciones de acuerdo al paciente y a su necesidad, por lo tanto se debe indicar las características del usuario de acuerdo a las indicaciones del médico tratante, ya que en el mercado existen grúas eléctricas y mecánicas.

Se debe considerar que el acompañante del paciente es competente para ser entrenado en el uso del dispositivo para la transferencia de dicho paciente, en las cuales debe conocer las patologías, el curso de la enfermedad.

Las personas con discapacidad motriz y su familia deben conocer las características y el correcto funcionamiento del dispositivo para tomar la elección correcta, de esta forma se determina si es de utilidad o no para sus necesidades.

Las grúas pueden ser móviles, fijas o de techo, todo depende del uso al que se le destine, el espacio y las habilidades del acompañante (Camargo, 2005).

1.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÚAS

De acuerdo al tipo de movilidad que se necesite existen tres tipos: grúa fija, grúa de techo y grúa móvil.

1.3. GRÚAS FIJAS

Una grúa fija puede estar empotrada al piso y permite realizar el traslado de los discapacitados de la cama a la silla y viceversa, siendo éste un gran limitante ya que solo puede realizar dicho movimiento en un espacio pequeño, con la ventaja de que se puede mover 360° sobre su brazo principal (Barragan, 2012), tal como se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1. Grúa empotrada al piso. (Grúas Domiciliarias, 2016).

1.4. GRÚAS DE TECHO

Es una grúa que se la coloca en el techo y debe soportar el peso de toda la estructura, en donde el recorrido lo define el usuario; para esto se debe colocar rieles, por lo que el techo debe estar reforzado para que soporte el peso del paciente (Cocemfe Badajoz, 2002), como se puede observar en la figura 1.2.



Figura 1.2. Grúa de techo. (Grúas Domiciliarias, 2016).

1.5. GRÚAS PARA VEHÍCULOS

Algunas grúas de transferencias de discapacitados para vehículos disponen de una base con ruedas, la base puede ser de ancho fijo o variable, la cual permite una mayor movilidad en áreas reducidas y de esta manera permite aproximar al usuario lo máximo posible a su sitio de transferencia, como se ilustra en la figura 1.3.

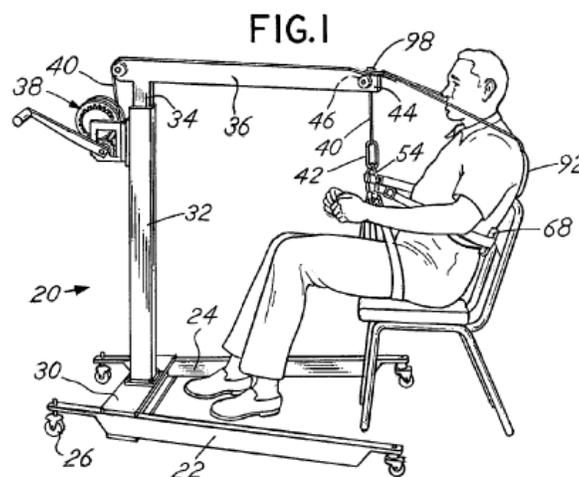


Figura 1.3. Grúa para vehículos con ruedas. (Patente nº 7,657,951 B2, 2010).

Otras grúas de transferencia utilizan un mecanismo de cuatro barras que permite variar el ángulo y la ubicación de las barras para realizar los movimientos necesarios del dispositivo con el usuario y de esta manera no halarlo ni empujarlo en el momento de ser levantado de la silla de ruedas y dejado en el asiento delantero derecho del vehículo (USA Patente nº 18643-2694, 2013), de tal manera que se visualiza en la figura 1.4.

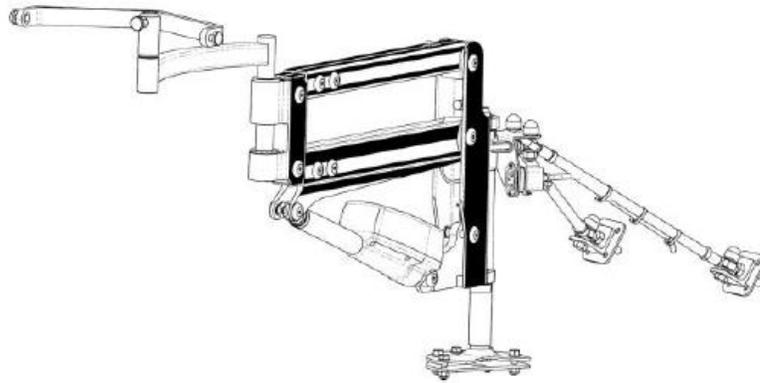


Figura 1.4. Grúa empotrada a los vehículos. (USA Patente nº 18643-2694, 2013)

1.6. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS

La antropometría es la ciencia que estudia las dimensiones y algunas características físicas del cuerpo humano, con el fin de establecer diferencias entre individuos (Ávila, 2001). Como podemos ver en la siguiente figura 1.5.

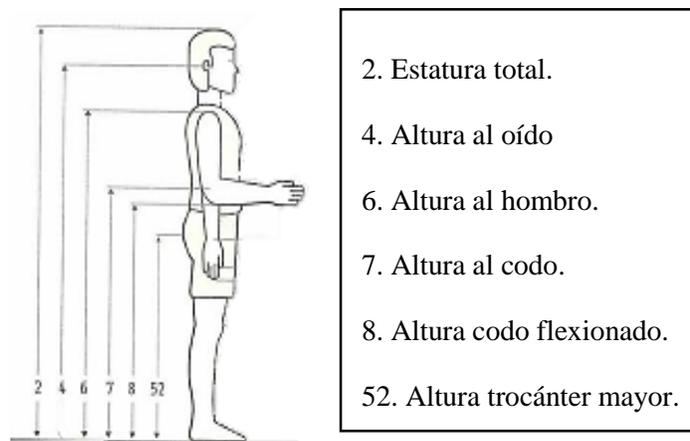


Figura 1.5. Medidas Antropométricas. (Ávila, 2001).

1.7. GEOMETRÍA DE LA SILLA DE RUEDAS

La norma ISO 7176 sección 5 determina las dimensiones, masa y espacio de maniobra, por lo que las medidas tomadas en cuenta para el estudio de la silla de ruedas del usuario fueron estimadas de un catálogo, en donde seleccionó una silla de ruedas estándar ya que son comerciales y comunes; se consideró que su peso y ancho máximo es de 100 kg y 65 cm, respectivamente (Mass Mobility Assistance, 2015), como se puede observar en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Medidas silla de ruedas estándar.

Silla de ruedas

(Medidas en cm)

Ítem											
G-809	(60-65)	24	(41-46)	59	20	50	87	105	40	45	100
G-972	(60-65)	23	(41-46)	59	20	50	87	105	40	45	100
G-983	(60-65)	28	(41-46)	61	15	51	89	106	40	45	120

1.8. ACTUADOR LINEAL

Los actuadores son dispositivos encargados de generar una fuerza para mover otro dispositivo mecánico a partir de líquidos, energía gaseosa o eléctrica, dependiendo de la fuerza el actuador se denomina hidráulico, eléctrico o neumático (Vildósola, 2014).

Con un actuador lineal eléctrico es posible elevar, ajustar, inclinar, empujar o halar objetos pesados o difíciles de alcanzar con sólo pulsar un botón. Adicionalmente, los actuadores ofrecen seguridad, movimiento silencioso, limpio y de control preciso. Brindan energía eficiente de larga vida útil con poco o ningún mantenimiento. Un actuador lineal eléctrico LINAK® consta de un motor, un engranaje y una rosca de eje que incluye una tuerca. (LINAK®, 2016), indicada en la siguiente figura 1.6.



Figura 1.6. Actuador Lineal Eléctrico. (LINAK®, 2016).

1.9. BATERÍA

La batería es un elemento fundamental en el vehículo, todos los sistemas eléctricos no podrían funcionar sin ella, ya que es la fuente de energía del automóvil. La batería más utilizada es de ácido – plomo, la misma que abastece con 12 V.

Hay que tomar en cuenta tres aspectos: el voltaje (V), la capacidad nominal (Ah) y la potencia de arranque (A) (CATSA, 2015), que se presenta en la siguiente figura 1.7.

- Capacidad nominal: Es la capacidad de energía que puede suministrar cuando la batería está completamente carga en un determinado periodo de tiempo.
- Potencia de arranque: Es la capacidad de la batería que ofrece un pico de energía cuando sea necesario, es decir en el momento del arranque.
- Voltaje: 12 V.

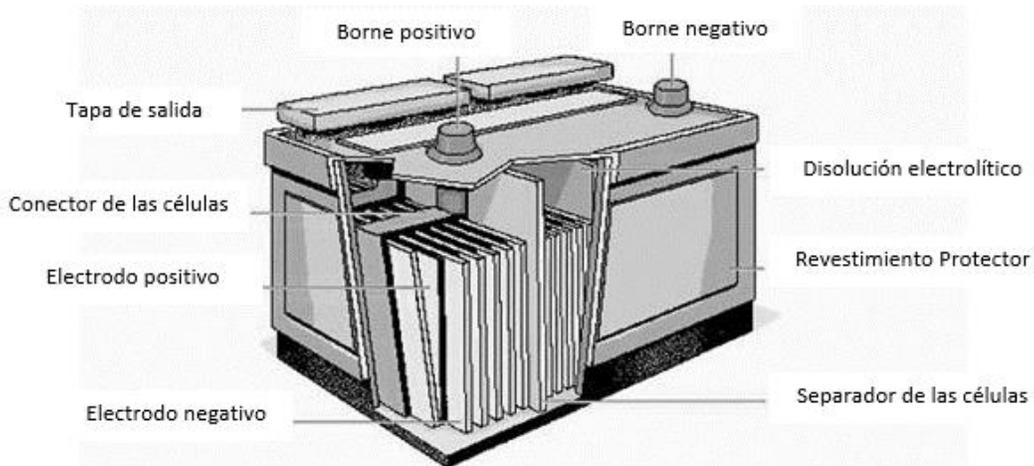


Figura 1.7. Batería de un automóvil. (CATSA, 2012).

La tabla 1.2 indica las características básicas sobre la batería del vehículo sedán que se utilizan para la aplicación del dispositivo (Autodaewoospark, 2016).

Tabla 1.2. Características básicas de una batería de un automóvil.

TIPO	Coche a Gasolina
Capacidad Nominal (Ah)	80
Intensidad de Corriente de Arranque (A)	600

1.10. SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos que permite manejar el comportamiento de un sistema, parametrizando según nuestros requerimientos, reduciendo sus fallas e indicando que trabaje de forma deseada.

1.10.1. SISTEMA DE CONTROL LAZO ABIERTO

Los sistemas de control de lazo cerrado a menudo son referidos también como sistemas de control por retroalimentación, en la práctica, los términos control por retroalimentación y control lazo cerrado son utilizados intercambiamente. En un sistema de control de lazo cerrado la señal de error, la cual es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de retroalimentación (la cual puede ser la señal de salida como tal o una función de la señal de salida y ser derivativas y/o integrales), es alimentado por el controlador para reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. El término control lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control de retroalimentación con el fin de reducir el error del sistema (Ogata, 2010), ilustrado en la figura 1.8.

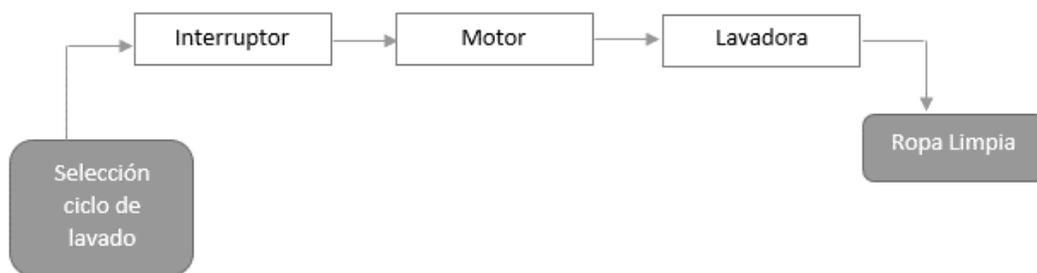


Figura 1.8. Sistema de control lazo abierto.

1.10.2. SISTEMA DE CONTROL LAZO CERRADO

Estos sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control son llamados sistemas de control lazo abierto, en otras palabras, en un sistema de control de lazo abierto ninguna salida es medida o retroalimentada para comparar con la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora, el remoje, la lavada y el enjuague operan en una base de tiempo, la máquina no mide la señal salida, que es, la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control de lazo abierto la salida no es comparada con la señal de referencia o entrada, entonces, para cada referencia de entrada corresponde una condición de operación fija; como resultado el flujo del sistema depende de una calibración, in la presencia de perturbaciones un sistema de control de lazo abierto no realizara la tarea deseada. El control de lazo abierto puede ser usado, en la práctica, solo si la relación entre la entrada y la salida es conocida y si no existe ninguna perturbación interna o externa. Claramente, como un sistema no es retroalimentado Tenga en cuenta que cualquier sistema de control que opera sobre una base de tiempo es lazo abierto. Por ejemplo, el control del tráfico por medio de señales de operar sobre una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto (Ogata, 2010), que se observa en la siguiente figura 1.9.

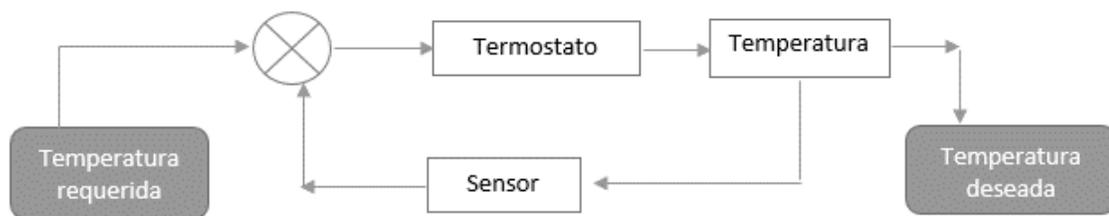


Figura 1.9. Sistema de control lazo cerrado.

1.11. ARNÉS

El arnés está diseñado para un traslado fácil y confortable de personas con discapacidad; se realizó con materiales y resistencia parecida al producto comercial, pero de gran disponibilidad en la ciudad de Ibarra, como muestra la Figura 1.10.



Figura 1.10. Arnés. USA Patente n° 18643-2694, 2013.

1.12. METALES

Los metales son elementos químicos capaces de conducir la electricidad y el calor, poseen un brillo característico, en su mayoría se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente. Son tenaces, dúctiles, maleables y poseen buena resistencia mecánica (Callister, 2007). Los tubos y platinas de diferentes metales fueron considerados de acuerdo a su disponibilidad en el mercado, a las dimensiones exteriores, su espesor y su costo, como se indica en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Características de algunos metales.

Material	Densidad (kg/m^3)	Resistencia última a la tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	Mecanizado	Costo
Acero AISI 1045	7850	625	530	normal	Bajo
Acero ASTM A36	7850	400	250	normal	Bajo
Aluminio	2700	250	70	fácil	Alto

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO

En el diseño del dispositivo es indispensable limitar las características del prototipo de acuerdo a la antropometría del usuario, por lo que fue necesario investigar en diversas fuentes sobre las medidas antropométricas de la población latinoamericana, de donde se obtienen datos relevantes para el dimensionamiento del prototipo, como es el peso y la estatura.

2.2. GEOMETRÍA DE LOS VEHÍCULOS

Es necesario tomar los datos geométricos de los vehículos entre ellos se considera: el ángulo de apertura de la puerta, la distancia desde la articulación de la puerta al centro del sillón y la geometría del área de acceso al asiento delantero del mismo. El dispositivo será diseñado para los vehículos tipo sedán ya que es el automóvil más utilizado en país.

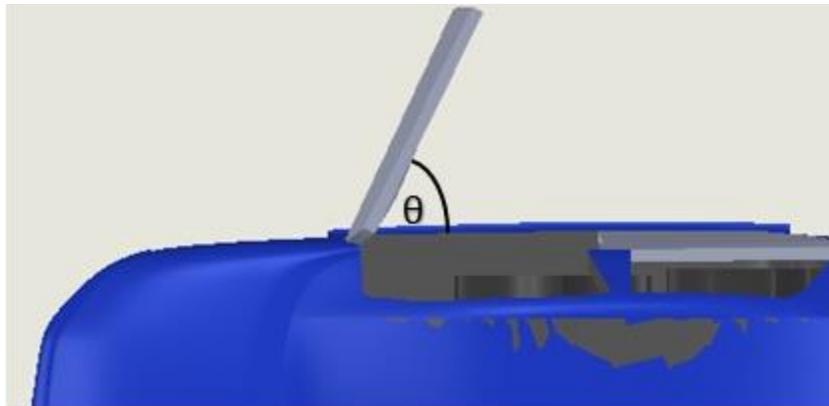


Figura 2.1. Ángulo de apertura de la puerta.

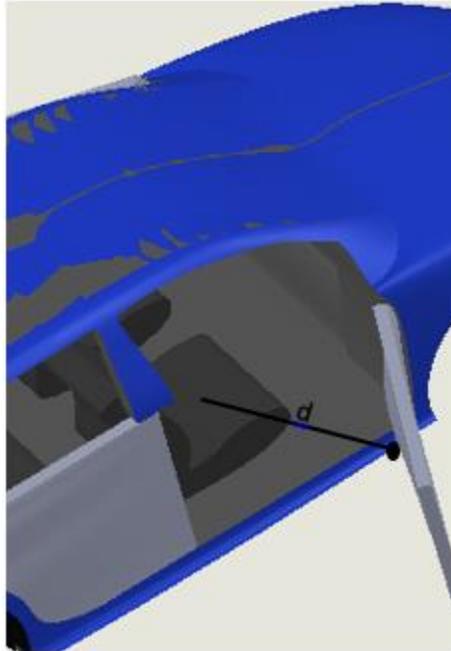


Figura 2.2. Distancia desde la articulación de la puerta hasta el centro del asiento del vehículo.

2.3. GEOMETRÍA DE INTERACCIÓN SILLA - VEHÍCULO

Se requiere conocer la geometría de la interacción de la silla al vehículo, por lo que se necesita tomar los ángulos entre el centro del asiento de la silla y el centro del asiento del vehículo, la distancia desde la articulación de la puerta al centro de la silla de ruedas e investigar sobre las dimensiones de las sillas de ruedas.

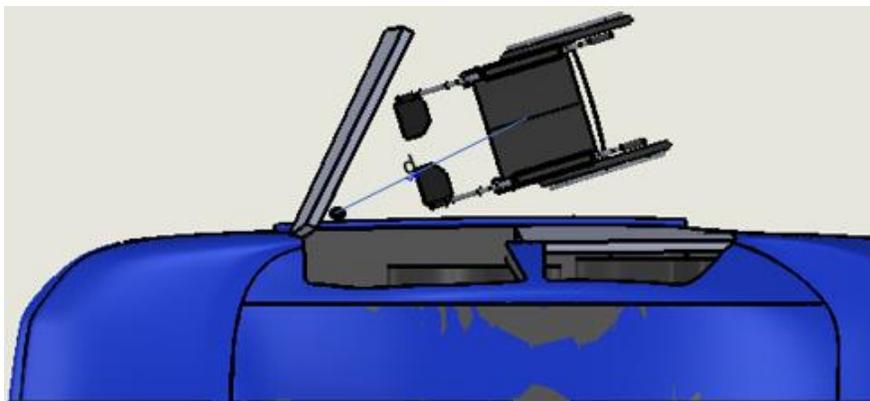


Figura 2.3. Distancia desde la articulación de la puerta al centro de la silla de ruedas.



Figura 2.4. Ángulo entre el centro del asiento de la silla y el centro del asiento del vehículo.

2.4. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Se determinan los requisitos de diseño y se plasma tres bocetos en papel en función de los diseños observados comercialmente con la finalidad de seleccionar el más adecuado y así poder readecuarlo a los requerimientos establecidos previamente.

Se requiere analizar los movimientos de la grúa y las restricciones que puede tener; de igual manera se realiza el diseño bajo carga estática de los elementos simples de la grúa, en donde se definirá las dimensiones del dispositivo.

2.5. PARÁMETROS DE SELECCIÓN

El estudio preliminar de los materiales usados en la grúa portátil para el traslado de discapacitados es de vital importancia para la pre-selección de los materiales adecuados, por lo que se busca en catálogos de proveedores nacionales, de igual manera se consulta

la disponibilidad y costos de los materiales en diferentes establecimientos de la ciudad de Ibarra.

El *software* a utilizar contiene las características de una amplia variedad de materiales comerciales para la selección del material más adecuado, en función del límite de fluencia, el factor de seguridad y el desplazamiento máximo de la grúa.

Dicho material es ASTM A36 el cual tiene las características necesarias para la elaboración de la grúa en su mayoría, ya que para la barra auxiliar y el eslabón se selecciona un material con mayor rigidez (AISI 1045), para cumplir los requisitos mecánicos, los mismos que en éstas zonas no se cumplen con un material ASTM A36.

2.6. MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Una vez definida la solución se efectúan cálculos preliminares usando teoría de mecánica de materiales y posteriormente el Método de Elementos Finitos mediante el programa comercial SolidWorks®. En dicho programa se realizan las piezas con mayor complejidad y se determina zonas de contacto con esfuerzos, mediante el método de elementos finitos, ya que no se puede calcular con la teoría de mecánica de materiales.

2.7. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

El sistema eléctrico se basa en la elección del actuador, el cual se determina con la geometría de la grúa en donde se establece la carga del actuador y permite seleccionar el tipo de control necesario, para controlar el movimiento del dispositivo, se procede a diseñar el sistema de alimentación eléctrica, el mismo que se abastecerá de la batería del vehículo, y finalmente se esboza la placa PCB del controlador.

2.8. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE LA SOLUCIÓN

Terminado el diseño se elaboran los planos, que permitirán la compra de los materiales para el mecanizado de las piezas y el posterior ensamblaje de la estructura; también se compra los materiales de la parte eléctrica, es decir un puente H el cual permite controlar el giro del actuador, un arduino nano para ingresar la programación del control de giro de dicho motor, módulos relés para protección del circuito, entre otros. El arnés se elabora con materiales y modelo similar al producto comercial.

2.9. PRUEBAS

En las pruebas del dispositivo portátil de traslado para discapacitados se selecciona un vehículo tipo sedán, con un usuario en una silla de ruedas colocado previamente el arnés, se acerca a la puerta derecha delantera del automóvil y con el dispositivo armado se procede a enganchar al usuario al volante de la grúa y el acompañante con el control en su mano eleva la grúa hasta la altura deseada, después mueve al paciente discapacitado de tal manera que le permita ingresar al asiento del vehículo y con el control puede regular la altura hasta la comodidad de la persona y procede a sacar el arnés del volante y desarmar el dispositivo para poder guardarlo.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Las medidas antropométricas son parte de los requisitos mecánicos del diseño, se indica en el alcance que su peso y estatura máximo son de 90 kg y 1,80 m respectivamente.

3.2. GEOMETRÍA DE LOS VEHÍCULOS

Mediante la metodología de la sección 2.2 se recolectaron los datos para ocho modelos distintos de vehículos tipo sedán, en la tabla 3.1 se muestra el resultado de las mediciones.

Tabla 3.1. Geometría interacción silla - vehículo

Marcas y Modelos	Articulación – Silla (cm)	Articulación – Asiento (cm)	Ángulo Silla – Asiento (°)	Ángulo De La Puerta (°)
Suzuki – Forsa	77	62	85	87
Chevrolet - Sail	78	67	81	84
Daewoo - Matiz	82	70	80	79
Fiat Palio	82	71	88	79
Renault – Clio	81	70	84	80
Kia – Rio	84	69	90	76
Hyundai - Accent	79	68	85	85
Toyota – Prius	78	67	81	84

La distancia desde la articulación de la puerta al centro de la silla de ruedas se debe incrementar el 10% a la medida mayor, por lo que se considera que esa medida sea de 90 cm la distancia máxima que puede tener la grúa.

El ángulo entre el centro del asiento de la silla y el centro del asiento del vehículo varía desde los 76° hasta los 87° que sería el ángulo máximo. De igual manera el ángulo de la puerta varía entre los 80° hasta los 90° el ángulo de apertura de la puerta de los vehículos sedan.

DATOS CRÍTICOS:

Distancia de la articulación de la puerta al centro de la silla de ruedas es de 84 cm.

Angulo de apertura de la puerta de 76° .

Angulo de interacción entre la silla de ruedas y el asiento es de 90° .

3.3. REQUISITOS DE DISEÑO

- Elevar una carga de máximo 882 N es decir 90kg.
- El equipo puede ser desarmable para fácil manejo y portabilidad del acompañante.
- Debe ser de fácil manejo para que el usuario pueda desarmar y armar el equipo.
- Debe tener todas las normas de seguridad.
- El costo del producto debe ser moderado.
- La grúa se soportará en una base producto de trabajo de grado titulado “Diseño y construcción de una base portátil para un dispositivo de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles” por Raúl Conterón.

3.4. REQUISITOS CINEMÁTICO

Dispositivo ajustado a la puerta derecha delantera del vehículo tipo sedán, ya que la base se engancha en la parte delantera derecha del chasis; la posición 1 es el dispositivo alineado en dirección al paciente discapacitado en su silla de ruedas, en la posición 2 se observa al paciente enganchado al dispositivo y suspendido en el aire y en la posición 3 el paciente discapacitado ya se encuentra en el interior del automóvil, como se puede apreciar en las figuras 3.1 a 3.6.

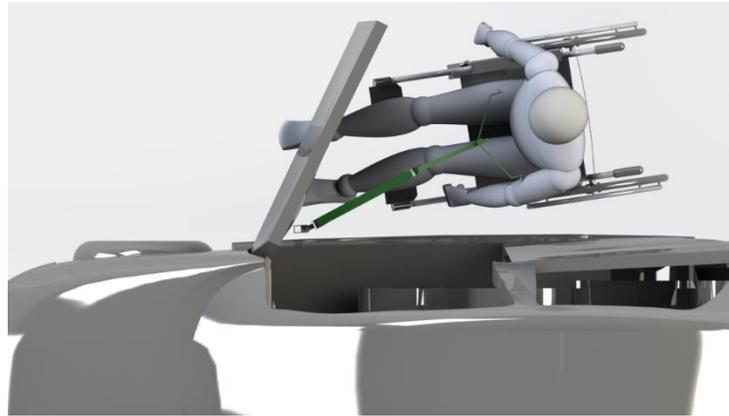


Figura 3.1. Vista superior posición 1.

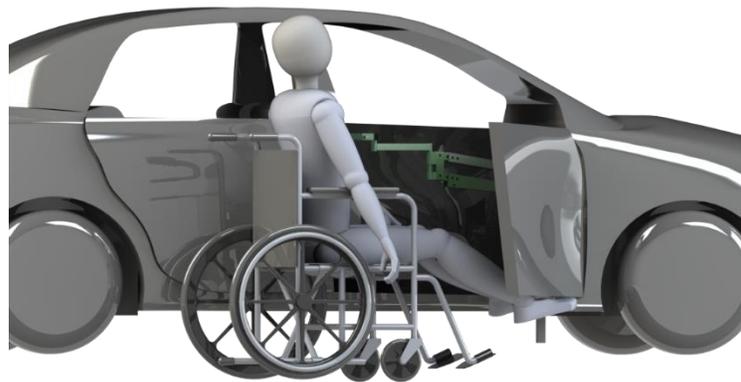


Figura 3.2. Vista lateral posición 1.



Figura 3.3. Vista superior posición 2.

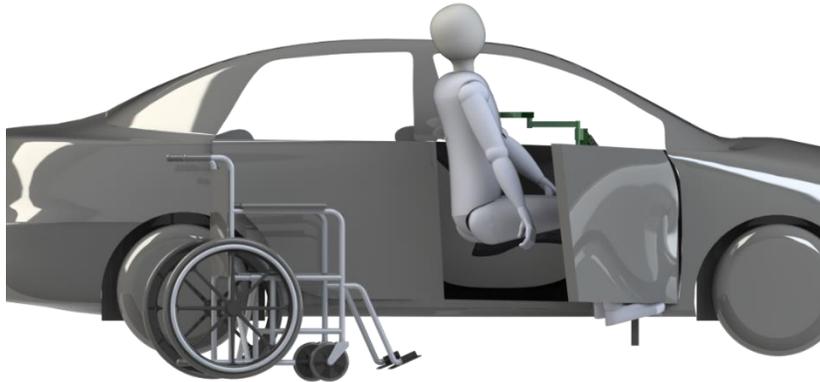


Figura 3.4. Vista lateral posición 2.

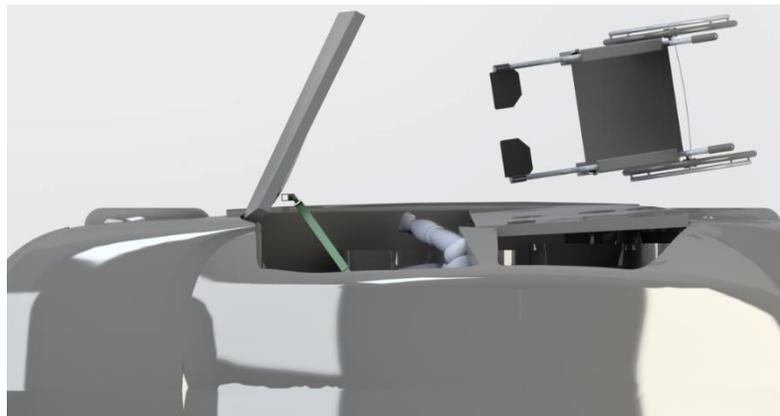


Figura 3.5. Vista superior posición 3.



Figura 3.6. Vista lateral posición 3.

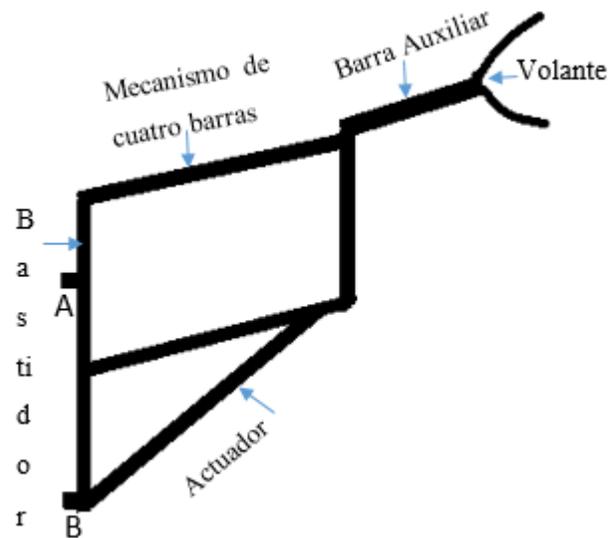


Figura 3.7. Diseño conceptual grúa de traslado de discapacitados.

- **A, B soportes:** permiten enganchar la grúa a la base portátil, al tiempo que permite su rotación alrededor del eje vertical.
- **Bastidor:** Base en la que se coloca el actuador y el mecanismo de cuatro barras.
- **Mecanismo de cuatro barras:** permite elevar la barra auxiliar y el volante sin que pierdan su orientación horizontal, para colocar al usuario en el sitio adecuado. También se extiende para adecuar la longitud de la grúa según la interacción vehículo silla.
- **Actuador:** Motor que eleva a la grúa.
- **Barra auxiliar:** Rota para ubicar al paciente discapacitado en el sitio adecuado.
- **Volante:** Es donde se enganche el arnés para desplazar al usuario de su silla de ruedas al asiento del vehículo.

3.5. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE

En la figura 3.8 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la grúa en la posición 1.

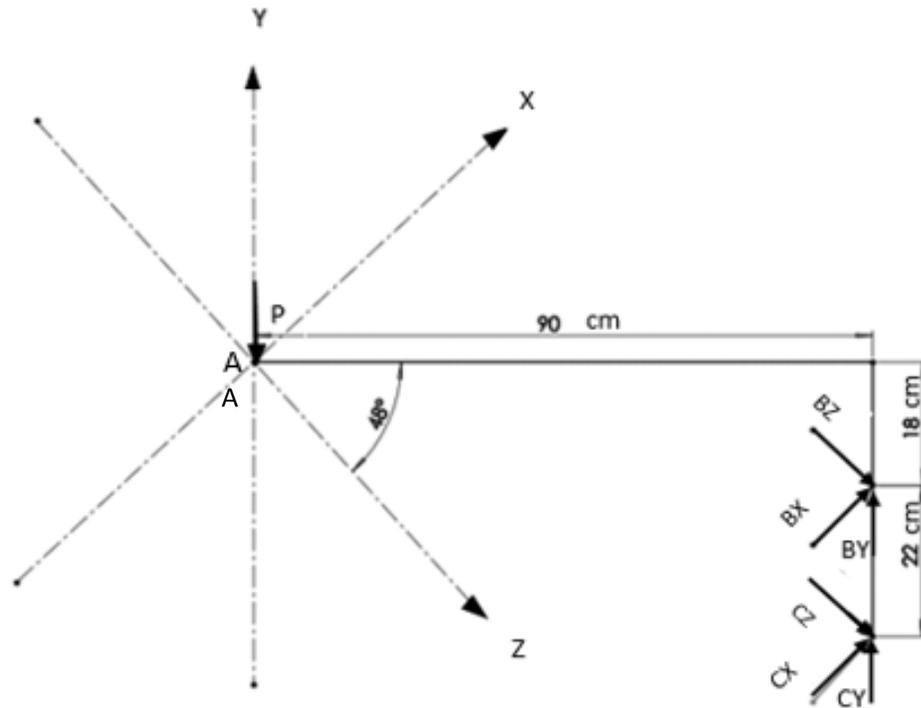


Figura 3.8. Diagrama de cuerpo libre, grúa fuera del vehículo alineado a la silla de ruedas.

En el punto A se indica el lugar de aplicación del peso P del usuario, $P = 882 \text{ N}$.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio se obtuvo las siguientes reacciones: $C_z = 2681 \text{ N}$, $B_z = -2681 \text{ N}$, $C_x = 2414 \text{ N}$, $B_x = -2414 \text{ N}$.

La vinculación de la grúa la convierte en un sistema hiperestático en dirección Y. Para facilitar el cálculo se asumió $B_y = C_y$, de donde se obtiene el valor para $B_y = C_y = 441 \text{ N}$.

En la figura 3.9 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la grúa en la posición 3. Las reacciones correspondientes son: $R_{Cz} = 1203 \text{ N}$, $R_{Bz} = -1203 \text{ N}$, $R_{Cx} = 2085 \text{ N}$, $R_{Bx} = -2085 \text{ N}$, $B_y = C_y = 441 \text{ N}$.

Las reacciones obtenidas se suministraron como cargas de trabajo para el trabajo de grado del diseño de la base.

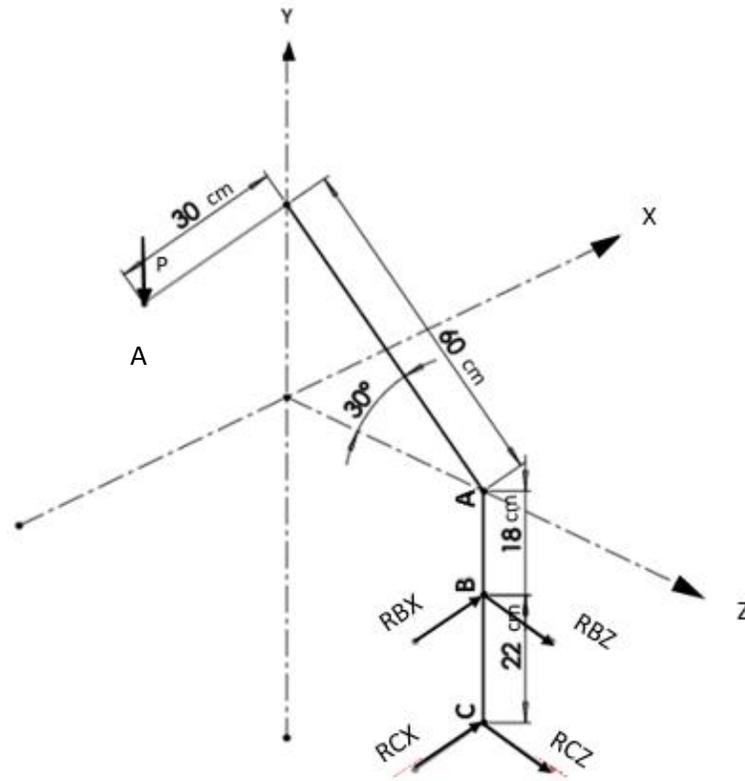


Figura 3.9. Diagrama de cuerpo libre, grúa alineada al asiento derecho del vehículo.

3.6. MODELOS GEOMÉTRICOS Y CONDICIONES DE BORDE

En la figura 3.10 se muestra el modelo geométrico del volante y las condiciones de borde impuestas. Las fuerzas aplicadas por el arnés, de color violeta, son $F_1=F_2=-132$ N, $F_3=-618$ N, y las reacciones son las flechas rojas, verdes y azules mostradas en la figura.

En la simulación de todas las piezas se aplicó el siguiente procedimiento: las reacciones obtenidas en una pieza se aplican como cargas en la siguiente, con el sentido contrario, hasta llegar al bastidor. En las figuras 3.11 a 3.14 se muestran las condiciones de borde del resto de los componentes de la grúa, exceptuando al bastidor y el actuador, el cual no fue analizado.

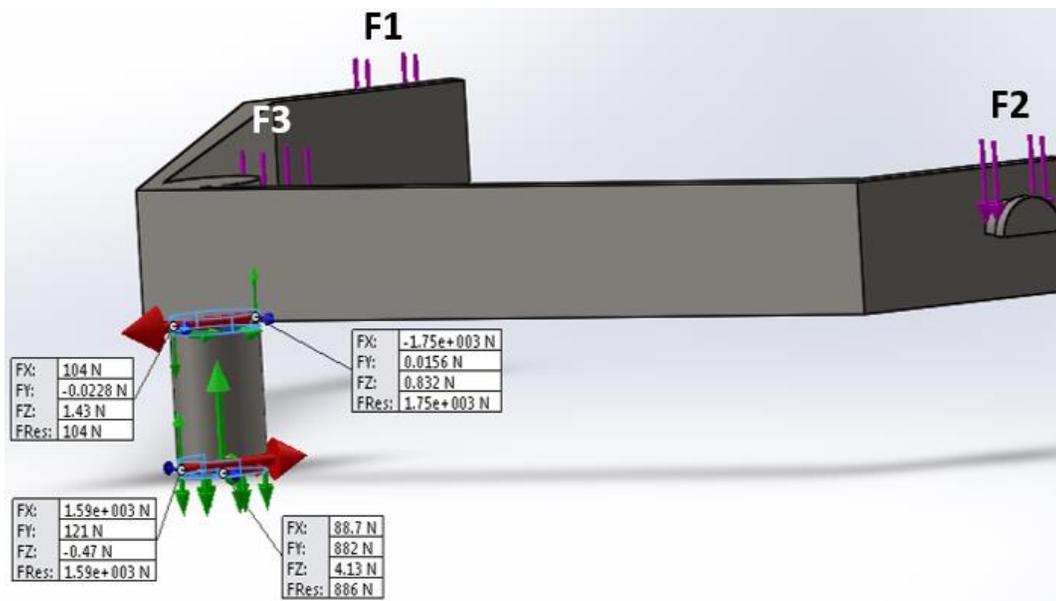


Figura 3.10. Modelo geométrico y condiciones de borde del volante de la grúa.

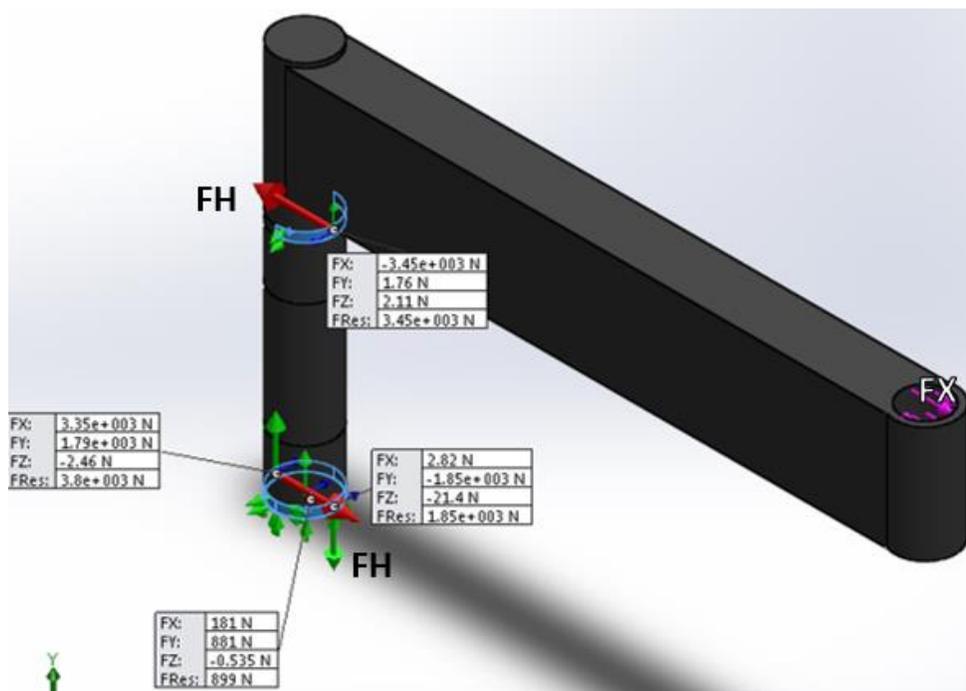


Figura 3.11. Modelo geométrico y condiciones de borde de la barra de la grúa.

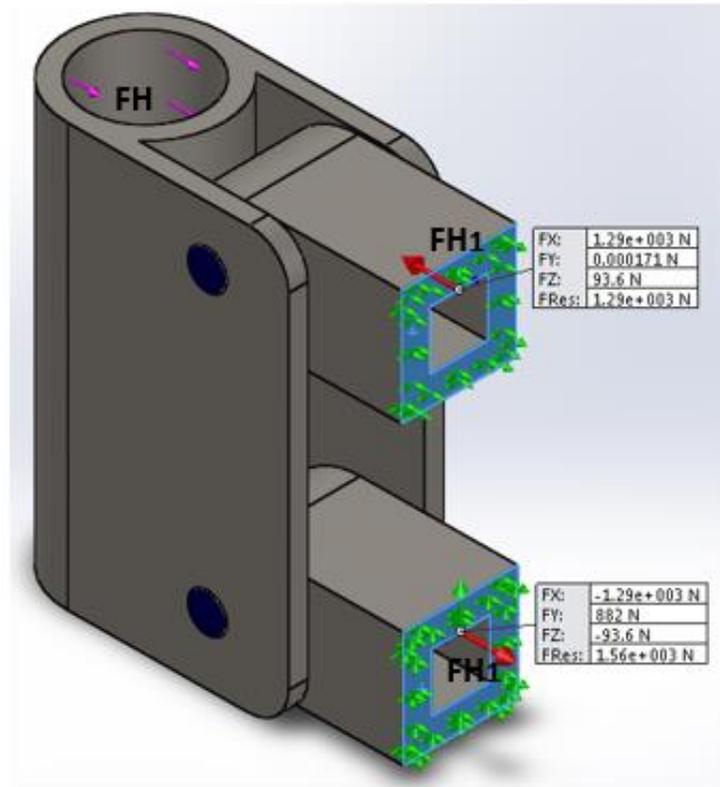


Figura 3.12. Modelo geométrico y condiciones de borde eslabón 1 del mecanismo de 4 barras de la grúa.

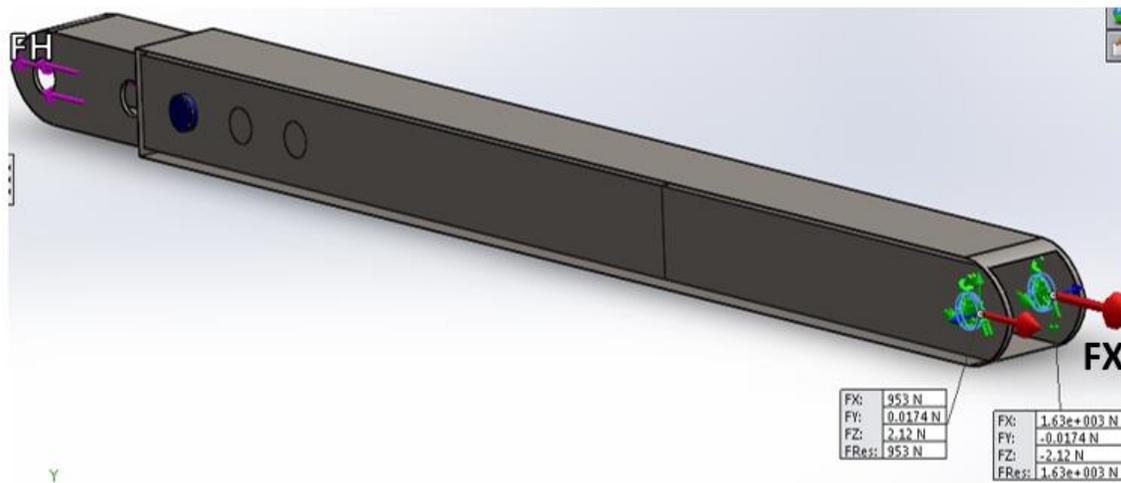


Figura 3.13. Modelo geométrico y condiciones de borde del eslabón 2 del mecanismo de 4 barras de la grúa.

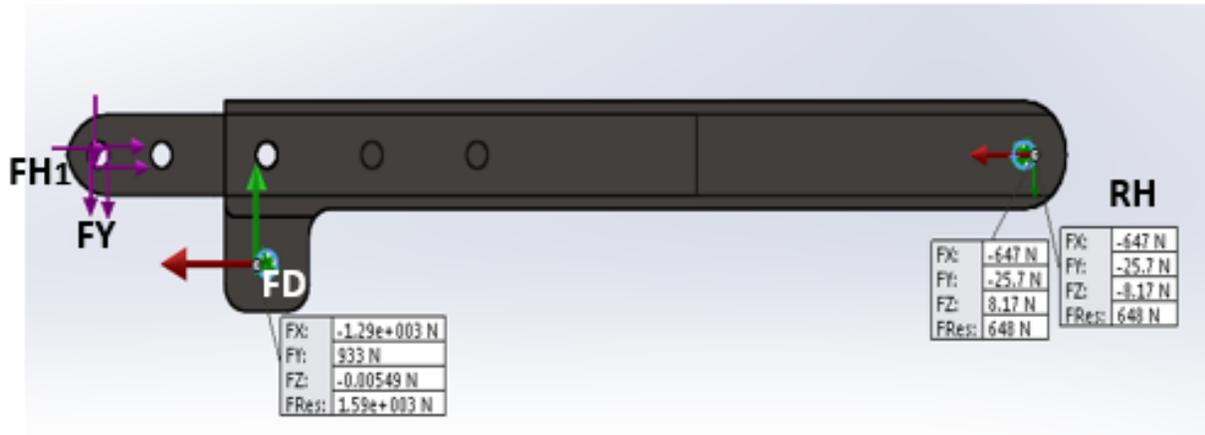


Figura 3.14. Modelo geométrico y condiciones de borde del eslabón 3 del mecanismo de 4 barras de la grúa.

Las reacciones en el bastidor se obtuvieron modelando la grúa completa, siendo F1, F2, F3 las mismas fuerzas que las aplicadas en el volante.

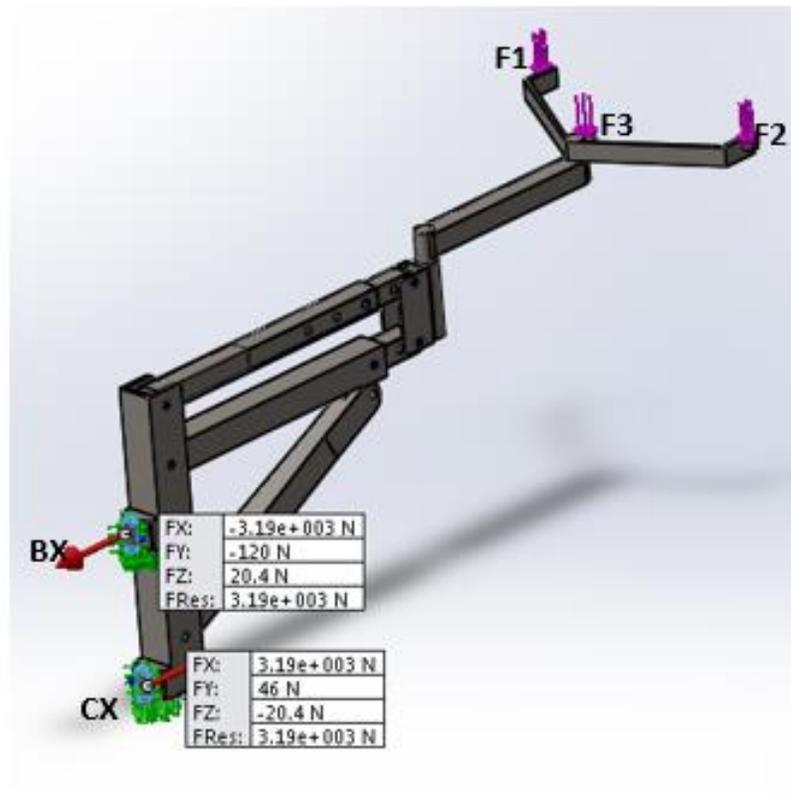


Figura 3.15. Análisis estático grúa completa.

3.7. ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

Al realizar la simulación de la grúa se determina los esfuerzos combinados de Von Mises, dicha teoría es la más precisa para materiales dúctiles. El modelo falla cuando los esfuerzos superan el límite elástico del material y es fácilmente comprobable a través del factor de seguridad. Con una confianza promedio en todos los datos del diseño, el factor de seguridad puede ser de 2 a 2,5.

El límite de desplazamiento fijado en los requerimientos de diseño es de cinco milímetros como máximo, y esto influye en la confianza del usuario al momento de usar el dispositivo.

Al realizar el mecanismo, se usa un análisis estático aplicando cargas de compresión correspondientes al peso del usuario (882 N). El extremo izquierdo se encuentra colocado en una geometría fija de manera de simular los ganchos que encajan en la base de la grúa.

3.7.1. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad toma en cuenta las diferentes resistencias de los aceros empleados por lo que se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 2,2 en el punto crítico de la soldadura del eje y el tubo de la barra auxiliar como se menciona en la sección 2.5 y se observa en la figura 3.17.

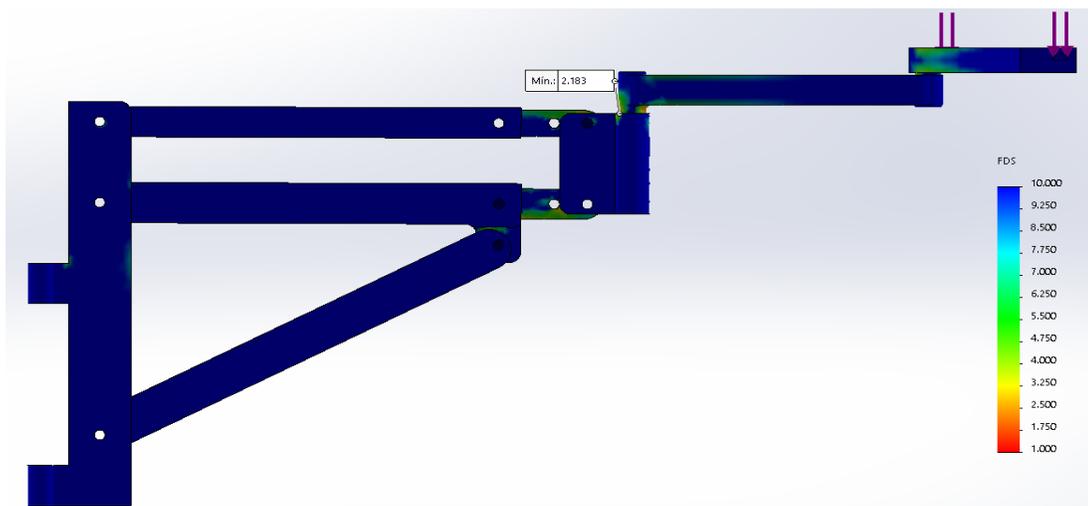


Figura 3.16. Factor de seguridad de la grúa.

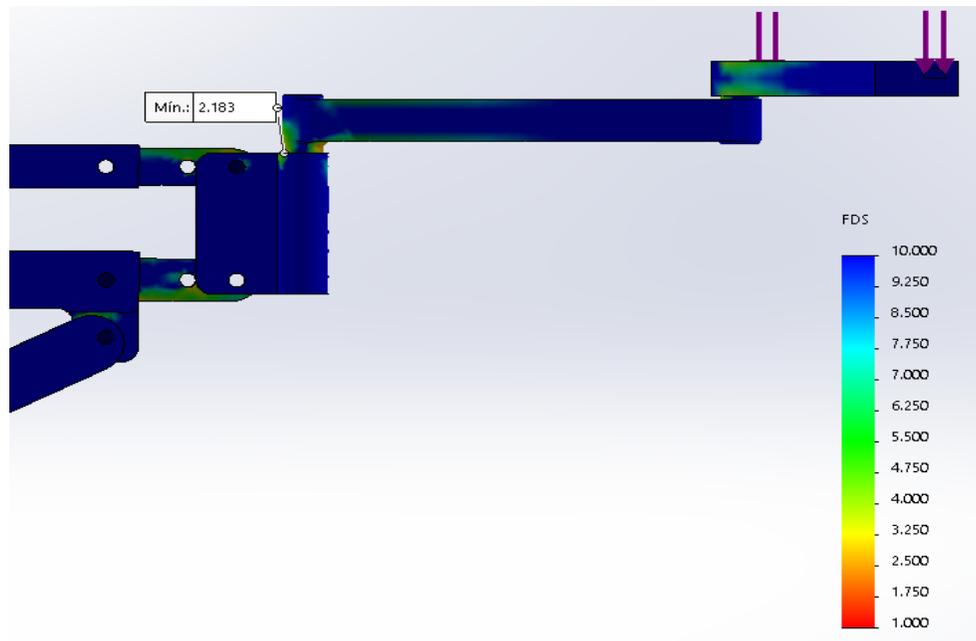


Figura 3.17. Factor de seguridad mínimo de la grúa.

3.7.2. DESPLAZAMIENTO

En la figura 3.19 se puede observar que de acuerdo a la simulación se obtuvo un desplazamiento máximo de 3.6 mm, indicando el punto crítico que es el volante donde se engancha al usuario (882 N), donde se consideró que el desplazamiento no sea mayor a 5mm para seguridad del usuario como había indicado anteriormente,

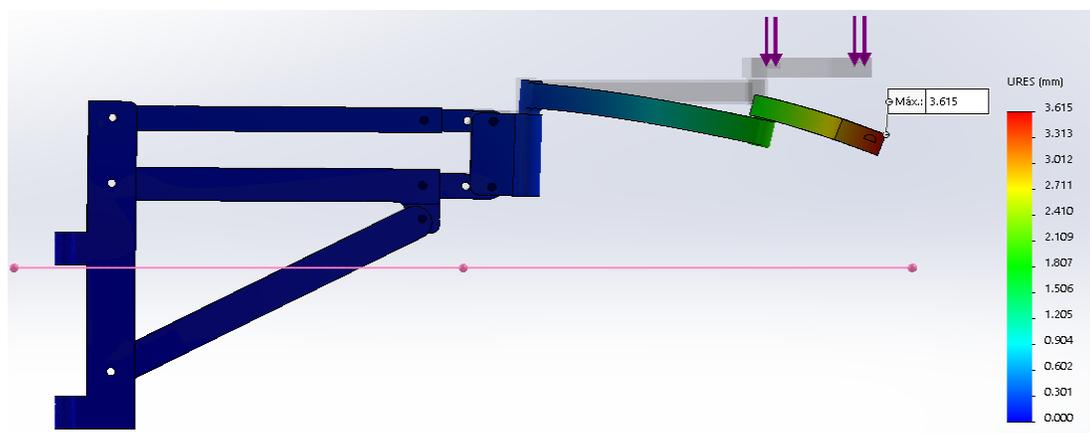


Figura 3.18. Desplazamiento de la grúa.

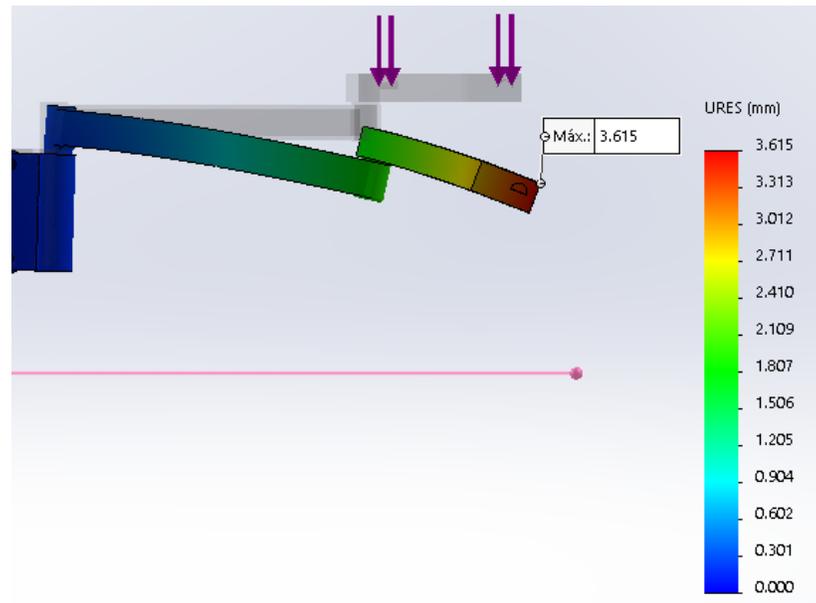


Figura 3.19. Desplazamiento máximo de la grúa.

3.7.3. FACTOR DE SEGURIDAD

En la figura 3.20 indica que el factor de seguridad es de 2,95 ya que el momento y la distancia de trabajo son menores con referencia al dispositivo fuera del vehículo.

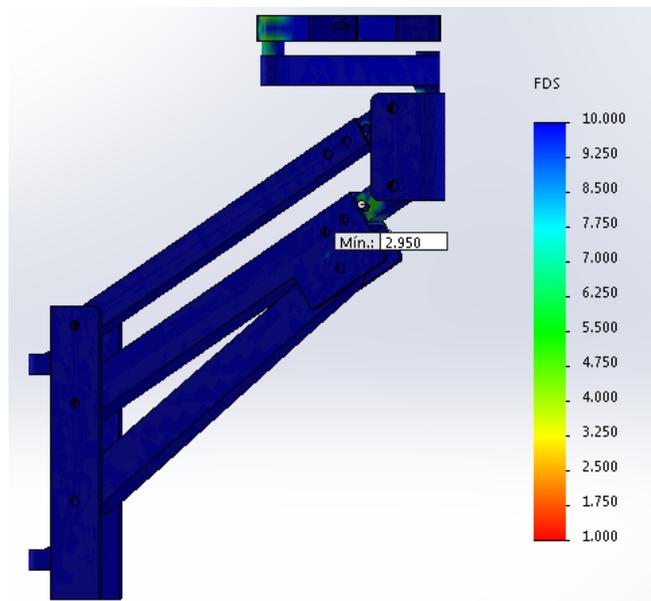


Figura 3.20. Factor de seguridad de la grúa dentro del vehículo.

3.7.4. DESPLAZAMIENTO

El desplazamiento máximo cuando la grúa está dentro del vehículo es de 1,48 mm, ya que el peso del usuario aplicado tiene menor distancia al eje de referencia como se muestra en la figura 3.21.

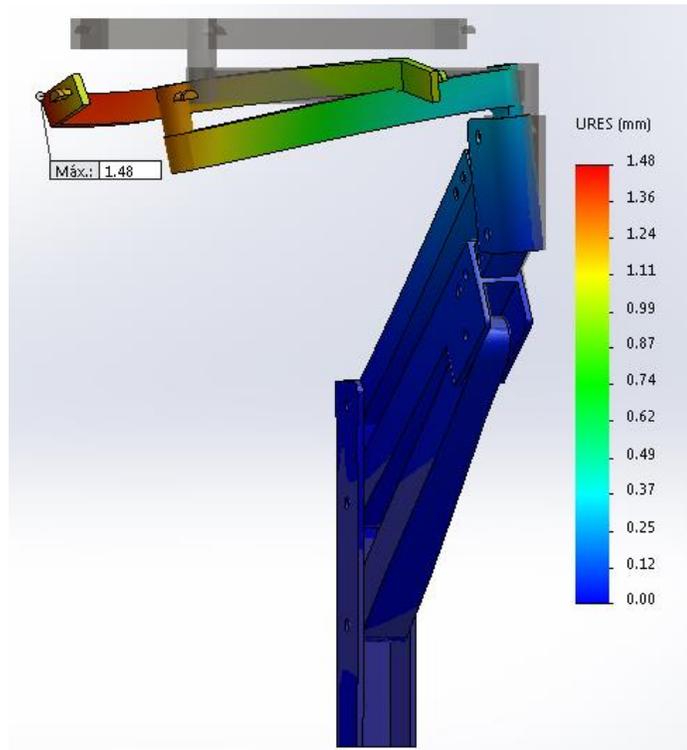


Figura 3.21. Desplazamiento máximo de la grúa dentro del vehículo.

3.8. VALIDACIÓN

Con el dispositivo correctamente ensamblado se procede a enganchar el arnés al usuario, se realizaron pruebas con diferentes personas, en donde se demostró que el dispositivo de traslado para personas con discapacidad motriz cumple con su función satisfactoriamente sin problema alguno, como se muestra en las figuras de la 3.22 a 3.26.



Figura 3.22. Dispositivo de traslado ensamblado y enganchado al vehículo correctamente.



Figura 3.23. Persona 1 con arnés enganchada al dispositivo de traslado.



Figura 3.24. Persona 2 con arnés enganchada al dispositivo de traslado.



Figura 3.25. Persona 3 con arnés enganchada al dispositivo de traslado.



Figura 3.26. Usuario fuera del automóvil en su sitio de destino.

3.9. CARACTERÍSTICAS DEL ACTUADOR

La tabla 3.2 muestra las características del actuador, tomando como referencia la figura 1.6 en donde se indica la longitud de carrera, el esfuerzo máximo de tiro, la velocidad y el consumo con carga.

Tabla 3.2. Características del Actuador

TIPO	LA 34
LONGITUD DE CARRERA	150 - 300
ESFUERZO MAXIMO EN TIRO	6000 N
CONSUMO A PLENA CARGA	5 A

3.10. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

3.10.1. COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO

Costos que intervinieron directamente en la fabricación del dispositivo portátil para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles. Indicados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Costos directos de fabricación

Detalle	Costos (\$)
Actuador	450
Materiales	250
Mano de Obra	400
TOTAL	1100

3.10.2. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

Costos que no intervinieron directamente en la fabricación del dispositivo portátil para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles. Mostrado en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Costos indirectos de fabricación

Detalle	Costos (\$)
Material de oficina	150
Internet	20
Transporte	150
TOTAL	320

3.10.3. COSTO TOTAL

Suma de costos directos y costos indirectos de fabricación del dispositivo.

Tabla 3.5. Costo Total

Detalle	Costos (\$)
Costos directos	1100
Costos indirectos	320
TOTAL	1420

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El dispositivo cumple con las características antropométricas latinoamericanas investigadas de acuerdo a la zona de influencia.
- La simulación fue una herramienta fundamental para detectar fallas tanto en el diseño como en el material.
- El dispositivo permite al paciente con discapacidad motriz el fácil ingreso al automóvil debido a que la cinemática del sistema es la adecuada para el vehículo y el usuario.
- El dispositivo brinda seguridad y confianza al paciente gracias a su gran resistencia y mínimo desplazamiento, lo que asegura su completa funcionalidad y utilidad.
- El dispositivo cumple su función, fue ensamblado con materiales de fácil adquisición, por lo que su peso se incrementa respecto a lo planificado.
- El actuador que se empleó fue importado y con características superiores a las requeridas, ya que en el mercado nacional no se encontraron distribuidores de actuadores eléctricos. Cabe destacar que se aprovecha únicamente el 33% de la capacidad del actuador adquirido, siendo el que tenía las características técnicas más cercanas a las requeridas por los cálculos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la continuación del trabajo de grado con avances en la reducción del peso del dispositivo.
- Se sugiere modificar el diseño del dispositivo de manera que pueda usarse en otro tipo de vehículos, tales como camionetas, furgonetas, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Autodaewoospark. (2016, julio 20). *autodaewoospark Mantenimiento Automotriz*. Obtenido de <http://www.autodaewoospark.com/funciones-bateria-automovil.php>
- Asamblea Constituyente. (2015, Marzo 12). *Constitución del Ecuador*. Obtenido de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Asamblea Nacional. (2012, Septiembre 25). *Ley Organica de Discapacidad*. Obtenido de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf
- Ávila, R. (2001). *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. México: Pearson Education.
- Barragan. (2012, Septiembre). Dispositivos de Elevación para Discapacitados. *Tesis Profesional*. México D.F, México.
- Bejarano, G. N. (2008, Agosto 6). *Reglamento General a la Ley de Discapacidades*. Obtenido de <https://dredf.org/international/Ecuador2.pdf>
- Callister, W. D. (2007). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. Bogota: REVERTE.SA.
- Camargo, D. (2005, Octubre). Sistemas de Grúas para Personas Discapacitadas para Centro de Rehabilitación. *Tesis profesional*. México D.F, México.
- Canesco, J. D. (2009, Febrero). *Situación de Discapacidad en la Región Andina*. Obtenido de <http://www.orasconhu.org/sites/default/files/Discapacidad%20en%20la%20Subregion%20Andina%20-%20consultoria%20JDC.pdf>
- CATSA. (2015, Agosto 21). *Amigo del motor*. Obtenido de <http://amigosdelmotor.com/cambiar-bateria/>
- Cocemfe Badajoz. (2002, Junio 15). *Manual de Formación del Voluntario*. Obtenido de Grúas y arneses: http://www.cocemfebadajoz.org/voluntariado/capitulo_84.html

Cocemfe Badajoz. (2002). *Manual de Formación del Voluntario*. Obtenido de Grúas y arneses:
http://www.cocemfebadajoz.org/voluntariado/capitulo_84.html

CONADIS. (2014, 01 10). *CONADIS*. Obtenido de www.CONADIS.gob.ec

CONADIS. (2015, Abril 25). *Rgistro Nacional de Discapacidades*. Obtenido de
http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro_nacional_discapacidades.pdf

Constituyente, A. N. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Montecristi: Editorial jurídica del Ecuador.

Discapacidad y Tecnología. (2012, julio 13). Obtenido de
<http://www.discapidadonline.com/tag/discapacidad-y-tecnologia/page/3>

Discus. (2015, junio 29). *Desing World*. Obtenido de <http://www.designworldonline.com/gears-put-new-designs-in-motion/>

Dr. Ramiro Cazar, Director Ejecutivo CONADIS. (2014, Noviembre 27). *Análisis de Discapitados en el Ecuador*. Obtenido de
http://icevi.org/latin_america/publications/quito_conference/analisis_de_la_situacion_de_las_.htm#ANTECEDENTES

e-life. (2015, 05 24). *PYRTEC*. Obtenido de
<http://pyrtec.com/index.php?cPath=29&language=es&osCsid=3abcd56042e26ff9a7c74ac79d9a67e9>

Grúas Domiciliarias. (2016, Julio 20). *Grúas Domiciliarias online*. Obtenido de
<http://www.gruasdomiciliarias.es/grua-de-piscina-electrica-32.html>

Hernández Gaviño, R. (2010). *Introducción a los Sistemas de control*. México: Pearson Education.

KRAUS, S. (1990). *Alemania Patente nº 0390003A1*.

LA HORA. (2015, Abril 25). En Ecuador hay 361.487 personas con discapacidad, la mayoría en las provincias Guayas y Pichincha. *LA HORA*, págs.
<http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101601307/->

1/En_Ecuador_hay_361.487_personas_con_discapacidad,_la_mayor%C3%ADa_en_las_provincias_Guayas_y_Pichincha.html#.VTwIbCFViko.

Lafragua, N. R. (2012). *Diseño de órtesis activa de codo para rehabilitación de pacientes*. Mexico.

LINAK®. (2016, enero 21). *Actuador Lineal*. Obtenido de <http://www.linak.es/about/?id3=4283>

LINAK®. (2016). *Actuador Lineal*. Obtenido de <http://www.linak.es/about/?id3=4283>

Ltd, A. (2013). *USA Patente nº 18643-2694*.

Más Mobility Assistance. (2015, mayo 12). *Global Healthcare*. Obtenido de Silla de ruedas estándar: <http://www.globalhealthcare.net/index.php?section=135&lang=es>

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). México: Pearson Education.

MSc, D. R. (2014, Septiembre 23). *Participación electoral de personas con discapacidad*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/roxanasilvach/democracia-inclusiva-en-mxico>

Narvaez, E. (s.f.). *Estado Ecuatoriano ante Discapacidades*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos89/estado-ecuadoriano-discapacidades/estado-ecuadoriano-discapacidades.shtml#situaciona>

Nieto, C. (1985). *Elementos de Máquinas*. Bogota: Servicio Nacional de Aprendizaje.

Norton, R. L. (2009). *Diseño de Máquinas*. PEARSON.

Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*. Boston: Pearson Education.

Posso, M. (2011). *Proyectos, Tesis y Marco Lógico*. Quito.

Salud, I. N. (2015, 04 05). *MedlinePlus*. Obtenido de <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000006.htm>

Tally, K. (2010). *Patente nº 7,657,951 B2*.

Teach, L. (2015, 04 02). *LTI*. Obtenido de http://www.liberatingtech.com/products/elbows/LTI_Boston_Digital_Arm_Systems_for_Adults.asp

tectronix. (2015, 05 30). *tectronix*. Obtenido de <http://www.tectronix.cl/motor-paso-a-paso.html>

Unidad de Inteligencia PRO ECUADOR. (2015, Agosto 19). *Análisis del Sector Automotriz*. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/03/PROEC-AS2011-AUTOMOTRIZ.pdf>

Universo, E. (2015, 01 10). *El Universo*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/2010/03/27/1/1360/medico-guayaquileno-fabrica-protesis-bionicas.html>

Valarezo, M. C. (2013, Julio 5). *Ministerio de Inclusión Económica y Social*. Obtenido de <http://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Modelo-de-Atenci%C3%B3n-de-Discapacidades.pdf>

Vildósola, E. (2014). *Actuadores*. Chile: Soltex Chile S.A.

WordPress.com. (2015, junio 24). *El Proyecto Memoria Lewes*. Obtenido de <https://lewesmemory.wordpress.com/2010/07/07/the-19th-century-prosthetic-leg/>

ANEXOS

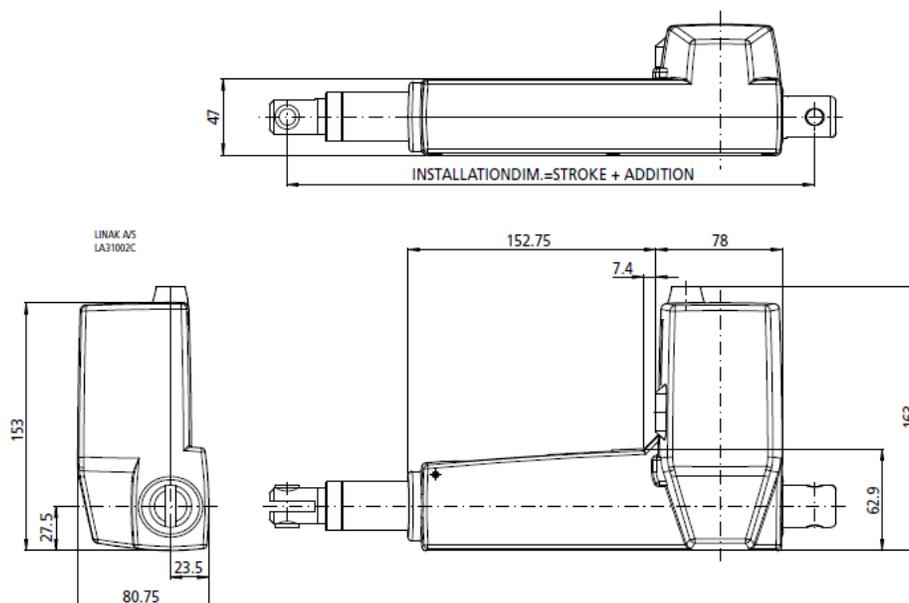
ANEXO 1: ACTUADOR LINEAL

PRODUCT DATA SHEET

ACTUATOR LA31

Features:

- 24V DC permanent magnet motor
- Thrust up to 6000 N in push and up to 4000 N in pull
- Electric chromated steel piston rod eye with slot
- High-strength plastic housing protects motor and gears
- Elegant and compact design with small installation dimensions
- Standard protection class: IP 51
- Colour: black
- 2.25 m straight cable
- Built-in limit switches (not adjustable)
- Scratch and wear-resistant powder painting on outer tube $\varnothing 30$ mm
- Zinc alloy back fixture
- Strong wear and corrosion resistant stainless steel inner tube
- Flexible back fixture (standard for LA31 "L2 version")
- Noise level 48dB (A); measuring method DSIEN ISO 3746, actuator not loaded.



ANEXO 2: MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Día	Clave	Edad	Estatura	Peso	Extensión Muñeca			Pronación			Supinación			Flexión Codo			Supraespinoso			Deltoides			
					Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	Min.	Max.	Prom.	
	Paciente 1	21			1.36	2.26	1.80	1.81	2.71	2.20	0.90	1.70	1.30	1.81	4.07	3.10	16.60	21.14	18.40	2.26	5.43	3.60	
					1.12	1.81	1.40	3.84	5.88	4.90	0.90	1.70	1.30	4.07	4.41	3.90	17.86	22.15	19.6	10.74	11.64	11.10	
	Evo27				1.81	2.83	2.40	0.45	0.57	0.50	0.79	1.02	0.90	1.36	3.62	2.40	2.71	7.46	4.90	5.76	7.23	6.40	
V	30/09/2010	Evo1	27			3.84	6.78	5.20	4.07	6.10	5.10	4.63	5.65	5.40	26.11	31.76	29.90	11.75	15.37	13.00	20.23	27.58	24.00
		Evo2	22			4.52	5.43	4.90	1.92	2.71	2.90	3.73	3.28	3.50	15.15	19.33	16.80	6.78	9.04	7.60	6.56	10.06	8.40
		Evo3	24			2.37	5.09	3.40	3.73	4.29	4.00	4.52	4.97	4.70	22.04	28.37	25.10	11.30	13.90	12.60	12.21	15.37	14.00
		Evo4	24	1.68	62.0	5.99	7.69	6.80	3.84	4.86	4.30	6.33	7.12	6.70	21.59	27.01	24.20	11.87	15.03	12.20	12.66	20.57	17.00
V	07/10/2011	Evo5	19	1.75	70.0	4.52	8.59	6.20	3.84	4.86	4.30	4.41	6.44	5.20	19.21	25.09	21.90	15.48	27.92	22.10	20.01	22.61	21.40
		Evo6	28	1.74	71.0	4.63	7.23	5.60	7.69	8.82	8.20	7.23	10.17	8.80	43.06	46.68	44.20	22.94	25.54	24.00	26.67	36.28	32.20
		Evo7	28	1.80	73.0	7.23	11.19	9.40	3.84	6.10	4.40	6.67	9.04	7.80	28.71	55.95	42.50	20.91	27.58	25.70	14.24	17.63	15.50
		Evo8	29	1.57	60.0	4.41	5.54	4.80	3.16	4.52	3.80	2.71	3.73	3.10	19.78	22.38	21.10	9.61	10.62	10.20	5.76	9.38	7.70
		Evo9	30	1.70	89.0	5.43	9.95	7.70	4.63	7.69	6.40	5.43	6.22	5.90	36.39	45.66	40.90	16.28	18.08	15.30	5.88	13.34	9.00
V	14/10/2011	Evo10	21	1.82	90.0	6.33	10.17	7.90	4.63	5.76	5.20	6.78	7.57	7.20	41.25	72.00	55.70	17.18	29.84	22.30	21.81	28.03	24.20
		Evo11	20	1.64	77.0	4.75	6.22	5.20	2.94	4.18	3.00	4.07	4.63	4.30	28.37	37.75	33.70	11.75	14.47	12.80	15.15	16.31	16.90
		Evo12	21	1.67	61.0	1.47	2.83	2.30	3.16	5.20	4.20	3.62	4.07	4.00	16.61	24.41	20.80	8.59	10.96	9.70	8.48	11.98	10.50
V	21/10/2011	Evo13	28	1.72	83.0	9.49	11.75	10.60	5.88	8.59	7.00	5.65	7.01	6.40	45.78	58.32	53.20	20.68	28.32	23.10	11.87	17.52	14.00
		Evo14	30	1.60	78.0	4.41	5.43	4.90	3.05	4.52	3.90	3.05	4.18	3.80	21.14	22.04	21.60	15.37	19.21	17.50	7.69	9.16	8.50
		Evo15	20	1.77	67.0	3.28	4.18	3.80	1.36	2.37	1.80	1.92	3.16	2.40	36.06	49.96	41.30	23.51	8.59	17.30	6.22	11.08	9.00
		Evo16	20	1.60	45.0	2.71	4.18	3.10	1.70	2.37	2.00	2.71	3.50	3.10	7.69	10.85	9.60	10.29	14.02	13.00	2.71	8.25	4.70
		Evo17	19	1.62	44.0	0.90	1.47	1.10	1.13	1.81	1.30	1.81	2.26	2.10	3.16	8.59	5.80	3.96	6.67	5.10	1.47	2.71	2.00
		Evo18	21	1.73	80.0	2.37	3.16	2.80	1.92	2.71	2.20	1.92	2.71	2.40	10.74	12.66	11.80	8.59	14.02	11.00	5.54	8.62	6.80
		Evo19	24	1.65	55.0	1.13	2.60	2.00	2.03	2.71	2.20	2.60	2.94	2.70	5.54	7.80	6.70	2.71	12.21	6.30	3.84	6.67	4.80
V	21/10/2011	Evo20	23	1.81	60.0	6.10	7.12	6.50	3.62	4.75	4.10	7.12	8.70	7.70	21.59	26.11	24.20	12.77	16.73	15.20	10.62	12.66	11.60
		Evo21	23	1.74	69.0	6.78	9.04	7.90	3.84	5.76	4.60	6.33	7.80	7.40	24.19	34.13	30.70	17.41	23.06	20.10	14.92	20.91	18.10
		Evo22	26	1.75	74.0	5.09	6.78	6.00	3.84	6.22	4.80	6.78	8.59	7.60	27.24	37.52	32.90	12.55	18.08	15.00	6.10	9.95	8.50
V	04/11/2011	Evo23	25	1.76	70.0	8.70	9.95	9.40	4.07	4.86	4.50	5.99	6.78	6.40	49.84	52.10	51.00	23.06	26.90	24.90	17.63	21.36	19.30
		Evo24	28	1.65	58.0	4.18	6.22	5.20	2.71	3.39	3.10	3.73	4.75	4.40	19.67	28.71	25.50	14.92	18.08	16.00	8.48	11.98	10.20
		Evo25	25	1.61	65.0	4.63	7.46	5.90	4.18	6.56	4.80	5.43	6.78	6.00	39.11	49.51	43.90	18.54	22.15	20.40	18.31	23.96	21.00
V	11/11/2011	Evo26	24	1.58	50.0	3.28	4.52	4.10	2.26	2.83	2.60	1.92	2.60	2.30	16.28	19.78	17.30	6.33	9.95	8.40	5.88	8.59	6.90
		Evo28	19	1.54	54.0	5.99	7.12	6.60	3.84	4.52	4.10	3.62	4.85	4.10	32.44	36.06	34.70	13.45	23.06	19.00	8.25	12.77	10.90
		Evo29	18	1.72	64.0	2.83	4.52	3.70	4.52	6.56	5.50	5.31	6.33	5.90	28.37	34.59	30.40	11.75	17.07	14.70	12.21	15.37	14.20
V	25/11/2011	Evo30	28	1.58	53.0	2.71	4.07	3.40	2.60	3.16	2.80	2.94	3.28	3.10	15.48	16.95	16.20	20.12	24.75	22.70	4.97	9.16	7.10
		Evo31	28	1.60	73.0	5.43	7.23	6.50	6.44	7.91	7.50	6.89	8.70	7.50	36.20	45.44	42.20	8.14	13.11	10.60	22.61	26.45	24.80
	Prom. MÍNIMOS				4.52		3.55		4.53		4.53		33.29		13.43		11.30						
	Prom. MÁXIMOS				6.45		4.89		6.59		6.59		32.92		17.71		15.62						
	AVERAGE	24	1.68	66.7			5.43		4.15		5.06		29.19		15.59		13.44						

ANEXO 3: TABLA COMPARATIVA DE COSTOS DE GRÚAS PARA DISCAPACITADOS

TIPO	COSTOS (\$)
GRÚA FIJA	2454
GRÚA DE TECHO	2365
GRÚA PARA VEHICULOS CON RUEDAS	1700
GRÚA EMPOTRADA AL VEHÍCULO	4495

ANEXO 4: MANUAL DE USO

1. PRECAUCIONES

- 1.1. El dispositivo de traslado para personas con discapacidad motriz está diseñado para levantar una masa máxima de 90 kg.
- 1.2. La primera vez que se monta el dispositivo al vehículo es necesario que se regule el brazo expansible del mecanismo de cuatro barras de acuerdo al ángulo de apertura de la puerta, puede expandirse o reducirse de acuerdo a la necesidad del usuario.
- 1.3. El dispositivo será montado solamente cuando la base indique que está correctamente ajustada al automóvil, esto se indica con la luz verde ubicada en la base.
- 1.4. El arnés debe ser instalado antes de que el paciente sea colocado en la silla de ruedas
- 1.5. Evitar que el dispositivo tenga caídas o golpes fuertes.

2. TÉCNICO

2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Masa dispositivo de traslado:	33,07 lb (15 kg)
Masa Máximo:	198,42 lb (90 kg)
Fuente de alimentación:	12 V DC
Máximo consumo de corriente:	7 A
Materiales del producto:	Acero ASTM A36 y Acero AISI 1045

2.2. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

- 2.2.1. **SOCKET:** Se encuentra en la base del dispositivo de traslado para personas con discapacidad motriz, el mismo que se alimenta con la energía que suministra el encendedor de cigarrillos.



2.2.2. CONTROL: El dispositivo es controlado por medio de una aplicación instalada en un celular androide para fácil maniobrabilidad del usuario.



2.2.3. MALETA DE ALMACENAMIENTO: Facilita el traslado del dispositivo.



3. OPERACIÓN

3.1. Montar el mecanismo de cuatro barras en el parante de la base.



3.2. Colocar la barra auxiliar.



3.3. Ubicar el volante.



3.4. Enganchar el arnés al dispositivo.



3.5. Controlar el ascenso y descenso de la grúa para ingresar al vehículo.



3.6. Con ayuda del acompañante el usuario ingresa al automóvil.



