

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**“DISPOSITIVO MEJORADO PARA TRASLADO DE PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y  
AUTOMÓVILES: BASE”**

**AUTOR: JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ BENÍTEZ**

**DIRECTOR: Phd. MARCO ANTONIO CIACCIA SORTINO**

**Ibarra, 2018**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1723541460		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	José Eduardo Sánchez Benítez		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Sánchez y Cifuentes y Ricardo Sánchez		
<b>EMAIL:</b>	jesanchezb@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	06 2604243	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0980590159

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“Dispositivo mejorado para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles: Base”
<b>AUTOR:</b>	José Eduardo Sánchez Benítez
<b>FECHA: DD/MM/AA</b>	31/07/2018
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>DIRECTOR:</b>	Dr. Marco Ciaccia

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló 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 31 días del mes de Julio de 2018

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a light blue oval. The signature is stylized and appears to read 'J. E. Sánchez Benítez'.

---

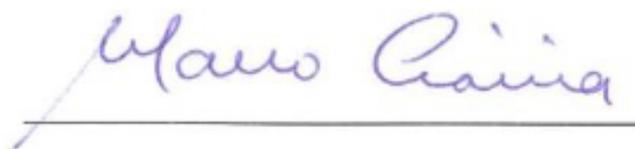
Firma

Nombre: José Eduardo Sánchez Benítez

Cédula: 1723541460

## CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “DISPOSITIVO MEJORADO PARA TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLAS DE RUEDAS Y AUTOMÓVILES: BASE”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor José Eduardo Sánchez Benítez, bajo mi supervisión.



Dr. Marco Ciaccia

DIRECTOR

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero a Dios, quien fue la guía espiritual que me mantuvo firme en mi objetivo.

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por brindarme el apoyo y conocimiento necesarios para culminar mi carrera universitaria.

Al Dr. Marco Ciaccia por su valiosa asesoría y paciencia en todo el proceso de realización del presente trabajo de grado.

Ariel Sánchez,

Por tu constante compañía y palabras de aliento en los momentos más difíciles de este trabajo, que solo un hermano como tú me podía dar.

A mis padres, novia, familiares y amigos que me acompañaron incondicionalmente y nunca dejaron que decaiga ni pierda mi horizonte, dándome consejos, fuerzas y motivación para mi vida personal y profesional.

José Sánchez.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, Roberto Sánchez y Lorena Benítez, por su comprensión en cada momento y por ser el pilar fundamental en mi vida, formándome como la persona perseverante, luchadora, sensible y con valores que soy ahora, cualidades que permitieron culminar el presente trabajo de grado con total confianza en los excelentes resultados obtenidos.

Al amor de mi vida Daniela Pineda, porque la ayuda brindada ha sido sumamente fundamental, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, siempre confiando en mí. No fue sencillo culminar este proyecto, sin embargo y gracias a tu amor, nunca existió límites que detuvieran nuestras metas.

José Sánchez.

## RESUMEN

Tomando en cuenta la necesidad que existe de un dispositivo de traslado de personas con discapacidad motriz entre la silla de ruedas y el automóvil, se desarrolló un primer prototipo encargado de solucionar esta problemática, el cual consta de una base portátil capaz de generar el contrapeso necesario para lograr la elevación y el traslado del usuario.

El presente proyecto logra mejoras importantes de ese primer prototipo, como lo es en el peso, a través de una nueva selección de materiales, ayudando a la persona que asiste al paciente a facilitar el ensamble y traslado del dispositivo; la capacidad de ajustarse a diferentes superficies de contacto fue añadida a los nuevos objetivos para darle nuevas posibilidades de uso.

El material utilizado en este trabajo es el aluminio, que ofrece mejores ventajas frente al acero, que fue el material usado en el primer dispositivo, la principal es la diferencia de peso, que logra disminuir considerablemente, también nos brinda mejores características mecánicas aumentando la fiabilidad del dispositivo.

La base ahora cuenta en sus dos apoyos con cilindros dentados deslizables y un seguro, que le permiten estabilizarse a pesar de que exista una diferencia de alturas entre cada uno de sus puntos de contacto con el suelo. De esta forma su utilidad es más apegada a la realidad, ya que la mayoría de superficies que se tiene en el entorno no son totalmente planas.

Para finalizar, las pruebas de validación pusieron en evidencia las mejoras que se han obtenido a partir del primer prototipo, llegando así a cumplir con todos los objetivos planteados para este proyecto y entregando un dispositivo funcional a la comunidad que más lo necesita, que son aquellos que sufren alguna discapacidad motriz.

## **ABSTRACT**

Taking into consideration the need that exists for a transfer device for people with motor disabilities between the wheelchair and the car, a first prototype was developed to solve this problem, which consists of a portable base capable of generating the necessary counterweight to achieve the elevation and movement of the user.

The present project achieves important improvements of that first prototype, as it is in the weight, through a new selection of materials, helping the person who assists the patient to facilitate the assembly and transfer of the device; the ability to adjust to different contact surfaces was added to the new objectives to give it new possibilities of use.

The material used in this work is aluminum, which offers better advantages over steel, which was the material used in the first device, the main one is the difference in weight, that manages to decrease considerably, it also gives us better mechanical characteristics, increasing the device reliability.

The base now counts on its two supports with sliding toothed cylinders and a lock, that allows it to stabilize even though there is a difference in height between each of its points of contact with the ground. In this way its usefulness is more attached to reality, since the majority of surfaces that are in the environment are not completely flat.

Finally, the validation tests showed the improvements that have been obtained from the first prototype, thus reaching all the objectives set for this project and delivering a functional device to the community that needs it most, which are those who suffer some motor disability.

## TABLA DE CONTENIDO

### CONTENIDO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	i
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
2. CONSTANCIAS	iii
CERTIFICACIÓN	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
TABLA DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	3
ALCANCE	4

	x
CAPÍTULO I	5
1.1 ACTUADORES	5
1.1.1 GATO ELÉCTRICO HIDRÁULICO	5
1.1.2 CELDA DE CARGA	6
1.2 SISTEMA DE CONTROL	7
1.2.1 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO	7
CAPÍTULO II	9
2.1 ANÁLISIS DEL PRIMER PROTOTIPO	9
2.2 RESUMEN DEL PRIMER PROTOTIPO	9
2.3 REQUERIMIENTOS DE CARGA PARA EL FUNCIONAMIENTO ESTABLE DE LA GRÚA	9
2.4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	9
2.5 PARÁMETROS DE SELECCIÓN	10
2.6 MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN	10
2.7 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL	10
2.8 CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE LA SOLUCIÓN	10
2.9 PRUEBAS	11
CAPÍTULO III	13
3.1 SÍNTESIS DEL PRIMER PROTOTIPO	13
3.2 COMPARACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	15

	xi
3.3 REQUISITOS DE DISEÑO	16
3.4 REQUISITOS GEOMÉTRICOS	20
3.5 PLANTEAMIENTO DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN	21
3.6 SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN	27
3.7 MODELOS GEOMÉTRICOS Y CONDICIONES DE BORDE DE LA SOLUCIÓN	29
3.8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	32
3.9 MÁXIMO ESFUERZO	33
3.10 FACTOR DE SEGURIDAD	35
3.11 DESPLAZAMIENTO	36
3.14 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO	42
3.15 ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
3.16 VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO	44
CAPÍTULO IV	49
4.1 CONCLUSIONES	49
4.2 RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS	51
ANEXOS	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. GRÚA EMPOTRADA AL AUTOMÓVIL.....	2
FIGURA 2. BASE PORTÁTIL PARA GRÚA DE TRASLADO DE PERSONAS CON CAPACIDAD MOTRIZ ENTRE SILLA DE RUEDAS Y AUTOMÓVIL.....	3
FIGURA 1.1. FUNCIONAMIENTO DE UN DISPOSITIVO DE ELEVACIÓN HIDRÁULICO.....	5
FIGURA 1.2. CELDA DE CARGA. ....	6
FIGURA 1.3. <i>PUENTE DE WHEASTONE</i> . ....	6
FIGURA 1.4. SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO. ....	7
FIGURA 3.1. BASE PORTATIL SITUADA EN EL VEHÍCULO CORRECTAMENTE.....	12
FIGURA 3.2. VISTA SUPERIOR POSICIÓN 1.....	15
FIGURA 3.3. VISTA SUPERIOR POSICIÓN 2.....	16
FIGURA 3.4. VISTA LATERAL POSICIÓN 3.....	16
FIGURA 3.5. . MODELO GEOMÉTRICO DEL DISPOSITIVO DE ELEVACIÓN .....	17
FIGURA 3.6. DISPOSITIVO DE TRASLADO ENSAMBLADO Y ENGANCHADO AL VEHÍCULO CORRECTAMENTE. ....	17
FIGURA 3.7. PERSONA CON ARNÉS ENGANCHADA AL DISPOSITIVO DE TRASLADO .....	17
FIGURA 3.8. UBICACIÓN DE LA BASE PORTÁTIL. ....	18
FIGURA 3.9. VISTA LATERAL DE LA UBICACIÓN DE LA BASE. ....	18
FIGURA 3.10. UBICACIÓN DE LA BASE PORTÁTIL CON DIFERENCIA DE ALTURA EN SUS PUNTOS DE APOYO.....	19
FIGURA 3.11. VISTAS DE LA POSIBLE SOLUCIÓN BASE 1, (A) VISTA FRONTAL, (B) VISTA ISOMÉTRICA.....	20

FIGURA 3.12. . VISTA ISOMÉTRICA DE LA POSIBLE SOLUCIÓN BASE 2.....	21
FIGURA 3.13. VISTAS DE LA POSIBLE SOLUCIÓN BASE 3, (A) FRONTAL, (B) DETALLE DE LA CREMALLERA Y SEGURO .....	22
FIGURA 3.14. VISTAS DE LA POSIBLE SOLUCIÓN BASE 4, (A) FRONTAL. (B) ISOMÉTRICA. 23	
FIGURA 3.15. VISTA EXPLOSIONADA Y DETALLADA DE A MEJOR SOLUCIÓN SELECCIONADA.....	26
FIGURA 3.16. . CONDICIONES DE BORDE DEL PARANTE EN LA PRIMERA POSICIÓN CRÍTICA, (A) F1, (B) F2, (C) F3, (D) F4, (E) F5 .....	27
FIGURA 3.17. VISTAS DEL MODELO GEOMÉTRICO DE LA PRIMERA POSICIÓN CRÍTICA, (A) VISTA ISOMÉTRICA, (B) VISTA INFERIOR DONDE SE MUESTRA LA PARED VIRTUAL .....	28
FIGURA 3.18. CONDICIONES DE BORDE DEL PARANTE EN LA SEGUNDA POSICIÓN CRÍTICA, (A) F1, (B) F2, (C) F3, (D) F4, (E) F5 .....	29
FIGURA 3.19. MODELO GEOMÉTRICO Y CONDICIONES DE BORDE DE LA BASE PORTÁTIL EN LA SEGUNDA POSICIÓN CRÍTICA. ....	30
FIGURA 3.20. MÁXIMO ESFUERZO EN LA BASE PORTÁTIL. ....	31
FIGURA 3.21. DISTRIBUCIÓN DEL MÁXIMO ESFUERZO EN LA BASE PORTÁTIL EN EL PARANTE.....	32
FIGURA 3.22. . DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO DE LA BASE PORTÁTIL, (A) VISTA ISOMÉTRICA DE LA BASE Y SU FACTOR DE SEGURIDAD, (B) DETALLE DE UBICACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO. ....	33
FIGURA 3.23. DESPLAZAMIENTO MÁXIMO DE LA BASE PORTÁTIL.....	34
FIGURA 3.24. GATA ELÉCTRICA HIDRÁULICA DISPONIBLE EN MERCADO DE REPUESTOS AUTOMOTRICES.....	35
FIGURA 3.25. CONTROL MANUAL DE ASCENSO Y DESCENSO DE ACTUADORES DE LA BASE PORTÁTIL E INDICADORES DE PUESTA EN MARCHA Y PARADA DE LOS MOTORES. ....	36

FIGURA 3.26. MATERIAL PRODAX® EN PLANCHA Y BARRAS LISTO PARA SER MAQUINADO. ....	37
FIGURA 3.27. . CILINDROS DENTADOS CON PUNTA REDONDEADA ACABADOS DESPUÉS DE SER MAQUINADOS Y MOLDEADOS. ....	37
FIGURA 3.28. SEGURO Y RESORTE DE PRESIÓN ENCARGADO DE RETENER A LOS CILINDROS DENTADOS EN LA POSICIÓN DESEADA PROHIBIENDO EL MOVIMIENTO VERTICAL DE LOS MISMOS. ....	28
FIGURA 3.29. BASE PORTÁTIL DESMONTADA EN TODAS SUS PIEZAS REMOVIBLES. ....	38
FIGURA 3.30. BASE PORTÁTIL TERMINADA Y ENSAMBLADA EN EL TALLER DE CONSTRUCCIÓN. ....	39
FIGURA 3.31. BASE PORTÁTIL UBICADA EN EL VEHÍCULO CORRECTAMENTE. ....	42
FIGURA 3.32. BASE PORTÁTIL AJUSTADA AL SUELO CORRECTAMENTE, SOBRE ADOQUINADO. ....	42
FIGURA 3.33. BASE PORTÁTIL SOBRE SUPERFICIE IRREGULAR, (A) SE MUESTRA LOS TRES PUNTOS DE APOYO DE LA BASE A TRES DIFERENTES ALTURAS COMO SE PUEDE IDENTIFICAR EN LOS DIENTES DE LOS CILINDROS Y AL OBSERVAR EL TERRENO, (B) NIVELES CORROBORAN QUE A PESAR DE LA DIFERENCIA DE ALTURAS EN LOS PUNTOS DE APOYO LA BASE SE MANTIENE HORIZONTAL, CUMPLIENDO CON LOS REQUISITOS DE DISEÑO. ....	43
FIGURA 3.34. LA IRREGULARIDAD DE LA SUPERFICIE NO AFECTA LA POSICIÓN HORIZONTAL DEL DISPOSITIVO. .....	43
FIGURA 3.35. PERSONA 1 CON ARNÉS ENGANCHADA AL DISPOSITIVO DE TRASLADO. ....	44
FIGURA 3.36. PERSONA 2 CON ARNÉS ENGANCHADA AL DISPOSITIVO DE TRASLADO. ....	44
FIGURA 3.37. . PERSONA 3 CON ARNÉS ENGANCHADA AL DISPOSITIVO DE TRASLADO. ...	45

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1. COMPARACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, LA INFORMACIÓN QUE SE MUESTRA SE OBTUVO DE LA HOJA INFORMATIVA DE CADA MATERIAL .....	13
TABLA 3.2 APLICACIÓN DE RESTRICCIONES A PROBABLES SOLUCIONES DE BASE .....	23
TABLA 3.3. PONDERACIÓN DE CRITERIOS PARA LA BASE.....	24
TABLA 3.4. PONDERACIÓN DE SOLUCIONES DE BASE RESPECTO A CRITERIO C1 .....	24
TABLA 3.5. PONDERACIÓN DE SOLUCIONES DE BASE RESPECTO A CRITERIO C2.....	24
TABLA 3.6. PONDERACIÓN DE SOLUCIONES DE BASE RESPECTO A CRITERIO C3.....	24
TABLA 3.7. PONDERACIÓN DE SOLUCIONES DE BASE RESPECTO A CRITERIO C4.....	24
TABLA 3.8. PONDERACIÓN DE SOLUCIONES DE BASE RESPECTO A CRITERIO C5.....	24
TABLA 3.9. PONDERACIÓN FINAL DE BASE .....	25
TABLA 3.10. PESO INDIVIDUAL Y EN CONJUNTO DE LA BASE PORTÁTIL.....	39
TABLA 3.11. COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	40
TABLA 3.12. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	40
TABLA 3.13. COSTO TOTAL .....	57



# **INTRODUCCIÓN**

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Después de realizar un análisis a la Tesis realizada en la Universidad Técnica del Norte, que tiene por nombre: “Diseño y Construcción de una base portátil para un dispositivo para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles”, se llegó a la conclusión en la que, a pesar de que dicho dispositivo se encuentra funcional de acuerdo a su diseño y requerimientos, es mejorable en ciertos aspectos que le permitirán ampliar su alcance.

La portabilidad es uno de los principales atributos de este dispositivo, por lo que es necesario, por seguridad y salud de quien lo maniobra, que su peso disminuya, de manera que no provoque lesiones físicas en la persona que asistirá al usuario para utilizar el dispositivo.

Una nueva selección de materiales y un rediseño en el sistema de estabilización de la base, permitirán que su funcionamiento mejore ampliamente, llegando así a un mayor número de usuarios ya que 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)

## **OBJETIVO GENERAL**

Construir una base portátil mejorada para un dispositivo para el traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requerimientos mecánicos para la estabilidad y funcionalidad del dispositivo
- Rediseñar la base portátil para mejorar su funcionamiento en superficies irregulares y reducir su peso.
- Construir la base portátil, cumpliendo con los requerimientos de diseño establecidos.
- Validar el funcionamiento del dispositivo.

## ANTECEDENTES

El trabajo realizado en septiembre de 2013 por la empresa Autochair Ltd. con la patente (USA Patente n° 18643-2694, 2013) 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.



*Figura 1. Grúa empotrada al automóvil. (USA Patente n° 18643-2694, 2013)*

En el año 2016 Raúl Conterón diseña la base portátil para un dispositivo para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles, desarrollado en la Universidad Técnica del Norte; éste es un diseño que no afecta la estructura del automóvil, siendo armable y desarmable para llevar a cualquier lugar. (Conterón, 2016)



*Figura 2. Base portátil para grúa de traslado de personas con capacidad motriz entre silla de ruedas y automóvil. (Conterón, 2016)*

## **JUSTIFICACIÓN**

El dispositivo existente requiere de un rediseño para ampliar su alcance y de esta manera mejorar su funcionalidad y ampliar su impacto social.

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, haciéndolo efectuar actividades que de otro modo estarían fuera de su alcance.

El objetivo de este dispositivo es ofrecer autonomía personal para que el usuario, pueda realizar actividades básicas de manera semi-independientes, 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.

## **ALCANCE**

El dispositivo será armable y desarmable para facilitar su portabilidad en el automóvil, es decir, podrá ser empacado y colocado en el maletero del vehículo y así trasladarse a donde el usuario lo desee, este dispositivo será ensamblado y operado por un adulto acompañante, el cual asistirá al usuario en la operación de transferencia, por lo que se requiere de un peso moderado.

El dispositivo será diseñado para que funcione sobre superficies irregulares tales como: adoquín, concreto y asfalto, dejando de lado las superficies rocosas, con ripio o con imperfecciones de mucha profundidad. Las dimensiones de la base portátil 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 30 años es de: 1,82 m de estatura, y una masa corporal de 86 kg aproximadamente. (Lafragua, 2012)

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 ACTUADORES

#### 1.1.1 GATO ELÉCTRICO HIDRÁULICO

El gato hidráulico funciona con el principio de Pascal, que entre otras cosas indica que si se aplica presión en un fluido encerrado, esta presión se distribuirá uniformemente por todo el sistema, en otras palabras se podría imaginar que en el gato hidráulico se aplica una fuerza en la palanca la cual envía un fluido (generalmente aceite) hacia otra cámara encerrada y mientras se siga suministrando presión hasta esa cámara entonces se comienza a elevar el eje que impulsa hacia arriba al auto.

El dispositivo, en su forma más sencilla, tiene dos émbolos dispuestos en forma de “U”, uno de sección muy pequeña (en el que se aplica la presión al fluido mediante una bomba eléctrica), y el otro de sección muy grande (donde se coloca la carga que se quiere elevar). La clave del funcionamiento son las válvulas unidireccionales, que permiten el paso del fluido en un solo sentido. Así, cuando se acciona el émbolo pequeño, una válvula permite el paso del fluido hacia el émbolo mayor, pero no su retorno. De igual forma, una segunda válvula permite la entrada del fluido desde un depósito hacia el émbolo pequeño cuando se alza la palanca, quedando listo el dispositivo para un nuevo ciclo de impulsión. (Figura 1.1)

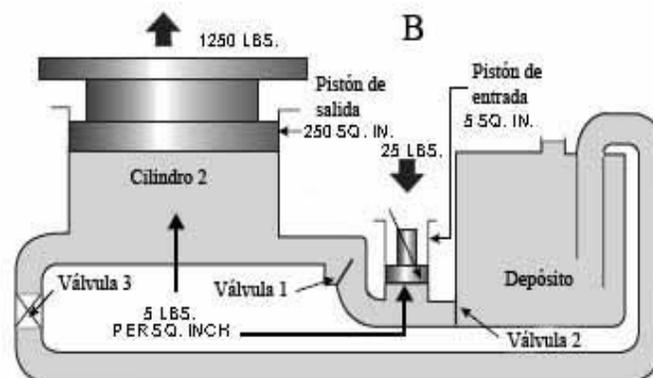


Figura 1.1. Funcionamiento de un dispositivo de elevación hidráulico. (Conceptos básicos de Neumática e Hidráulica, 2017)

### 1.1.2 CELDA DE CARGA

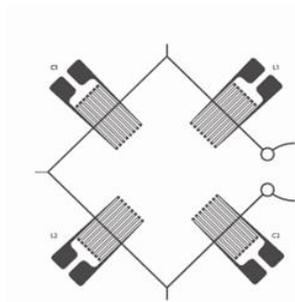
Una celda de carga es un transductor utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica, mediante medidores de deformación (galgas) se obtiene una señal eléctrica con la cual se puede conocer el valor de la fuerza. (Figura 1.2)

La medición se realiza con pequeños patrones de resistencias que son usados como indicadores de tensión con eficiencia denominados medidores. Los medidores están unidos a una viga o elemento estructural que se deforma cuando se aplica peso, a su vez, deformando el indicador de tensión. Cuando se altera el medidor de deformación la resistencia eléctrica cambia en proporción a la carga. (Germán Corona Ramírez, 2014)



*Figura 1.2. Celda de carga. (Grupo IPC, 2018)*

Esto se logra por medio de un puente Wheastone (Figura 1.3), el cual se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de “brazos” del puente. Estos están contruidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado. En el caso de las celdas de carga las resistencias son los medidores de deformación.



*Figura 1.3. Puente de Wheastone. (Germán Corona Ramírez, 2014)*

## 1.2 SISTEMA DE CONTROL

Es un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados teóricamente verdaderos.

### 1.2.1 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO

Es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, con una referencia a manera de entrada. Los sistemas de control de lazo cerrado a menudo son referidos también como sistemas de control por retroalimentación. (Hernández Gaviño, 2010)

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 termino control lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control de retroalimentación con el fin de reducir el error del sistema. (Figura 1.4) (Ogata, 2010)

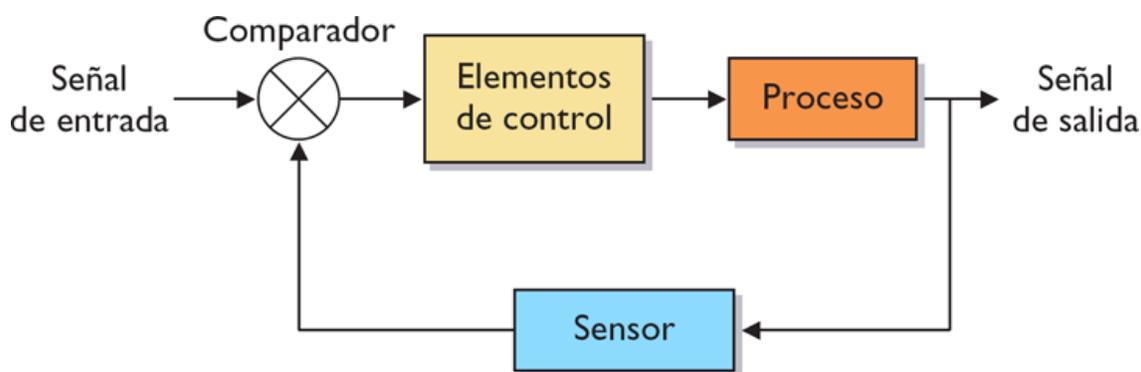


Figura 1.4. Sistema de control de lazo cerrado. (Vélez, 2012)



## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 ANÁLISIS DEL PRIMER PROTOTIPO**

La primera etapa consiste en realiza un estudio del dispositivo construido en un inicio y al cual se realizarán las mejoras pertinentes. Se deberá tomar en cuenta parámetros como material de construcción, peso del dispositivo, costo total de construcción y el alcance que tiene hasta el momento.

#### **2.2 RESUMEN DEL PRIMER PROTOTIPO**

Se realizará una síntesis de los parámetros importantes del trabajo de grado titulado “Base portátil para grúa de traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles” con autoría de Raúl Conterón.

#### **2.3 REQUERIMIENTOS DE CARGA PARA EL FUNCIONAMIENTO ESTABLE DE LA GRÚA**

Los requerimientos de carga se basarán en el trabajo de grado titulado “Diseño y construcción de un dispositivo portátil para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles”, autoría de Daniela Pineda.

#### **2.4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

Se presentarán cuatro modelos para los cuales se consideran las características deseadas y las restricciones para la base portátil bajo las que debe ser rediseñada y construida. Para determinar una solución viable, ésta debe cumplir con parámetros de diseño a manera de lograr un óptimo funcionamiento y uso por parte de los operarios, acorde a las dimensiones de los vehículos tipo sedán.

Es preciso analizar los movimientos de la grúa para brindar estabilidad y soporte al dispositivo de elevación. Además, se realiza el diseño bajo carga estática de los elementos simples de la base y se establece las dimensiones del dispositivo.

## **2.5 PARÁMETROS DE SELECCIÓN**

El estudio preliminar de los materiales a considerar para la fabricación de la base portátil es de mucha importancia para la nueva selección de los mismos, por lo que se buscará en catálogos de proveedores nacionales, de igual manera se consultará la disponibilidad y costos de los materiales en diferentes locales del país.

Como la disminución del peso es un requisito de diseño para la mejora de primer prototipo, es muy importante tomar en cuenta la densidad del nuevo material frente al acero ASTM A36 usado en el anterior dispositivo y buscar mejora sin disminuir resistencia.

La herramienta computacional a utilizar contiene las características de una amplia variedad de materiales comerciales para la selección del material más apropiado, en función del límite de fluencia, el factor de seguridad y el desplazamiento máximo de la base portátil.

## **2.6 MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

Tomando en cuenta los cálculos previos obtenidos del prototipo inicial, se determinará el nuevo modelo geométrico del dispositivo, para después, usar una herramienta computacional que utiliza el método de elementos finitos para realizar una simulación detallada de las piezas, logrando así evaluar los puntos críticos y mostrar valores referidos a la tensión máxima, factor de seguridad, y desplazamiento, dejando una idea clara de la deformación de la base.

## **2.7 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL**

El sistema electrónico se basará en la selección del actuador, el cual se determina según la geometría de los vehículos tipo sedán. El vehículo determina la carga del actuador y permite seleccionar el tipo de control necesario; para realizar el control del movimiento del actuador se procederá a diseñar el sistema de alimentación eléctrica, el sistema de control y de potencia para los cuales se creará una tarjeta de control que integre cada uno de ellos.

## **2.8 CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE LA SOLUCIÓN**

Finalizado el nuevo diseño, se procederá a realizar los planos mecánicos que permitirán la adquisición de los materiales de construcción para su posterior mecanizado y ensamble, de igual manera se comprará los elementos eléctricos y electrónicos para la elaboración de la placa de control.

## **2.9 PRUEBAS**

Para validar el correcto funcionamiento de la base portátil, como primer paso, se seleccionarán personas sin discapacidad motriz, para posteriormente probar el dispositivo con usuarios con discapacidad motriz sin ningún percance.



## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS**

#### **3.1 SÍNTESIS DEL PRIMER PROTOTIPO**

##### **3.1.1 GEOMETRIA DE LOS VEHÍCULOS**

La base fue diseñada de acuerdo a la configuración geométrica de los vehículos tipo sedán debido a que estos son los más utilizados en el país. Los datos que se tomaron a consideración son la distancia entre el piso y el chasis, la distancia entre la ubicación de la gata y el dispositivo de elevación, y el ángulo entre el chasis del vehículo y el dispositivo de elevación.

##### **3.1.2 DISTRIBUCIÓN DEL PESO EN VEHÍCULOS TIPO SEDÁN**

Después de conocer los pesos de los vehículos tipo sedán se determinó la carga necesaria que origina la fuerza con la cual se contrarresta el momento producido por el dispositivo de elevación.

Los tipos de tracción en los vehículos varían en función de las ruedas encargadas de transmitir al suelo la potencia procedente del motor, en los vehículos con tracción delantera la potencia del motor se transmite al eje delantero. La distribución del peso teórico de los vehículos con tracción delantera es aproximadamente de 60% en la parte delantera y el 40% en la parte trasera. (Conterón, 2016)

##### **3.1.3 PARÁMETROS DE DISEÑO**

- Contrarrestar el momento máximo producido por la grúa de elevación en todas las posiciones críticas analizadas.
- 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.
- El costo del producto debe ser moderado.
- La base portátil soportará una grúa de elevación producto 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”, autoría de Daniela Pineda.

### 3.1.3 SOLUCIÓN

- La propuesta de solución posee un parante que está constituido por una columna triangular en la cual la cara se encuentra orientada hacia la línea de acción de la grúa para evitar grandes deformaciones en dicho parante.
- La propuesta de solución posee un bastidor central que brinda estabilidad al parante, distribuyendo el esfuerzo máximo en toda la estructura.
- Esta propuesta posee dos apoyos, los cuales tienen una forma redondeada en los extremos para evitar la concentración de esfuerzos en cada posición crítica.
- Es un diseño estable, rígido, ofreciendo seguridad y un mejor rendimiento frente a las condiciones de trabajo.

Como resultado de este trabajo de tesis se obtuvo una base portátil funcional, construida en acero comercial ACTM A36 con un peso total de 22 kg y un costo total de \$ 1740, como dato importante se tiene que la base está diseñada y construida para ser utilizada sobre superficies totalmente planas como se puede observar en la figura 3.1.



*Figura 3.1. Base portátil situada en el vehículo correctamente. (Conterón, 2016)*

### 3.2 COMPARACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En la tabla 3.1 se muestran varios materiales de construcción comerciales dentro del país y sus diferentes características, se tomará en cuenta como dato relevante a la relación entre el costo, la resistencia a la tracción y el límite elástico que permitirán realizar una comparación y posterior selección del mejor material.

*Tabla 3.1. Comparación de materiales de construcción, la información que se muestra se obtuvo de la hoja informativa de cada material.*

Material	Densidad de masa (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	Módulo elástico (MPa)	Facilidad de mecanizado	Costo relativo
Acero AISI 1045	7850	625	530	205000	Normal	1,2
Acero ASTM A36	7850	400	250	200000	Normal	1
Prodax®	2830	680	600	71500	Fácil	4,24
Aluminio 7075	2810	570	505	72000	Fácil	3,2
Titanio R50700 grado 4 SS	4510	550	500	105000	Normal	5,87

Se obtuvo como resultado de la comparación que el Prodax® es el mejor material para la construcción de la base portátil, tomando en cuenta que uno de los objetivos principales de la tesis es disminuir el peso del dispositivo, y como se observa, la densidad de masa del Prodax® es aproximadamente la tercera parte en comparación al acero ASTM A36 que fue el material usado en el primer prototipo. Otra ventaja de utilizar este tipo de aluminio es su alta resistencia a la tracción y límite elástico y aunque su precio es elevado su maquinado es fácil lo que acorta el tiempo de manufactura.

### 3.3 REQUISITOS DE DISEÑO

- El peso de la base debe disminuir con respecto al primer prototipo para mejorar el traslado y ensamblaje del mismo, y reducir la posibilidad de que el operador del dispositivo sufra lesiones.
- La base podrá estabilizarse sobre superficies irregulares o con diferencia de altura entre sus puntos de apoyo (no más de 2 cm), es decir, sus patas tendrán la posibilidad de ajustarse en sentido vertical.
- Contrarrestar el momento máximo producido por la grúa de elevación en todas las posiciones críticas analizadas.
- Debe tener todos los indicadores que manifiesten de forma visual cuando el automóvil ha generado el contrapeso necesario para elevar al usuario.
- El equipo debe ser desarmable para facilitar al acompañante el manejo, ensamble y portabilidad.
- El costo del producto debe ser moderado.
- La base portátil deberá mantenerse horizontal, es decir paralela al chasis del vehículo para soportar la grúa de elevación. (Pineda, 2016)

Para una mejor comprensión del dispositivo de elevación se procede a realizar una breve síntesis del trabajo realizado por Daniela Pineda, se recopiló los parámetros más importantes tales como el modelo geométrico y la cinemática del dispositivo tomando en cuenta la silla de ruedas y el automóvil, que ayudarán a la concepción del nuevo diseño de la base portátil.

Para empezar, se tiene los datos críticos y los requisitos de diseño que se tomaron en cuenta en el diseño del dispositivo de elevación y los cuales se mencionan a continuación:

#### **Datos críticos:**

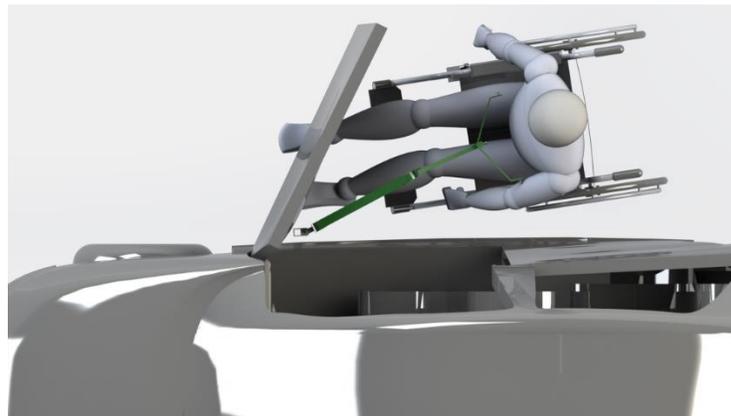
- Distancia de la articulación de la puerta al centro de la silla de ruedas es de 84 cm.
- Angulo de apertura de la puerta de 76°.
- Angulo de interacción entre la silla de ruedas y el asiento es de 90°.

### Requisitos de diseño del dispositivo de elevación

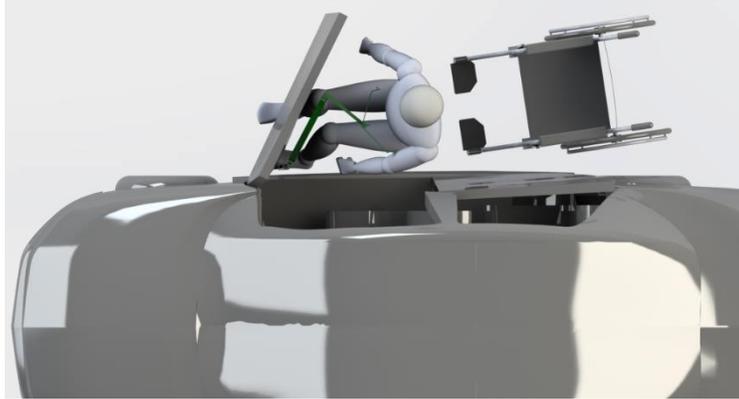
- Elevar una carga de máximo 882 N es decir 90kg en cada posición crítica.
- El equipo puede ser desarmable para fácil manejo y portabilidad del acompañante.
- Debe ser de fácil manejo para que el usuario pueda desarmar y armar el equipo.
- El costo del producto debe ser moderado.
- La grúa se soportará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

A partir de los datos antes mencionados se tiene claros los requisitos cinemáticos que cumple la grúa, que son los detallados a continuación:

El dispositivo va posicionado en 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 3.2 a 3.4. (Pineda, 2016)



*Figura 3.2. Vista superior posición 1 (Pineda, 2016)*



*Figura 3.3. Vista superior posición 2. (Pineda, 2016)*



*Figura 3.4. Vista lateral posición 3. (Pineda, 2016)*

Después de realizar los cálculos pertinentes con toda la información que se obtuvo de todos los requisitos, ahora se cuenta con un modelo geométrico funcional (figura 3.5) que, por supuesto fue validado con pruebas reales para demostrar que cumple con todo lo establecido previamente en este resumen, como se puede ver en las figuras 3.6 y 3.7

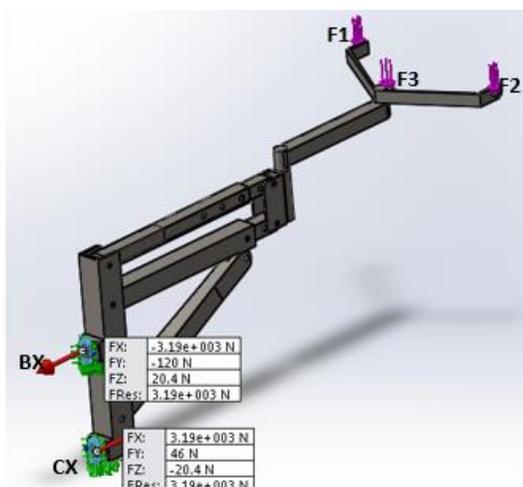


Figura 3.5. Modelo geométrico del dispositivo de elevación. (Pineda, 2016)



Figura 3.6. Dispositivo de traslado ensamblado y enganchado al vehículo correctamente. (Pineda, 2016)



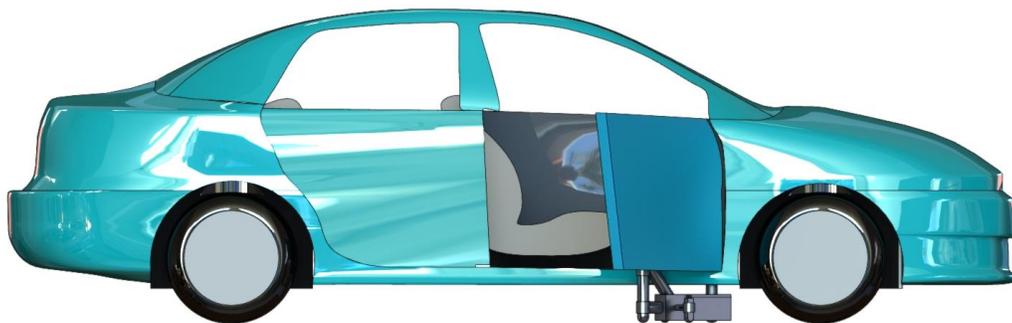
Figura 3.7. Persona con arnés enganchada al dispositivo de traslado. (Pineda, 2016)

### 3.4 REQUISITOS GEOMÉTRICOS

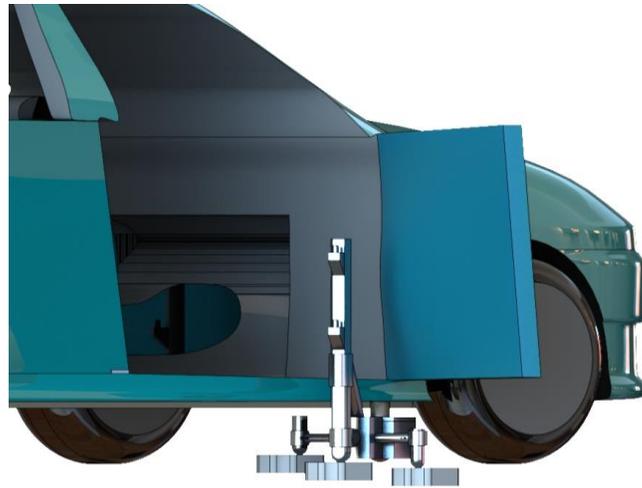
La base portátil está diseñada para colocarse en la parte inferior del chasis del vehículo tipo sedán, del lado del asiento del copiloto (Figura 3.8-3.9), de modo que el dispositivo de elevación quede cerca de la articulación de la puerta del auto. En el caso de que la superficie de apoyo de la base tenga irregularidades o diferencia de alturas entre los puntos de apoyo del dispositivo, las patas de base deberán ajustarse a dichas irregularidades manteniendo la estructura paralela al chasis del vehículo. (Figura 3.10)



*Figura 3.8. Ubicación de la base portátil.*



*Figura 3.9. Vista lateral de la ubicación de la base.*



*Figura 3.10. Ubicación de la base portátil con diferencia de altura en sus puntos de apoyo.*

### **3.5 PLANTEAMIENTO DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN**

Tomando en cuenta el análisis del primer prototipo y los nuevos requerimientos de diseño y cinemáticos, se propone posibles soluciones para posteriormente elegir la mejor solución aplicando la metodología de selección en base a criterios y restricciones de Nelson Vilches.

#### *Selección de la mejor solución para la base portátil*

##### **Criterios**

- **C1:** Menor precio
- **C2:** Mayor facilidad de uso
- **C3:** Menor peso
- **C4:** Mejores cualidades estéticas
- **C5:** Mayor facilidad de construcción

##### **Restricciones**

- **R1:** Precio inferior o igual a 1740 USD
- **R2:** Peso menor de 22 kg
- **R3:** Adaptable a superficies irregulares iguales o menores a 2 cm
- **R4:** Contrarrestar el momento máximo en todas las posiciones críticas de la grúa
- **R5:** Operación ágil

## POSIBLES SOLUCIONES

### NOMENCLATURA

(PSB)-» Posible Solución Base

**(PSB)1:** La estructura de la base consta de un soporte cuadrado y un apoyo semiesférico en su parte inferior para la gata, a ésta se unen dos nervios encargados de sostener el parante a través de dos anillos que permitirán el deslizamiento del mismo, esto para solucionar el problema de las irregularidades en la superficie, además que permite pasar la carga directamente al suelo; para el sistema de estabilización se emplea un mecanismo que consta de dos piezas de tres puntos de apoyo en total por cada pata unidos por pasadores que permite la rotación únicamente del mecanismo, (como se muestra en la figura 3.11), manteniendo sin inclinación la base de la gata, todo esto se realiza en barras redondas de diferentes diámetros.

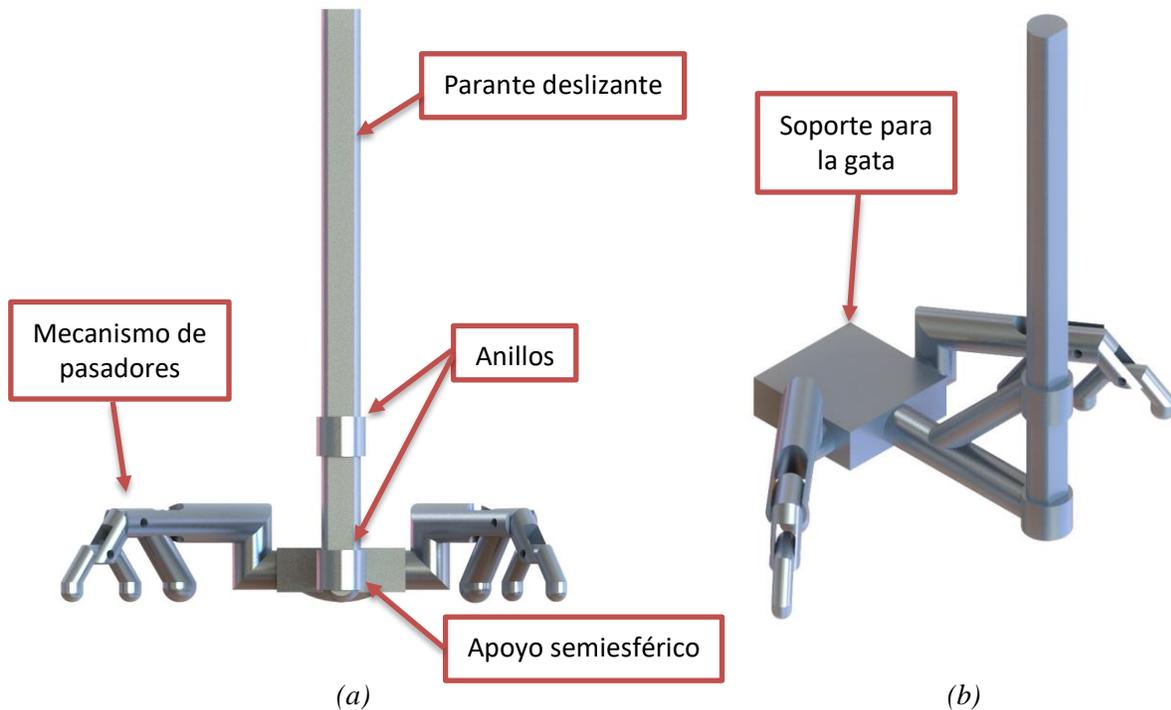
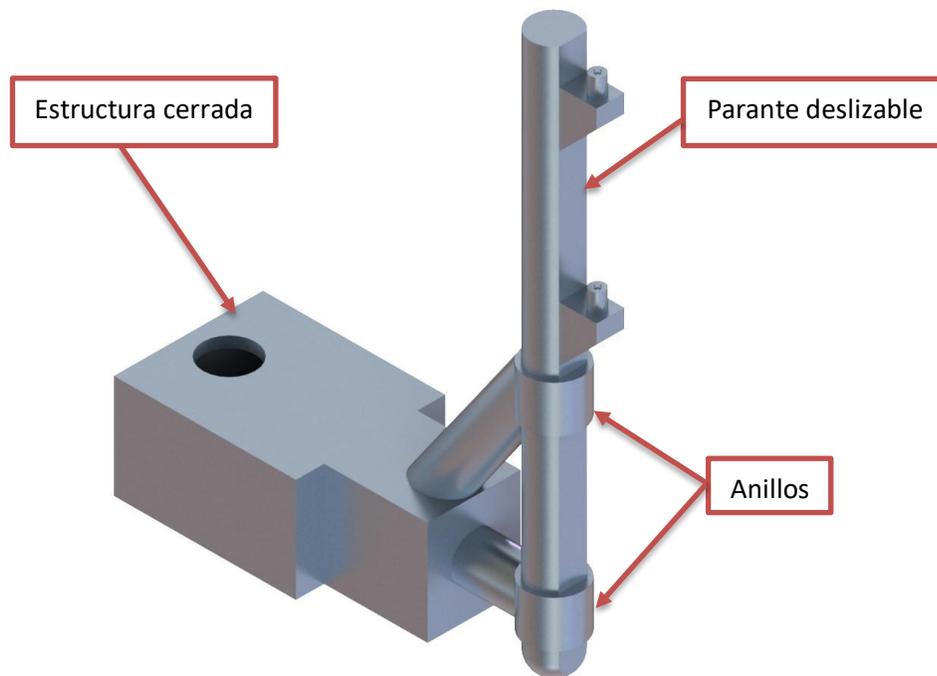


Figura 3.11. Vistas de la posible solución base 1, (a) vista frontal, (b) vista isométrica

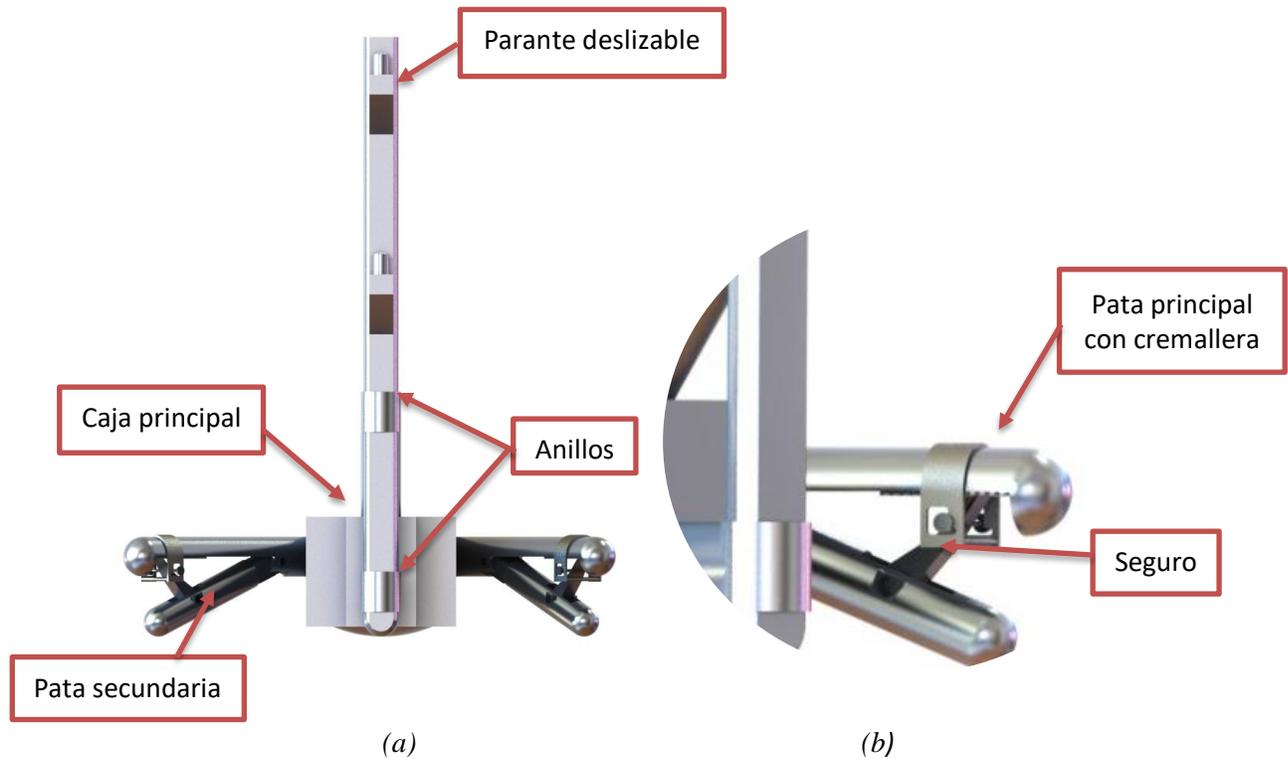
**(PSB)2:** En ésta propuesta, se muestra una caja cerrada, con un punto de apoyo semiesférico para disminuir el área de contacto con el suelo y así evitar desequilibrio causado por obstáculos en el piso al igual que la anterior propuesta; esto para estéticamente mejorar la apariencia, ya que la gata y su motor quedarían cubiertos dando la ventaja de protección a los elementos electrónicos, y de ésta misma estructura sobresalen dos nervios con anillos que soportan el parante que usa el mismo principio de la posible solución 1, como se muestra en la figura 3.12, esta solución no tiene patas de apoyo, ya que se espera que el contrapeso generado por el automóvil sea suficiente para mantener a la base estable.



*Figura 3.12. Vista isométrica de la posible solución base 2*

**(PSB)3:** En esta propuesta se mantiene la estructura de la caja principal, pero se ha implementado a esta solución dos patas compuestas por dos barras circulares, la primera que se une a la estructura, la misma que tiene dientes a modo de cremallera para que la barra secundaria, que cuenta con un seguro acoplado por un pasador que permite la rotación de este y

así asegurar o liberar el ajuste, se deslice hacia arriba o abajo según la necesidad, pudiendo así variar su altura de apoyo, como se indica en la figura 3.13



**(PSB)4:** Se incorporan a la estructura principal que ahora cuenta con una tapa ajustada por pernos que permitirá el acceso a los elementos internos de la base, dos patas con cilindros dentados deslizantes verticalmente en cada una y se coloca pasadores y resortes que se aseguren de impedir el movimiento del cilindro de la posición requerida, de ésta manera la base y la gata se mantienen paralelas al chasis del vehículo sin importar si existe o no una diferencia de altura entre sus cuatro puntos de apoyo, al igual que anteriormente dos nervios con anillos en sus extremos sobresalen de la estructura para sostener el parante deslizable con ganchos, el mismo que se encargará de soportar al dispositivo de elevación. (figura 3.14)

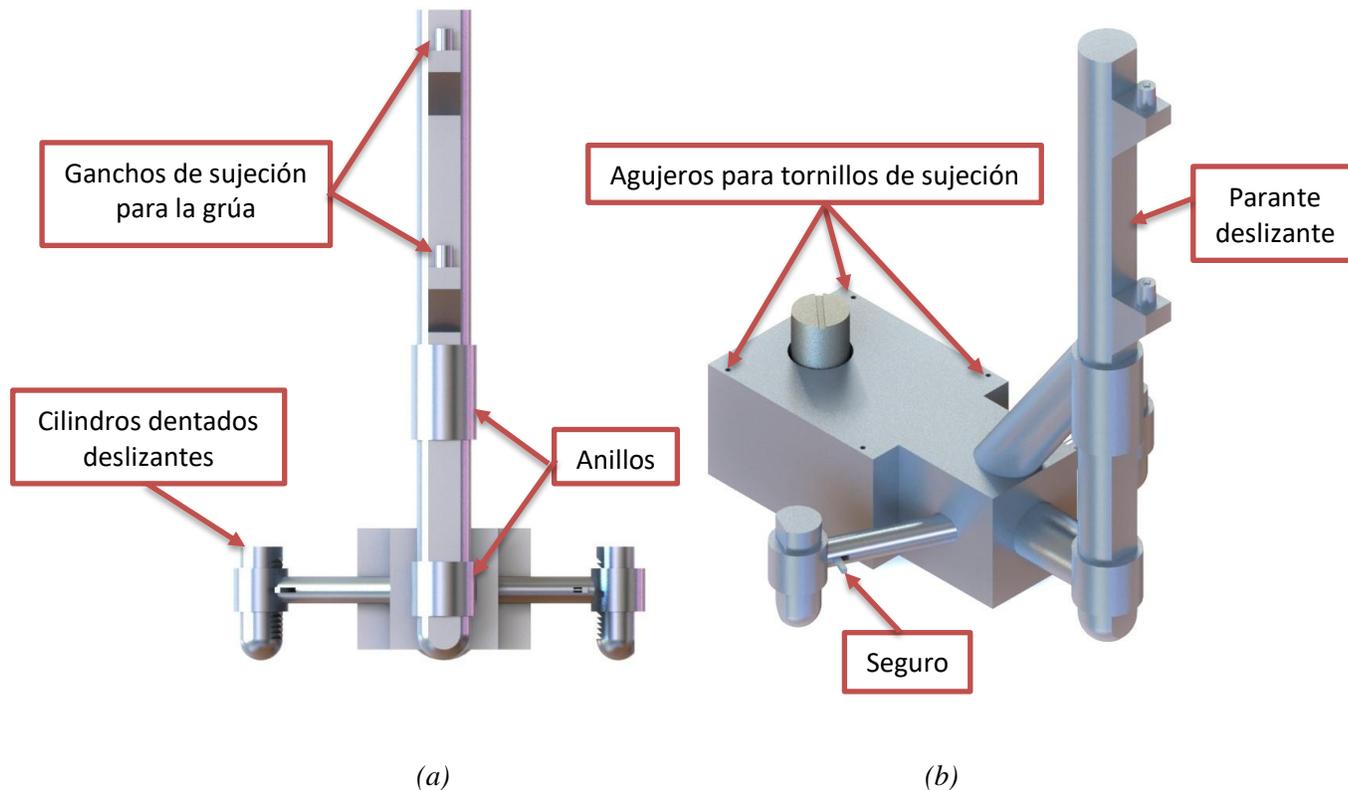


Figura 3.14. Vistas de la posible solución base 4, (a) frontal. (b) isométrica

### APLICACIÓN DE RESTRICCIONES A PROBABLES SOLUCIONES

Tabla 3.2. Aplicación de restricciones a probables soluciones de base

	(PSB)1	(PSB)2	(PSB)3	(PSB)4
<b>R1</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R2</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R3</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R4</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>R5</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>

(PSB)3 Se convierte en solución Sb3

(PSB)4 Se convierte en solución Sb4

## PONDERACION DE CRITERIOS

Tabla 3.3. Ponderación de criterios para la base

	C1	C2	C3	C4	C5	# VECES	PCX
C1						1	2
C2	C2					3	4
C3	C3	C3				4	5
C4	C1	C2	C3			0	1
C5	C5	C2	C3	C5		2	3
<b>Orden de importancia</b>	4°	2°	1°	5°	3°		

Tabla 3.4. Ponderación de soluciones de base respecto a criterio C1

C1	Sb3	Sb4	# Veces	PX
Sb3			0	P11=1
Sb4	Sb4		1	P12=2
	2°	1°		

Tabla 3.5. Ponderación de soluciones de base respecto a criterio C2

C2	Sb3	Sb4	# Veces	PX
Sb3			0	P12=1
Sb4	Sb4		1	P13=2
	2°	1°		

Tabla 3.6. Ponderación de soluciones de base respecto a criterio C3

C3	Sb3	Sb4	# Veces	PX
Sb3			0	P12=1
Sb4	Sb4		1	P13=2
	2°	1°		

Tabla 3.7. Ponderación de soluciones de base respecto a criterio C4

C4	Sb3	Sb4	# Veces	PX
Sb3			1	P12=2
Sb4	Sb3		0	P13=1
	1°	2°		

Tabla 3.8. Ponderación de soluciones de base respecto a criterio C5

C5	Sb3	Sb4	# Veces	PX
Sb3			0	P12=1
Sb4	Sb4		1	P13=2
	2°	1°		

Tabla 3.9. Ponderación final de base

PCX	P3X	PCX.P3X	P4X	PCX.P4X
2	1	2	2	4
4	1	4	2	8
5	1	5	2	10
1	2	2	1	1
3	1	3	2	6
	X3=	16	X4=	27

La mejor solución es la número 4

### 3.6 SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN

Considerando las restricciones y criterios planteados para el nuevo diseño, se lleva a cabo la evaluación de las cuatro propuestas de solución planteadas mediante el Método de Elementos Finitos (MEF), analizando además las ventajas y desventajas que ofrece cada una de las opciones, llegando a la conclusión de elegir a la opción cuatro por las siguientes razones:

- Aunque guardan un parecido en su estructura, al analizar cada una mediante el MEF los mejores resultados con respecto a esfuerzos y deformaciones las presentan la solución de base 4.
- La de solución posee un parante que está constituido por una barra circular con punta redondeada que será capaz de desmontarse y además ubicarse a diferentes alturas y así cumplir con su principal objetivo; debido a que la estructura principal se mantiene horizontal, el parante conserva su verticalidad lo que le permite soportar la grúa.
- También posee una estructura principal con tapa desmontable, de igual manera con un solo punto de apoyo para evitar irregularidades del suelo, que brinda estabilidad al parante, distribuyendo el esfuerzo máximo en toda la base.
- Esta propuesta posee dos apoyos cilíndricos deslizantes con dientes en su cara interna, usando un pasador con resorte para asegurar la posición y así regular la altura de cada punto de apoyo los cuales tienen una forma redondeada en los extremos para evitar la concentración de esfuerzos en cada posición crítica. Es un diseño estable, rígido, adaptable a irregularidades del suelo y más ligero que ofrece seguridad y un mejor rendimiento frente a las condiciones reales de funcionamiento.

- Además, cuenta con una celda de carga que se encargará, por medio de luces indicadoras, de mostrarnos cuando la gata está sujeta al vehículo y se ha generado el contrapeso necesario para elevar y trasladar al usuario sin ningún inconveniente.

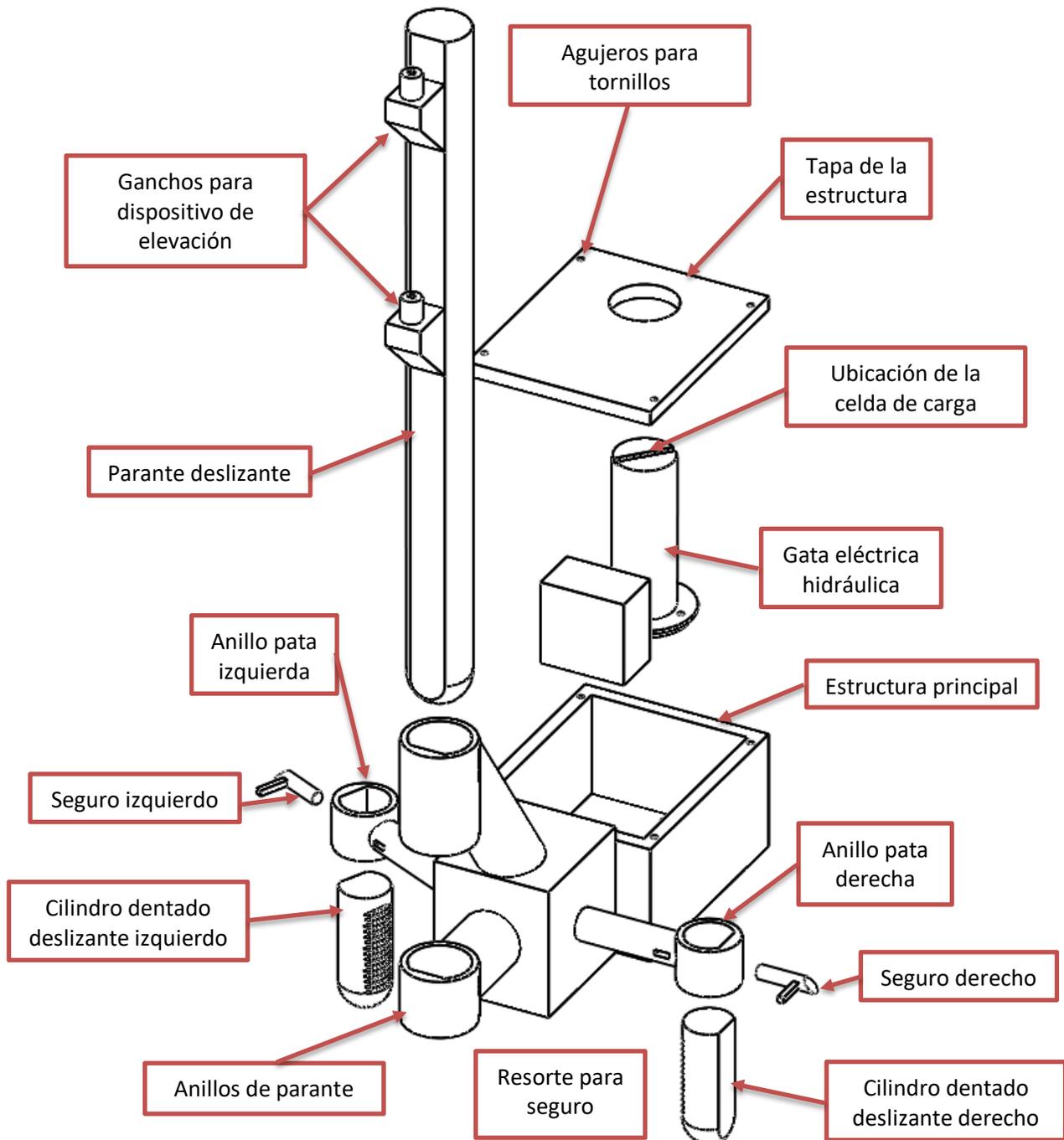


Figura 3.15. Vista explosionada y detallada de la mejor solución seleccionada.

### 3.7 MODELOS GEOMÉTRICOS Y CONDICIONES DE BORDE DE LA SOLUCIÓN

Se muestran las fuerzas que actúan sobre los ganchos del parante en la primera posición crítica, las cuales son generadas por el dispositivo de elevación. (Pineda, 2016)

$$F1 = 980 \text{ N}$$

$$F2 = 3277 \text{ N}$$

$$F3 = 2950 \text{ N}$$

$$F4 = -3277 \text{ N}$$

$$F5 = -2950 \text{ N}$$

Las fuerzas se encuentran aplicadas en los ganchos de soporte en donde se ubica la grúa de elevación (Figura 3.16).

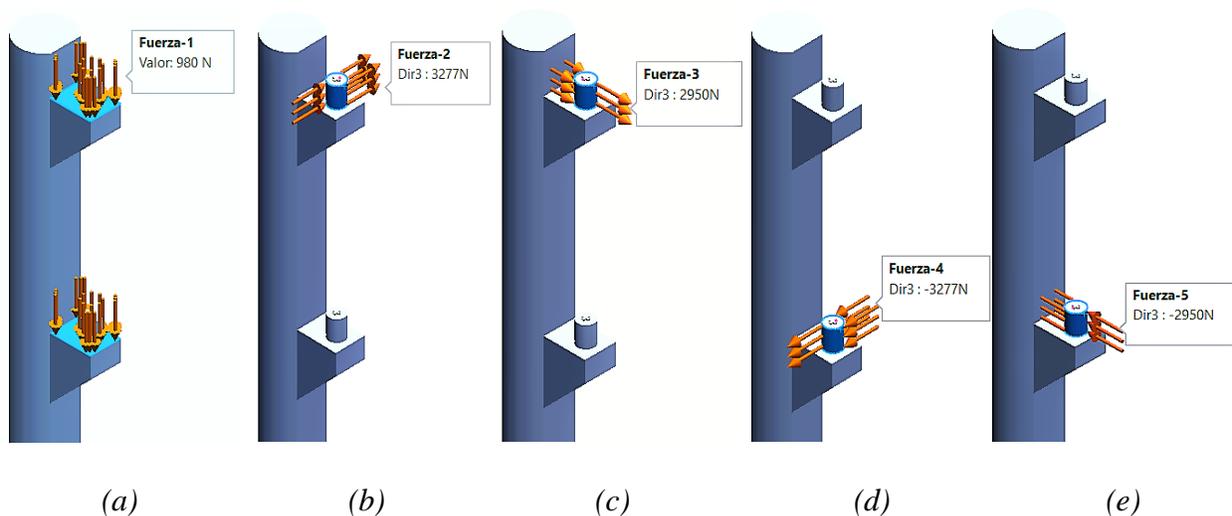
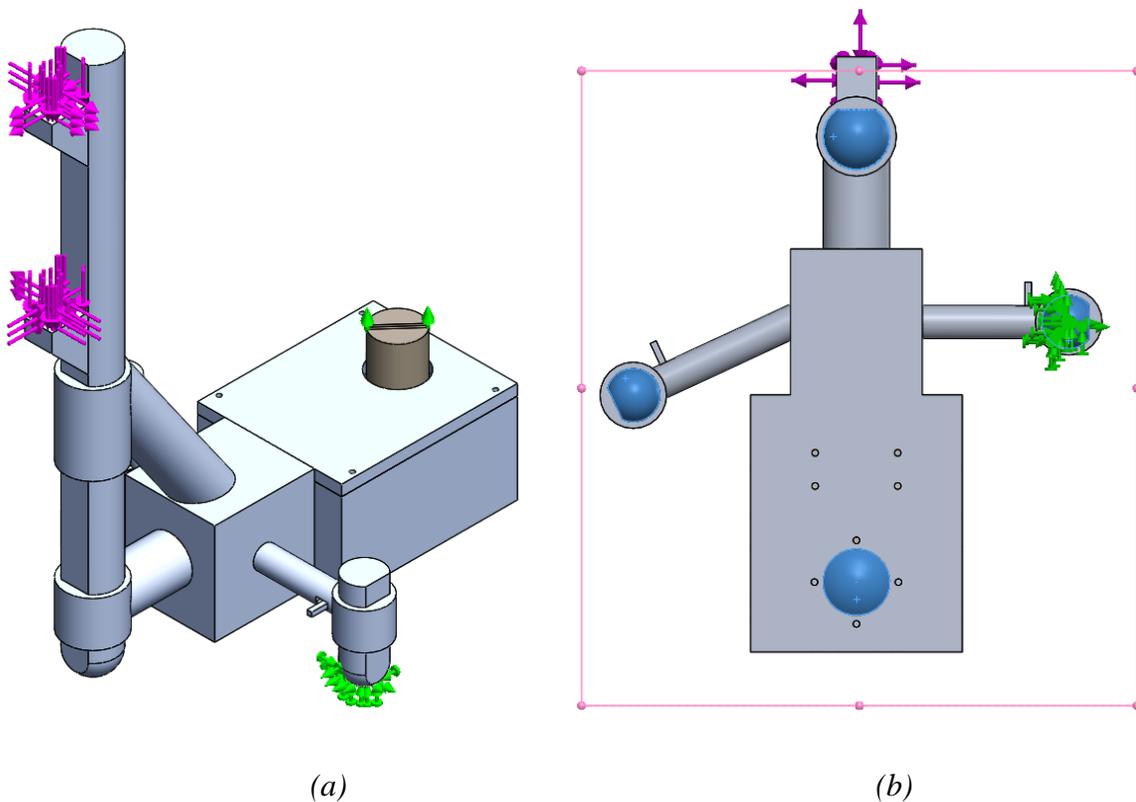


Figura 3.16. Condiciones de borde del parante en la primera posición crítica, (a)  $F1$ , (b)  $F2$ , (c)  $F3$ , (d)  $F4$ , (e)  $F5$

Los apoyos se vinculan por medio de un empotramiento en una de las patas, dependiendo de la posición crítica a analizar. En la primera posición crítica la base tiene que soportar el máximo momento producido por la grúa de elevación en donde ésta se encuentra totalmente extendida hacia la silla de ruedas. Las fuerzas se colocan en los ganchos de soporte localizados en el parante como se muestra en la figura 3.17.

Para las condiciones de borde de la base portátil se empotró el extremo del apoyo derecho ya que, según la cinemática del dispositivo no existen desplazamientos horizontales debido a la fricción y esta condición de borde cumple con este parámetro, este apoyo soportará y brindará estabilidad a la base al producirse el mayor momento que genere el dispositivo de elevación, se colocó un empotramiento de rodillo sobre la gata para simular el contrapeso que el automóvil generará, la sujeción de la gata y la tapa con la base está dada por pernos y tornillos respectivamente; el punto de apoyo de la estructura, de la pata izquierda y del parante se encuentran simplemente como puntos de apoyo sobre una pared virtual que simula el suelo sobre el que se coloca el dispositivo.



*Figura 3.17. Vistas del modelo geométrico de la primera posición crítica, (a) Vista isométrica, (b) Vista inferior donde se muestra la pared virtual*

Se muestran las fuerzas que actúan sobre los ganchos del parante en la segunda posición crítica, las cuales son generadas por el dispositivo de elevación. (Pineda, 2016)

$$F1 = 980 \text{ N}$$

$$F2 = -1470 \text{ N}$$

$$F3 = 2548 \text{ N}$$

$$F4 = 1470 \text{ N}$$

$$F5 = -2548 \text{ N}$$

Las fuerzas se encuentran aplicadas en los ganchos de soporte en donde se ubica la grúa de elevación (Figura 3.18).

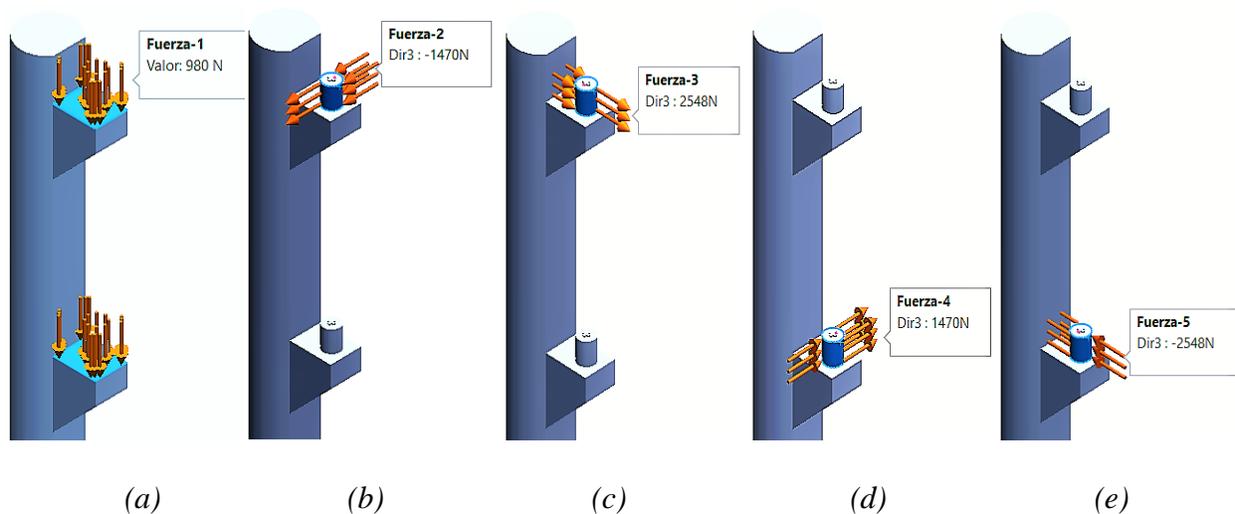
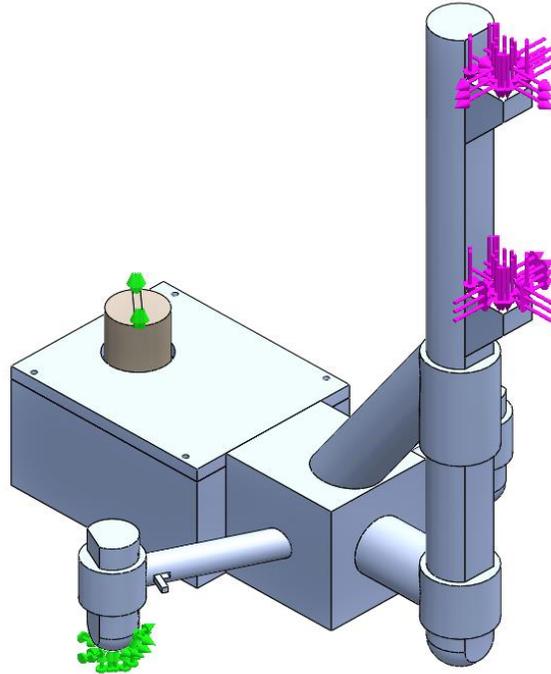


Figura 3.18. Condiciones de borde del parante en la segunda posición crítica, (a) F1, (b) F2, (c) F3, (d) F4, (e) F5

En la segunda posición crítica la base tiene que soportar el máximo momento producido por la grúa de elevación. En dicha posición la grúa está paralela al chasis del vehículo cuando el usuario se encuentra dentro de este. Las fuerzas se colocan en los ganchos de soporte localizados en el parante. (figura 3.19)

De igual manera, para las condiciones de borde de la base portátil se empotró el extremo del apoyo izquierdo, el mismo que soportará y brindará estabilidad a la base al producirse el

mayor momento que genere el dispositivo de elevación cuando el usuario se encuentre dentro del vehículo, un empotramiento de rodillo sobre la gata para simular el contrapeso que el automóvil generará y el punto de apoyo de la estructura principal, de la pata derecha y del parante se encuentran simplemente como puntos de apoyo sobre una pared virtual.



*Figura 3.19. Modelo geométrico y condiciones de borde de la base portátil en la segunda posición crítica.*

### **3.8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN**

Se realiza la simulación de la base portátil para determinar 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, además de mostrar escalas con valores y colores para identificar el o los puntos en donde el dispositivo fallará. Con una confianza promedio en todos los datos del diseño, el factor de seguridad puede ser de 2 a 5. (Mott, 2006). El límite máximo de desplazamiento admisible de la base en los requerimientos de diseño es de seis milímetros, y esto influye en la confianza del usuario al momento de usar el dispositivo.

El material utilizado para toda la base en la simulación es el aluminio denominado Produx®, también se considera como parte de estudio a la carcasa de la gata la cual es de acero AISI 4340 normalizado, las sujeciones tanto de la tapa como de la gata con la base están dadas por pernos que tienen una precarga establecida por cálculos, los resortes de los seguros de cada pata no están tomados en cuenta en la simulación debido a que se colocaron contactos entre dichos pasadores y los cilindros dentados.

### 3.9 MÁXIMO ESFUERZO

Como se muestra en la figura 3.20 el máximo esfuerzo de la base portátil se encuentra ubicado entre el anillo de la pata derecha y el cilindro dentado deslizante. Este esfuerzo se produce en esta zona debido a que en la primera posición crítica la grúa se encuentra totalmente extendida en dirección a la silla de ruedas para levantar al usuario. El esfuerzo máximo en este punto es de 120 MPa y con esto podemos concluir que es menor al esfuerzo admisible y está dentro de los límites.

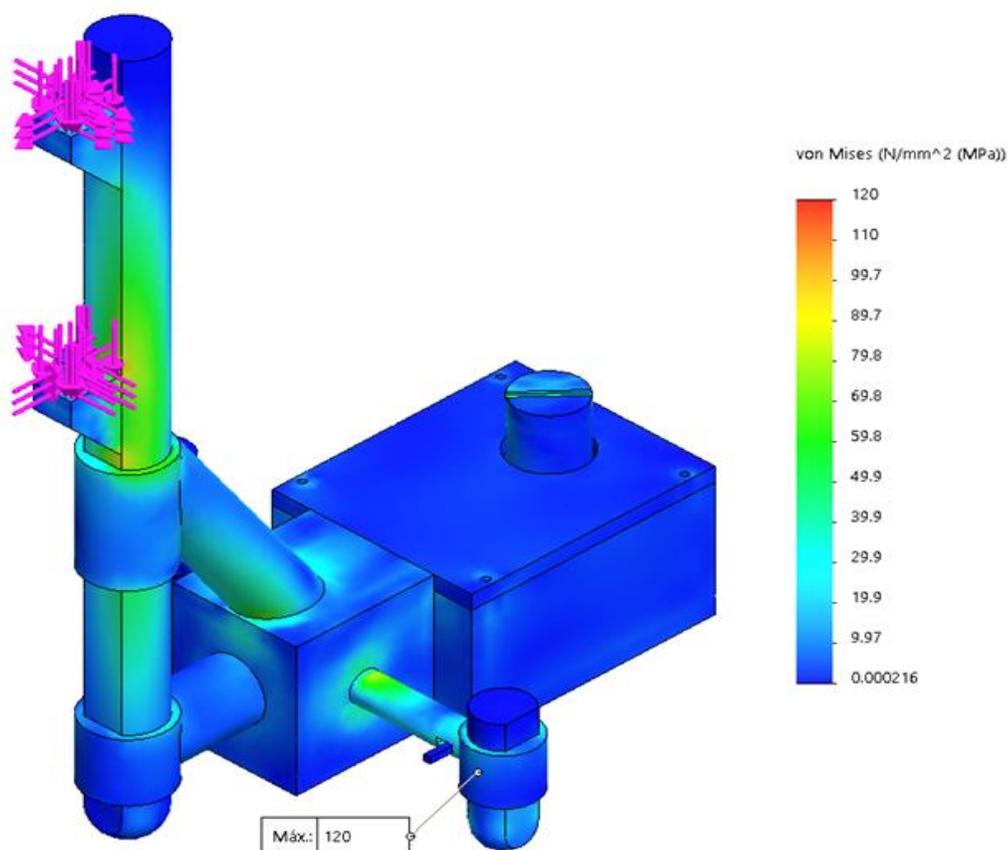


Figura 3.20. Máximo esfuerzo en la base portátil.

Así mismo, el parante está sometido a una tensión máxima de 101 MPa, que es menor a la que estaba sometido en primer prototipo, brindando al usuario una mayor confianza al momento de realizar los movimientos de traslado desde su silla de ruedas hasta el vehículo. (figura 3.21)

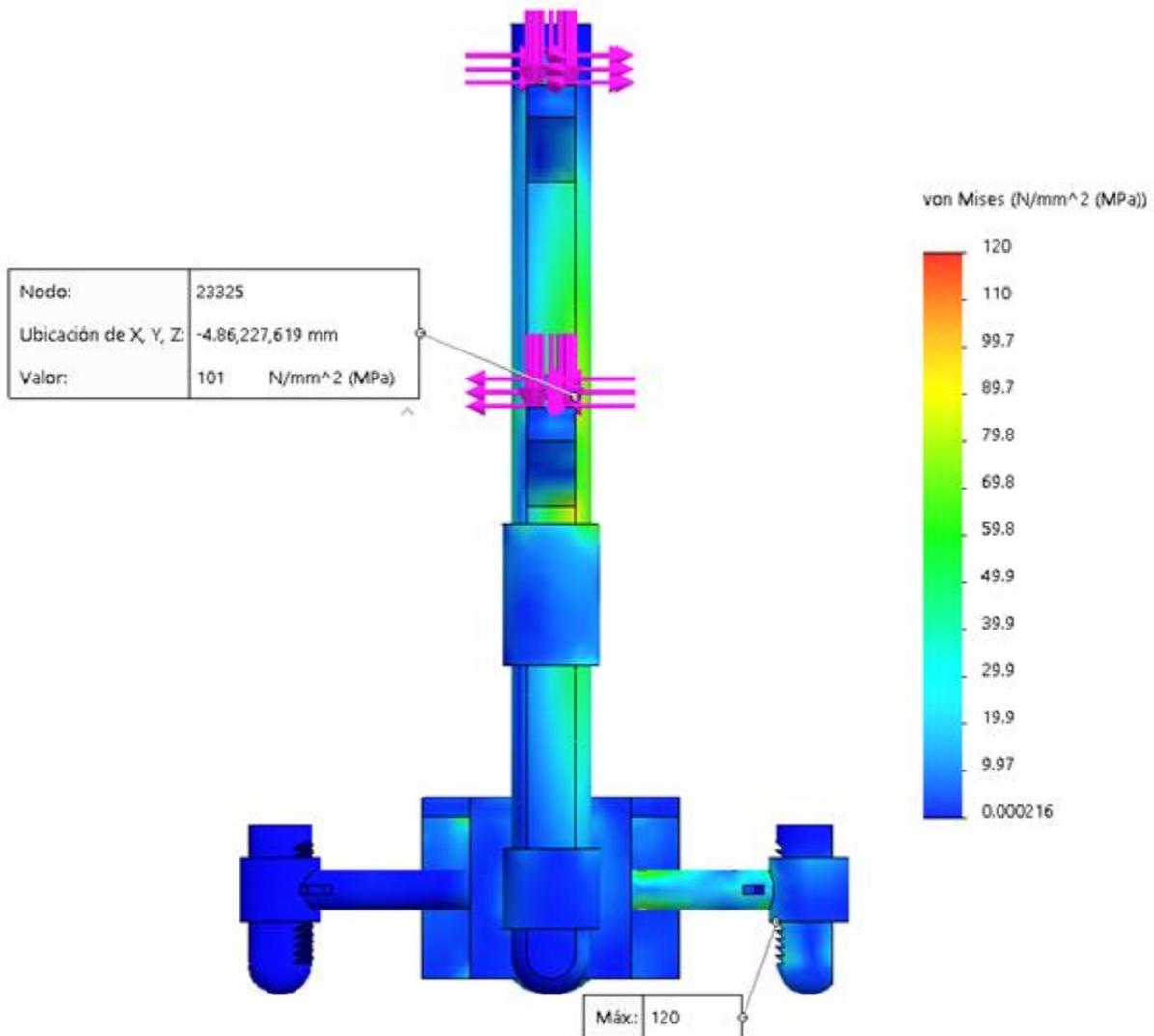


Figura 3.21. Distribución del máximo esfuerzo en la base portátil en el parante.

### 3.10 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad considera las diferentes resistencias de los materiales empleados con sus esfuerzos máximos admisibles por lo que se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 4,2 en la primera posición crítica analizada, este se produce entre el anillo de la pata derecha y el cilindro dentado deslizante, en el mismo lugar donde se encuentra la tensión máxima. (figura 3.22)

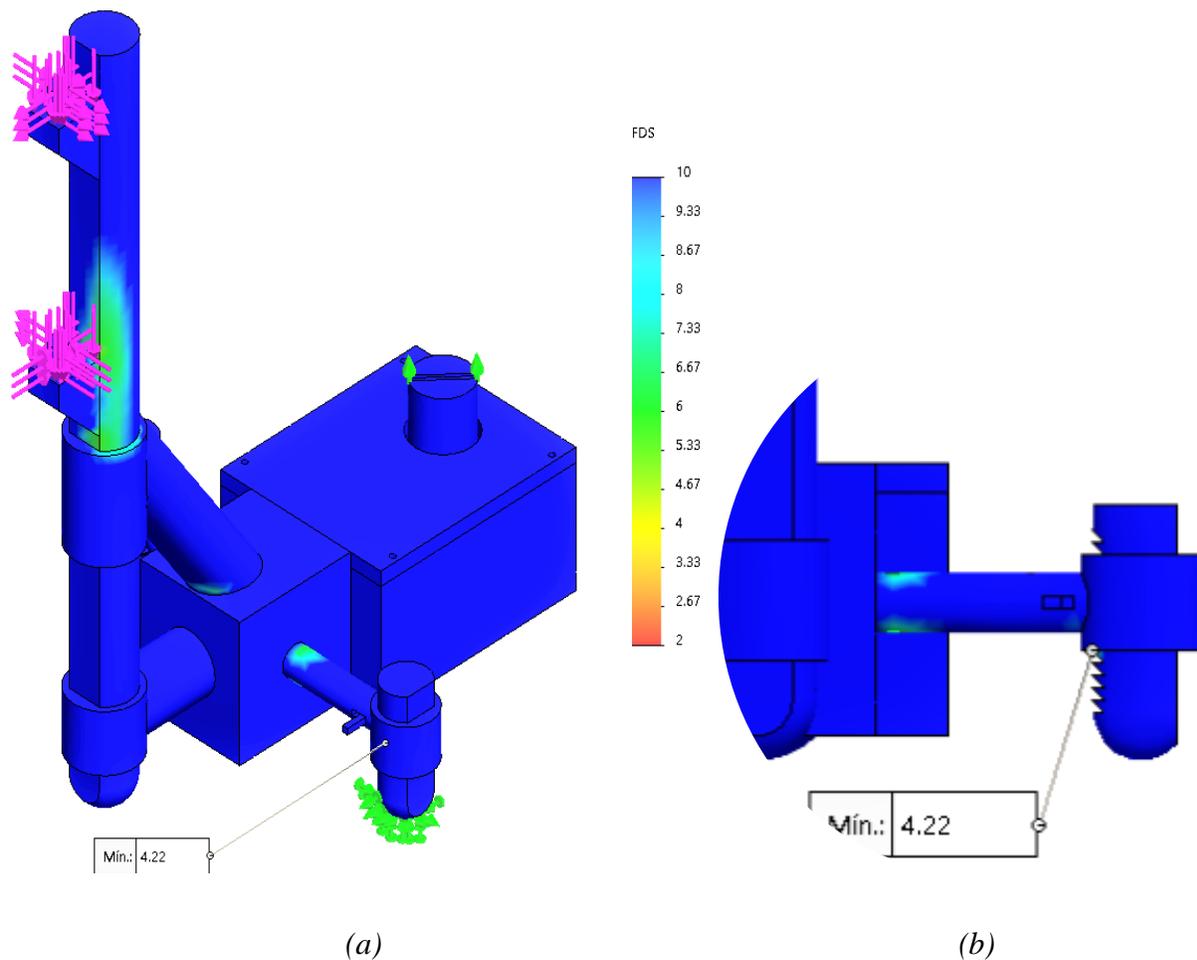


Figura 3.22. Distribución del factor de seguridad mínimo de la base portátil, (a) Vista isométrica de la base y su factor de seguridad, (b) Detalle de ubicación del factor de seguridad mínimo.

### 3.11 DESPLAZAMIENTO

En la figura 3.23 se puede observar que de acuerdo a la simulación se obtuvo un desplazamiento máximo de 5,32 mm, indicando el punto crítico que se encuentra en el parante donde se engancha la grúa de elevación, cumpliendo así con el requerimiento anteriormente mencionado en el que no debía superarse un desplazamiento de 6 mm.

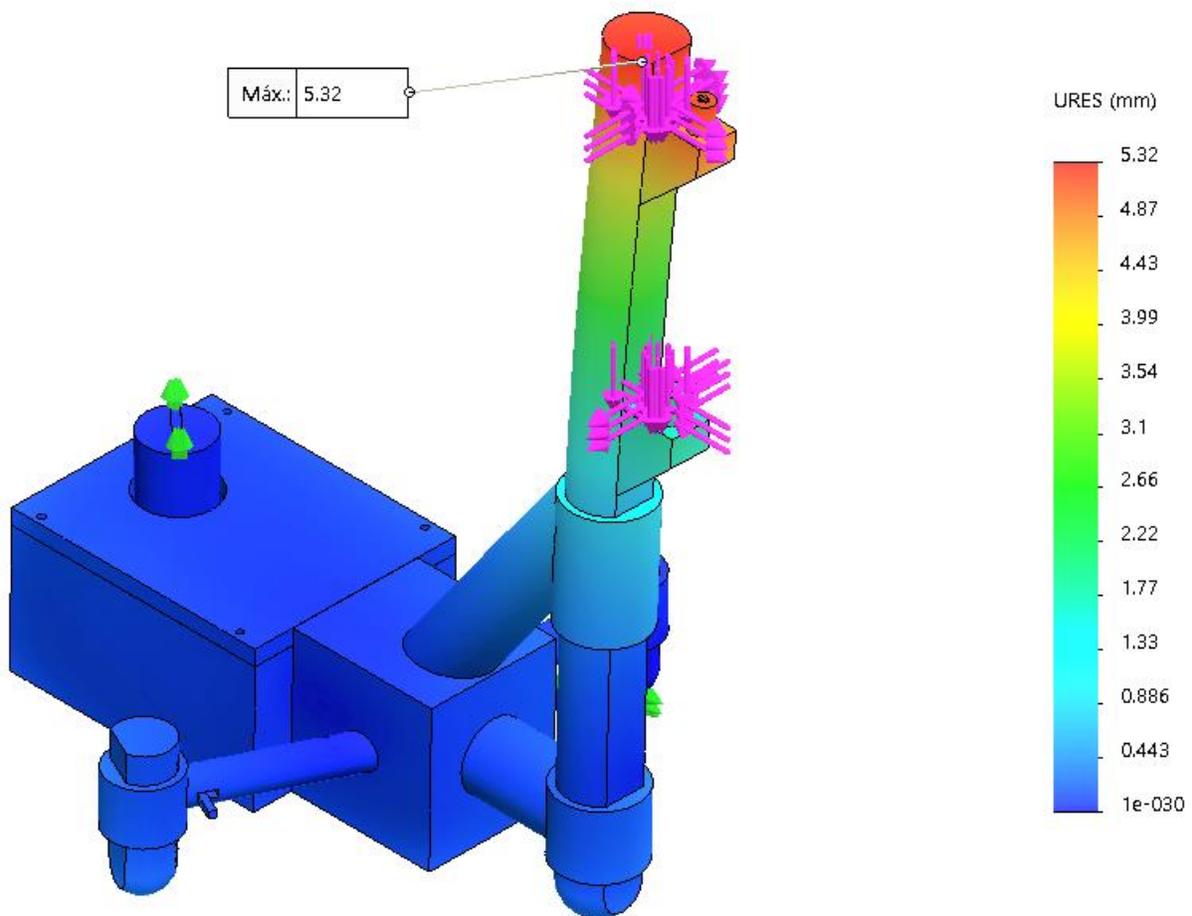


Figura 3.23. Desplazamiento máximo de la base portátil.

## 3.12 SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

### 3.12.1 SELECCIÓN DE LA GATA

En el primer prototipo se utiliza una gata mecánica para engancharse al vehículo y así generar el contrapeso, aparte utiliza un motor eléctrico que acciona el tornillo sin fin de la gata y de esta manera lograr el movimiento vertical, este proceso se tornaba lento debido a la capacidad del motor y al recorrido que tenía el cilindro de la gata.

En el nuevo diseño se buscó optimizar el tiempo de enganche y el peso de la gata, por lo que se seleccionó entre las distintas opciones que se encuentran en el mercado de dispositivos automotrices destinados a la elevación del automóvil (figura 3.24), una gata eléctrica hidráulica que cuenta con cilindros impulsados por presión de fluido, a partir de un motor eléctrico encargado de poner en funcionamiento la bomba de presión.



*Figura 3.24. Gata eléctrica hidráulica disponible en mercado de repuestos automotrices.*

### 3.12.2 DISEÑO DEL CONTROL

Debido a que la gata está diseñada para levantar por completo la llanta de auto, se utilizó una celda de carga la cual realiza la función de censar el peso del vehículo y por medio de una placa arduino recibir la señal que esta envía y convertirla en un indicador para saber cuándo el automóvil ya generó el contrapeso necesario para que el dispositivo de elevación cumpla su función.

El accionamiento de la gata eléctrica hidráulica se logra mediante un mando manual con interruptores para controlar los movimientos verticales tanto de la grúa como de la gata, de igual manera los indicadores que muestran que el dispositivo de elevación puede ser ensamblado sin lugar a contratiempos, se encuentran en el mismo control de mano (figura 3.25); el fácil manejo del mando y los usuarios para quienes se diseñó el dispositivo, impulsaron a tomar la decisión de darle al mismo paciente la capacidad de, por su propia comodidad, elevar o descender los actuadores sin depender de dispositivos externos como dispositivos celulares o tablets, que pueden en diversas circunstancias convertirse en variables ausentes.



*Figura 3.25. Control manual de ascenso y descenso de actuadores de la base portátil e indicadores de puesta en marcha y parada de los motores.*

### **3.13 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PORTATIL**

Al término de las simulaciones y una vez logrado en modelo geométrico estable y que cumple con las restricciones y parámetros de diseño, se procedió a la construcción del dispositivo, la cual, debido a las diferentes piezas de ensamblaje diseñadas, diferentes diámetros y dimensiones y complejidad de construcción, se requirió de equipo especializado y preciso a la hora de cortar y definir las piezas. Industrias Macusa® fue la encargada de la construcción y montaje de la base portátil, esta empresa cuenta con maquinaria CNC que ayuda a lograr un trabajo de precisión y expertos en materia de soldadura TIC, que fue la necesaria para unir cada pieza y obtener al final una estructura sólida y de gran fiabilidad.

En la imagen 3.26 se puede apreciar el material en bruto adquirido en la ciudad de Quito por una importadora de materiales de construcción de maquinaria llamada HGB®, para después proceder a la definición de cada pieza y ensamble completo. (figuras 3.27-3.30)



*Figura 3.26. Material Prodax® en plancha y barras listo para ser maquinado.*



*Figura 3.27. Cilindros dentados con punta redondeada acabados después de ser maquinados y moldeados.*



*Figura 3.28. Seguro y resorte de presión encargado de retener a los cilindros dentados en la posición deseada prohibiendo el movimiento vertical de los mismos.*



*Figura 3.29. Base portátil desmontada en todas sus piezas removibles.*



*Figura 3.30. Base portátil terminada y ensamblada en el taller de construcción.*

Construido el dispositivo, se obtienen los pesos reales tanto de cada pieza como el conjunto ensamblado, a continuación, se detallan los pesos mencionados.

*Tabla 3.10. peso individual y en conjunto de la base portátil.*

<b>Detalle</b>	<b>Peso</b>
<b>Estructura principal</b>	6 kg
<b>Parante</b>	2,5 kg
<b>Cilindros dentados (x2)</b>	0,065 kg
<b>Pasadores (x2)</b>	0,435 kg
<b>Gata eléctrica hidráulica</b>	4,5 kg
<b>TOTAL</b>	13,5 kg

### 3.14 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

A continuación, se detallan los costos efectuados a lo largo del proceso de investigación, adquisición de materiales tanto electrónicos como de construcción, manufactura del dispositivo y acabado del mismo.

*Tabla 3.11 Costos directos de fabricación.*

Detalle	Costos
Actuador	\$ 100
Materiales	\$ 450
Mano de Obra	\$ 900
Insumos Eléctricos	\$ 50
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1500</b>

*Tabla 3.12. Costos indirectos de fabricación*

Detalle	Costos
Material de oficina	\$ 20
Internet	\$ 20
Transporte	\$ 20
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 60</b>

#### 3.14.1 COSTO TOTAL

Cómo se puede apreciar en la tabla 3.12 el valor total de la base no supera los 1740 dólares que fueron invertidos en el primer prototipo.

*Tabla 3.13. Costo Total.*

Detalle	Costos
Costos directos	\$ 1500
Costos indirectos	\$ 60
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1560</b>

### 3.15 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La base portátil en este nuevo rediseño, ha cumplido con todos los objetivos planteados desde un inicio, después de atravesar todo un proceso de reelección de materiales, diseño de un nuevo modelo geométrico construcción y ensamblaje, finalmente se afirma que los resultados son satisfactorios.

El nuevo material seleccionado (Prodax®), cumple con las características mecánicas para soportar los momentos generados al realizarla acción de trasladar a una persona desde su silla de ruedas hasta el asiento del automóvil, además de disminuir el peso considerablemente por tratarse de un aluminio, que es tres veces menos denso que el acero. Como se puede comprobar en la tabla 3.10, el peso total de la base es de 13.5 kg, eso quiere decir que se ha disminuido el peso 8.5 kg ya que, la base anterior tenía un peso completo de 22 kg, un punto importante a considerar es que el usuario no levantará el peso total de la base, debido a que es desarmable. La estructura principal en conjunto con la gata eléctrica hidráulica del nuevo dispositivo, que es la parte que el usuario soportará como máximo, tiene un peso de 10,5 kg, frente a los 16 kg que pesa el bastidor del primer prototipo.

El diseño geométrico actual cumple con uno de los principales objetivos, es decir, es capaz de mantener horizontal a la estructura principal y por consiguiente a la gata con el chasis del auto y el parante totalmente vertical, sin importar los desniveles que puedan existir entre sus puntos de apoyo, esto gracias a los cilindros dentados que posee en cada pata para poder regular la altura de su posición. Por lo tanto, se puede acoplar al dispositivo de elevación, el cual fue diseñado para usarse en un parante vertical.

Las tensiones máximas generadas en el nuevo diseño son menores que en el primer prototipo, por ejemplo, en un inicio se tenía 115 MPa como máxima tensión en el parante, actualmente existe una tensión de 100 MPa en esta misma pieza; en consecuencia, el factor de seguridad mínimo paso de ser 2.2 a 4.2, lo que lo hace mucho más fiable a la hora de realizar su propósito y le da más seguridad al usuario de usarlo sin riesgo de fallo.

La facilidad de uso del dispositivo agrega una ventaja importante al trabajo realizado, ya que se debe tomar en cuenta que las personas que asisten a los usuarios la mayoría de ocasiones son parte de la familia y muchas veces de avanzada edad, por lo que el diseño de la base permite una ágil maniobrabilidad para cualquier persona que necesite usarla.

### 3.16 VALIDACIÓN DEL DISPOSITIVO

Con el dispositivo correctamente ensamblado se procede a enganchar el arnés al usuario, se realizaron pruebas con diferentes personas y sobre superficies irregulares, en donde se demostró que la base portátil para un dispositivo para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles cumple con su función satisfactoriamente sin problema alguno, como se muestra en las figuras 3.31-3.37.



*Figura 3.31. Base portátil ubicada en el vehículo correctamente.*



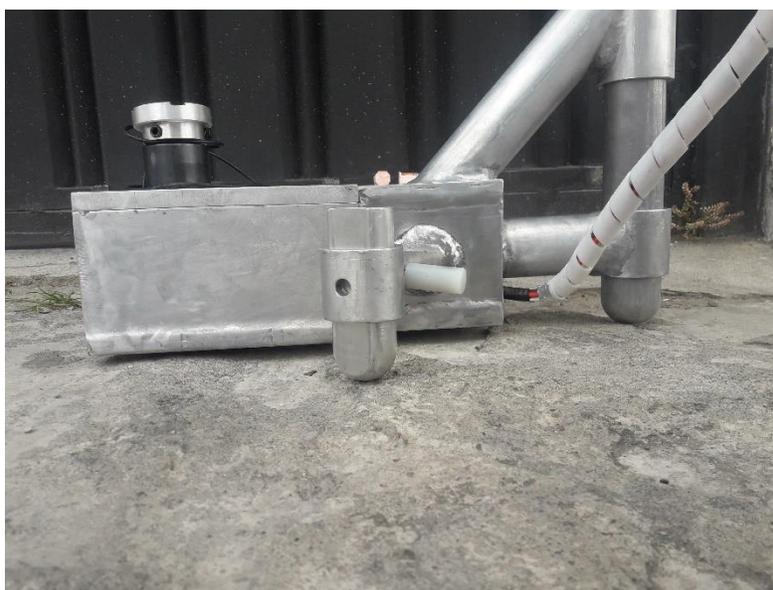
*Figura 3.32. Base portátil ajustada al suelo correctamente, sobre adoquinado.*



(a)

(b)

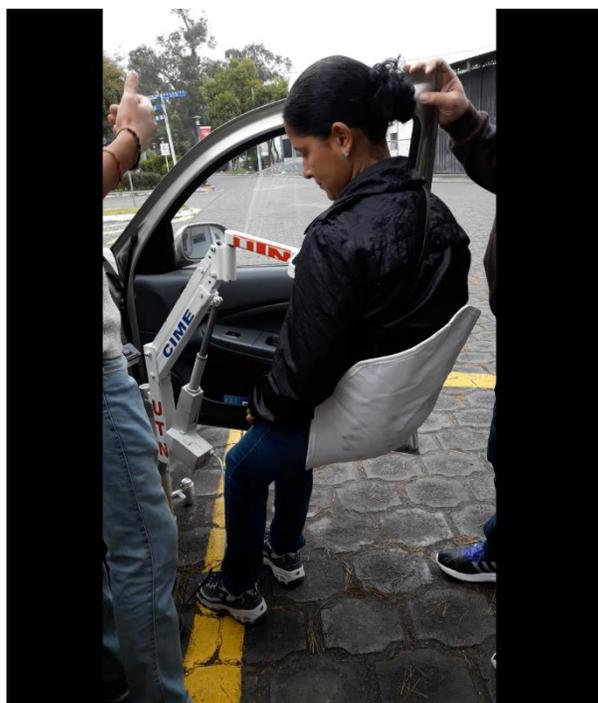
*Figura 3.33. Base portátil sobre superficie irregular, (a) se muestra los tres puntos de apoyo de la base a tres diferentes alturas como se puede identificar en los dientes de los cilindros y al observar el terreno, (b) niveles corroboran que a pesar de la diferencia de alturas en los puntos de apoyo la base se mantiene horizontal, cumpliendo con los requisitos de diseño.*



*Figura 3.34. La irregularidad de la superficie no afecta la posición horizontal del dispositivo.*



*Figura 3.35. Persona 1 con arnés enganchado al dispositivo de traslado.*



*Figura 3.36. Persona 2 con arnés enganchado al dispositivo de traslado.*



*Figura 3.37. Persona 3 con arnés enganchado al dispositivo de traslado.*



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Se realizó el rediseño y la construcción de una base portátil mejorada para un dispositivo para el traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles que cumpla con los requerimientos de diseño de estabilidad y funcionalidad.
- La cinemática de la base portátil es apropiada tanto para su portabilidad como para un correcto desempeño en los vehículos tipo sedán.
- Una vez construido el nuevo prototipo de la base, se determinó que la maniobrabilidad del dispositivo ha mejorado, debido a la disminución de su peso.
- Gracias a sus nuevos apoyos con cilindros dentados deslizantes, se logró utilizar la base sobre superficies irregulares y manteniendo la estructura de la base paralela al chasis del vehículo.
- Se seleccionó como material de fabricación para la base portátil el PRODAX, que es un aluminio que pasa por procesos térmicos para lograr mejor resistencia a la tracción y compresión, además es tres veces menos denso que el acero, que lo vuelve más liviano y a su vez hace más fácil su maquinado, cumpliendo con los requisitos para la construcción de la base.
- Utilizando la herramienta computacional basada en el Método de Elementos Finitos (SolidWorks), se obtuvo a partir del modelo analizado las máximas concentraciones de esfuerzos producidas en la base portátil, probando las dos posiciones críticas de la grúa de elevación, de lo cual se obtuvo que en ninguno de los casos el material supera su límite elástico, por lo tanto, el diseño presenta un óptimo desempeño para las condiciones de cargas establecidas.
- El dispositivo presenta alta estabilidad y soporte ya que al sujetarse bajo el chasis del vehículo se consigue la fuerza necesaria para contrarrestar los momentos producidos por la grúa de elevación siendo el sistema confiable para el usuario.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar un giroscopio electrónico para determinar la estabilidad de la base portátil con respecto al chasis del vehículo.
- El uso de un sistema de auto posicionamiento, sería de gran ayuda para la persona que asiste al usuario, evitando así agacharse para colocar la base portátil bajo el automóvil.
- En futuros trabajos, se podría estandarizar el modelo geométrico a todos los tipos de vehículos y no solamente para los autos tipo sedán.

## REFERENCIAS

Autochair. (2013). *USA Patente n° 18643-2694*.

*Conceptos básicos de Neumática e Hidráulica*. (2017). Obtenido de [http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica4.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica4.htm)

Conterón, R. (2016). *Base portátil para grúa de traslado de personas con discapacidad motriz entre silla de ruedas y automóvil*. Ibarra.

Germán Corona Ramírez, A. J. (2014). *Celdas de carga*.

Grupo IPC. (2018). *Celdas de Carga*. Obtenido de <http://www.ipc.com.mx/pi-celdas-de-carga-sensores-de-peso.html>

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

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

Ltd, A. (2013). *USA Patente n° 18643-2694*.

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de maquinas*. Mexico: Pearson Education.

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

Pineda, D. (2016). *Diseño y construcción de un dispositivo portátil para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles*. Ibarra.

Vélez, C. (16 de Febrero de 2012). *Control*. Obtenido de <http://guinea-edeso.blogspot.com/2012/02/ejemplos-de-control-en-lazo-cerrado.html>

## ANEXOS

Duraluminio para moldes plásticos

DURALUMINIO

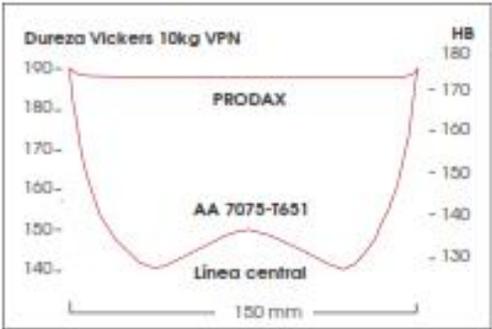
## ► Cód. IBCA: PRODAX

Información general	Propiedades																																								
<p>Prodax es una aleación de aluminio de alta resistencia, laminado en caliente, que se entrega en barras redondas y placas, tratadas térmicamente. Las mismas son sometidas a una operación especial de estiramiento en frío para el máximo alivio de tensiones. Dado su alta resistencia y buena estabilidad, Prodax se ha convertido en un material ampliamente utilizado en la industria de moldes y matrices. Condición de entrega: Tratado térmicamente a 140 - 180 Brinell.</p> <p>Prodax posee las siguientes características, que lo hacen apropiado para distintos tipos de herramientas, especialmente moldes para plásticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Excelente mecanizado</b> Altas velocidades de corte, tiempos de mecanizado reducidos, menos costo de herramienta, entregas más rápidas.</li> <li>• <b>Bajo Peso</b> Su bajo peso (aproximadamente la tercera parte del peso del acero), hace el manejo del herramienta más fácil y sencillo. Su baja inercia hace posible acelerar el tiempo de cierre y apertura de los moldes.</li> <li>• <b>Alta Conductividad térmica</b> Se reduce el tiempo de los ciclos y se pueden utilizar sistemas de enfriamiento menos complicados.</li> <li>• <b>Buena estabilidad</b> La operación especial de alivio de tensiones garantiza una deformación mínima durante y luego del mecanizado.</li> <li>• <b>Buena resistencia a la corrosión</b> Buena resistencia contra ataques corrosivos en los plásticos habitualmente usados.</li> <li>• <b>Apropiado para tratamientos superficiales</b> Prodax es adecuado para realizar anodizado duro, cromado duro o níquelado, para incrementar su dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la corrosión.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Propiedades Físicas</b></p> <p>Valores a temperatura ambiente, salvo donde se indique específicamente lo contrario.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td><b>Densidad</b> kg/m<sup>3</sup> lbs/pulg<sup>3</sup></td> <td>2830 0.102</td> </tr> <tr> <td><b>Módulo de elasticidad</b> N/mm<sup>2</sup> PSI</td> <td>71 500 10,3 x 10<sup>5</sup></td> </tr> <tr> <td><b>Coefficiente de expansión térmica</b> por °C de 20 °C a 100 °C por °F (68 - 212 °F)</td> <td>23 x 10<sup>-6</sup> 12,8 x 10<sup>-6</sup></td> </tr> <tr> <td><b>Conductividad térmica</b> W/m °C Btu pulg/pie °F</td> <td>165 1 144</td> </tr> <tr> <td><b>Calor específico</b> J/Kg °C Btu/lb °F</td> <td>890 0.20</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Propiedades Mecánicas</b></p> <p><b>Resistencia a la tracción a temperatura ambiente</b></p> <p>Los valores de resistencia a la tracción, que por motivos prácticos se pueden comparar con los valores de resistencia a la compresión, deben tomarse como típicos.</p> <p>Valores a temperatura ambiente para distintos espesores de placa.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Placas (espesor) mm</th> <th>Resistencia a la tracción N/mm<sup>2</sup></th> <th>Límite de fluencia N/mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt;10 - 50</td> <td>590</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>&gt;50 - 100</td> <td>570</td> <td>520</td> </tr> <tr> <td>&gt;100 - 150</td> <td>550</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>&gt;150 - 200</td> <td>535</td> <td>485</td> </tr> <tr> <td>&gt;200 - 300</td> <td>430</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td><b>barras redondas (diámetro) mm</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>680</td> <td>630</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>680</td> <td>620</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>670</td> <td>610</td> </tr> </tbody> </table> <p>Debe hacerse notar que las placas han sido testeadas transversalmente, mientras que las barras redondas lo han sido en forma longitudinal.</p>	<b>Densidad</b> kg/m <sup>3</sup> lbs/pulg <sup>3</sup>	2830 0.102	<b>Módulo de elasticidad</b> N/mm <sup>2</sup> PSI	71 500 10,3 x 10 <sup>5</sup>	<b>Coefficiente de expansión térmica</b> por °C de 20 °C a 100 °C por °F (68 - 212 °F)	23 x 10 <sup>-6</sup> 12,8 x 10 <sup>-6</sup>	<b>Conductividad térmica</b> W/m °C Btu pulg/pie °F	165 1 144	<b>Calor específico</b> J/Kg °C Btu/lb °F	890 0.20	Placas (espesor) mm	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>	>10 - 50	590	550	>50 - 100	570	520	>100 - 150	550	500	>150 - 200	535	485	>200 - 300	430	365	<b>barras redondas (diámetro) mm</b>			40	680	630	100	680	620	200	670	610
<b>Densidad</b> kg/m <sup>3</sup> lbs/pulg <sup>3</sup>	2830 0.102																																								
<b>Módulo de elasticidad</b> N/mm <sup>2</sup> PSI	71 500 10,3 x 10 <sup>5</sup>																																								
<b>Coefficiente de expansión térmica</b> por °C de 20 °C a 100 °C por °F (68 - 212 °F)	23 x 10 <sup>-6</sup> 12,8 x 10 <sup>-6</sup>																																								
<b>Conductividad térmica</b> W/m °C Btu pulg/pie °F	165 1 144																																								
<b>Calor específico</b> J/Kg °C Btu/lb °F	890 0.20																																								
Placas (espesor) mm	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>																																							
>10 - 50	590	550																																							
>50 - 100	570	520																																							
>100 - 150	550	500																																							
>150 - 200	535	485																																							
>200 - 300	430	365																																							
<b>barras redondas (diámetro) mm</b>																																									
40	680	630																																							
100	680	620																																							
200	670	610																																							
Áreas de aplicación	<p>Las propiedades y características que ofrece Prodax lo hacen un material ideal para prototipos y para el moldeado de series cortas o medianas que estén expuestas a presiones altas o plásticos abrasivos. La considerable reducción en los tiempos de preparación de un molde, el menor costo de herramienta y los ciclos más cortos, significan valiosos ahorros tanto para el fabricante del molde, como para el usuario final, cuando se utiliza Prodax.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Áreas de aplicación</th> <th>Prototipos</th> <th>Series cortas</th> <th>Series Medianas</th> <th>Series Largas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moldes de soplado</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Formado al vacío</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Moldeado de espuma</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>(x)</td> </tr> <tr> <td>Moldes</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>(x)</td> </tr> <tr> <td>Moldes de inyección de termoplásticos</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>(x)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Moldeado de goma</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Placas contenedoras y de apoyo, guías y sujetadores</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Áreas de aplicación	Prototipos	Series cortas	Series Medianas	Series Largas	Moldes de soplado	x	x	x	x	Formado al vacío	x	x	x	x	Moldeado de espuma	x	x	x	(x)	Moldes	x	x	x	(x)	Moldes de inyección de termoplásticos	x	x	(x)		Moldeado de goma	x	x			Placas contenedoras y de apoyo, guías y sujetadores				
Áreas de aplicación	Prototipos	Series cortas	Series Medianas	Series Largas																																					
Moldes de soplado	x	x	x	x																																					
Formado al vacío	x	x	x	x																																					
Moldeado de espuma	x	x	x	(x)																																					
Moldes	x	x	x	(x)																																					
Moldes de inyección de termoplásticos	x	x	(x)																																						
Moldeado de goma	x	x																																							
Placas contenedoras y de apoyo, guías y sujetadores																																									

## ► Cód. IBCA: PRODAX

Información general	Propiedades																																								
<p>Prodax es una aleación de aluminio de alta resistencia, laminado en caliente, que se entrega en barras redondas y placas, tratadas térmicamente. Las mismas son sometidas a una operación especial de estramiento en frío para el máximo alivio de tensiones. Dado su alta resistencia y buena estabilidad, Prodax se ha convertido en un material ampliamente utilizado en la industria de moldes y matrices. Condición de entrega: Tratado térmicamente a 145 - 180 Brinell.</p> <p>Prodax posee las siguientes características, que lo hacen apropiado para distintos tipos de herramientas, especialmente moldes para plásticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Excelente mecanizado</b> Altas velocidades de corte, tiempos de mecanizado reducidos, menos costo de herramienta, entregas más rápidas.</li> <li>• <b>Bajo Peso</b> Su bajo peso (aproximadamente la tercera parte del peso del acero), hace el manejo del herramienta más fácil y sencillo. Su baja inercia hace posible acelerar el tiempo de cierre y apertura de los moldes.</li> <li>• <b>Alta Conductividad térmica</b> Se reduce el tiempo de los ciclos y se pueden utilizar sistemas de enfriamiento menos complicados.</li> <li>• <b>Buena estabilidad</b> La operación especial de alivio de tensiones garantiza una deformación mínima durante y luego del mecanizado.</li> <li>• <b>Buena resistencia a la corrosión</b> Buena resistencia contra ataques corrosivos en los plásticos habitualmente usados.</li> <li>• <b>Apropiado para tratamientos superficiales</b> Prodax es adecuado para realizar anodizado duro, cromado duro o niquelado, para incrementar su dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la corrosión.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Propiedades Físicas</b></p> <p>Valores a temperatura ambiente, salvo donde se indique específicamente lo contrario.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td><b>Densidad</b> kg/m<sup>3</sup> lbs/pulg<sup>3</sup></td> <td>2830 0.102</td> </tr> <tr> <td><b>Módulo de elasticidad</b> N/mm<sup>2</sup> PSI</td> <td>71 500 10.3 x 10<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td><b>Coefficiente de expansión térmica</b> por °C de 20 °C a 100 °C por °F (68 - 212 °F)</td> <td>23 x 10<sup>-6</sup> 12.8 x 10<sup>-6</sup></td> </tr> <tr> <td><b>Conductividad térmica</b> W/m °C Btu pulg/pie °F</td> <td>165 1 144</td> </tr> <tr> <td><b>Calor específico</b> J/Kg °C Btu/lb °F</td> <td>890 0.20</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Propiedades Mecánicas</b></p> <p><b>Resistencia a la tracción a temperatura ambiente</b></p> <p>Los valores de resistencia a la tracción, que por motivos prácticos se pueden comparar con los valores de resistencia a la compresión, deben tomarse como típicos.</p> <p>Valores a temperatura ambiente para distintos espesores de placa.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Placas (espesor) mm</th> <th>Resistencia a la tracción N/mm<sup>2</sup></th> <th>Límite de fluencia N/mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt;10 - 50</td> <td>500</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>&gt;50 - 100</td> <td>570</td> <td>520</td> </tr> <tr> <td>&gt;100 - 150</td> <td>550</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>&gt;150 - 200</td> <td>535</td> <td>485</td> </tr> <tr> <td>&gt;200 - 300</td> <td>430</td> <td>365</td> </tr> <tr> <td><b>barras redondas (diámetro) mm</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>680</td> <td>630</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>680</td> <td>620</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>670</td> <td>610</td> </tr> </tbody> </table> <p>Debe hacerse notar que las placas han sido testeadas transversalmente, mientras que las barras redondas lo han sido en forma longitudinal.</p>	<b>Densidad</b> kg/m <sup>3</sup> lbs/pulg <sup>3</sup>	2830 0.102	<b>Módulo de elasticidad</b> N/mm <sup>2</sup> PSI	71 500 10.3 x 10 <sup>3</sup>	<b>Coefficiente de expansión térmica</b> por °C de 20 °C a 100 °C por °F (68 - 212 °F)	23 x 10 <sup>-6</sup> 12.8 x 10 <sup>-6</sup>	<b>Conductividad térmica</b> W/m °C Btu pulg/pie °F	165 1 144	<b>Calor específico</b> J/Kg °C Btu/lb °F	890 0.20	Placas (espesor) mm	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>	>10 - 50	500	550	>50 - 100	570	520	>100 - 150	550	500	>150 - 200	535	485	>200 - 300	430	365	<b>barras redondas (diámetro) mm</b>			40	680	630	100	680	620	200	670	610
<b>Densidad</b> kg/m <sup>3</sup> lbs/pulg <sup>3</sup>	2830 0.102																																								
<b>Módulo de elasticidad</b> N/mm <sup>2</sup> PSI	71 500 10.3 x 10 <sup>3</sup>																																								
<b>Coefficiente de expansión térmica</b> por °C de 20 °C a 100 °C por °F (68 - 212 °F)	23 x 10 <sup>-6</sup> 12.8 x 10 <sup>-6</sup>																																								
<b>Conductividad térmica</b> W/m °C Btu pulg/pie °F	165 1 144																																								
<b>Calor específico</b> J/Kg °C Btu/lb °F	890 0.20																																								
Placas (espesor) mm	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>																																							
>10 - 50	500	550																																							
>50 - 100	570	520																																							
>100 - 150	550	500																																							
>150 - 200	535	485																																							
>200 - 300	430	365																																							
<b>barras redondas (diámetro) mm</b>																																									
40	680	630																																							
100	680	620																																							
200	670	610																																							
Áreas de aplicación																																									
<p>Las propiedades y características que ofrece Prodax lo hacen un material ideal para prototipos y para el moldeado de series cortas o medianas que estén expuestas a presiones altas o plásticos abrasivos. La considerable reducción en los tiempos de preparación de un molde, el menor costo de herramienta y los ciclos más cortos, significan valiosos ahorros tanto para el fabricante del molde, como para el usuario final, cuando se utiliza Prodax.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Áreas de aplicación</th> <th>Prototipos</th> <th>Series cortas</th> <th>Series Medianas</th> <th>Series Largas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moldes de soplado</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Formado al vacío</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Moldeado de espuma</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>(x)</td> </tr> <tr> <td>Moldes</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>(x)</td> </tr> <tr> <td>Moldes de inyección de termoplásticos</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>(x)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Moldeo de goma</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Placas contenedoras y de apoyo, guías y sujetadores</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Áreas de aplicación	Prototipos	Series cortas	Series Medianas	Series Largas	Moldes de soplado	x	x	x	x	Formado al vacío	x	x	x	x	Moldeado de espuma	x	x	x	(x)	Moldes	x	x	x	(x)	Moldes de inyección de termoplásticos	x	x	(x)		Moldeo de goma	x	x			Placas contenedoras y de apoyo, guías y sujetadores					
Áreas de aplicación	Prototipos	Series cortas	Series Medianas	Series Largas																																					
Moldes de soplado	x	x	x	x																																					
Formado al vacío	x	x	x	x																																					
Moldeado de espuma	x	x	x	(x)																																					
Moldes	x	x	x	(x)																																					
Moldes de inyección de termoplásticos	x	x	(x)																																						
Moldeo de goma	x	x																																							
Placas contenedoras y de apoyo, guías y sujetadores																																									

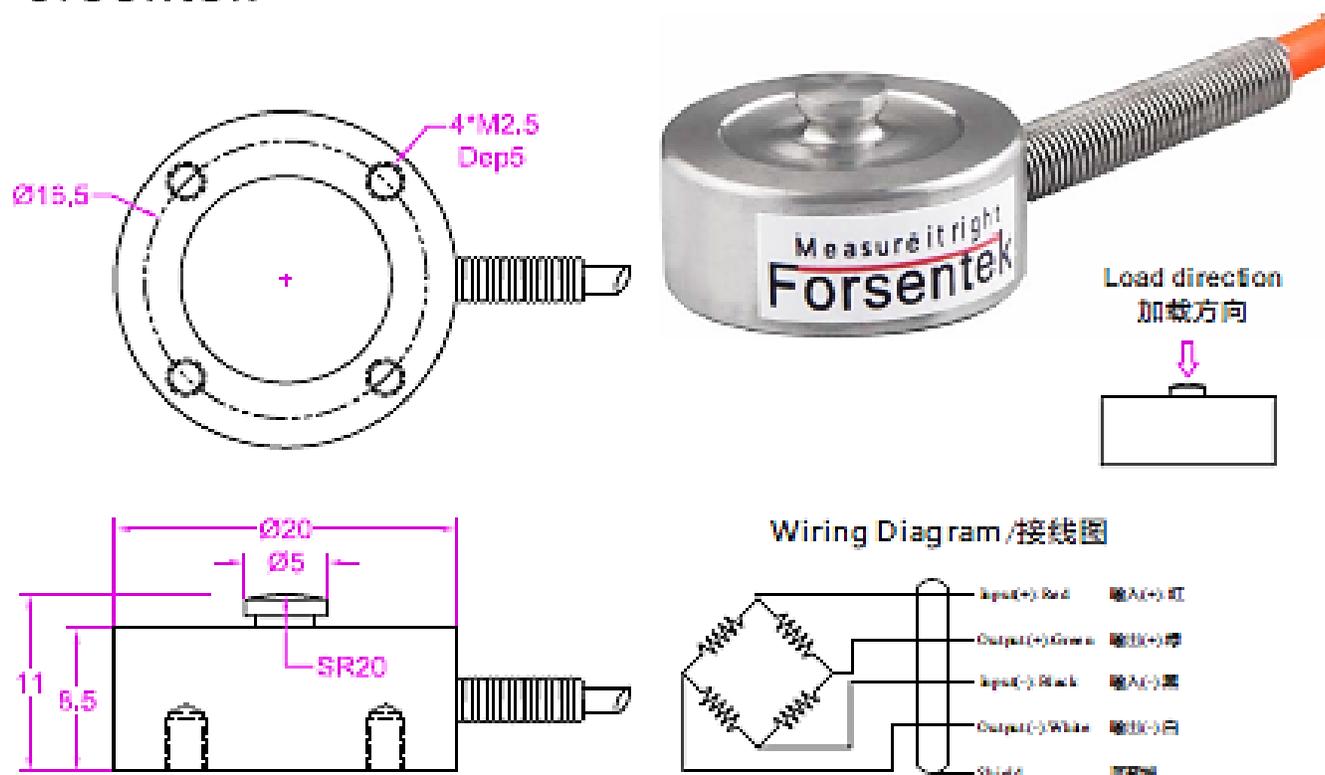
## ► Cód. IBCA: PRODAX

Distribución	Fotograbado
<p>Distribución de dureza en sección transversal de placa</p> 	<p>Prodax es un material excelente para el fotograbado, debido a su estructura homogénea</p>
Pulido	Tratamientos superficiales
<p>Mantenga limpio el ambiente de trabajo y asegúrese de que la pieza sea lavada con un solvente industrial adecuado, a fin de prevenir la acumulación de sedimentos del pulido.</p> <p>Utilice herramientas grandes siempre que sea posible, para prevenir altos niveles de presión localizada, que de lugar a la degradación de la superficie.</p> <p>Renueve el esmeril frecuentemente y modifique la dirección del pulido en cada cambio. Cuando se trabaja para obtener un acabado «espejo» use gran cantidad de lubricante, del tipo aceite liviano.</p> <p><b>Técnicas</b> Puede utilizarse tanto la técnica manual como la mecánica. Cuando lo que se desea es un acabado «espejo» debe evitarse el uso de herramientas motorizadas.</p> <p><b>Medios</b> Para el pulido se debe utilizar papel esmeril, comenzando con el grado 300 hasta el 800. Cuando se desea un acabado «espejo», se deberá continuar con pasta de diamante de 6 micrones / 3 micrones</p>	<p><b>Anodizado duro</b> Prodax puede ser anodizado duro, a fin de lograr una mayor resistencia al desgaste, dándole a la superficie una dureza equivalente a aproximadamente 65 HRC en el acero. El uso del anodizado en cavidades se encuentra limitado, debido a la diferencia de expansión que se produce en la superficie respecto de las capas internas del material.</p> <p>Esto lleva a una fina capa de fisuras, dañando la apariencia superficial de los moldes. Esta superficie es aceptable únicamente en partes no relacionadas con el moldeo como ser: guías, pernos guía, bujes, pernos eyectores, etc.</p> <p><b>NOTA:</b> Este tratamiento causará cambios dimensionales en la zona de trabajo y por lo tanto se deben tener en consideración las respectivas tolerancias.</p> <p><b>Cromado duro</b> Utilizando los procesos desarrollados para aleaciones de aluminio, se pueden lograr niveles de dureza de hasta un equivalente a 80 HRC. El espesor del cromado duro generalmente es 0,1 - 0,2 mm (0,004" - 0,008").</p> <p><b>Niquelado químico</b> Es posible alcanzar una dureza equivalente a 50 Rockwell C. La capa tiene usualmente 0,03 - 0,1 mm (0,001" - 0,004"), pero con una resistencia a la adhesión y la corrosión superior a la del cromado duro.</p> <p><b>Revestimiento PTFE</b> Este revestimiento PTFE se puede usar para reducir la adhesividad del plástico, pero la terminación superficial es inferior.</p>
Mecanizado por electroerosión (EDM)	

Measure it right  
**Forsentek**

Weighing || Measuring || Controlling

**Model: FC20**



--- Specifications / 规格参数 ---

Capacity/量程	5/10/20/30/50/100/200/300/500/1000/2000kg		
Rated Output 额定输出	1.2~1.8mV/V	Compensated Temp. 温度补偿范围	-10...+40°C
Excitation 激励电压	5~12V	Operating Temp. 工作温度范围	-20...+60°C
Zero Balance 零点输出	±3% of R.O.	Temp. Shift Zero 零点温度漂移	±0.01% of R.O./°C
Nonlinearity 非线性	±0.3% of R.O.	Temp. Shift Span 灵敏度温度漂移	±0.01% of R.O./°C
Hysteresis 滞后	±0.3% of R.O.	Input Resistance 输入阻抗	350±30Ω
Nonrepeatability 非重复性	±0.2% of R.O.	Output Resistance 输出阻抗	350±3Ω
Creep (30min) 蠕变	±0.1% of R.O.	Insulation Resistance 绝缘阻抗	>5000MΩ(50V)
Safe Overload 安全过载	150% of F.S.	Ingress Protection 防护等级	IP65
Ultimate Overload 极限过载	200% of F.S.	Material of Element 弹性体材料	Stainless steel 不锈钢
Cable 导线	Ø3*1000mm 4-core shielded cable Ø3*1000mm 4芯屏蔽线		
R.O.=Rated Output/额定输出 F.S.=Full Scale/满量程			