



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN
PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON
MOVILIDAD REDUCIDA POR OBESIDAD MÓRBIDA**

Autor:

Herrera Liscano, Leonardo José

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN PARA EL TRASLADO DE PERSONAS
CON MOVILIDAD REDUCIDA POR OBESIDAD MÓRBIDA**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor:

Herrera Liscano, Leonardo José

C.I: 26.364.533

Tutor (a):

PhD. Yndira Rodríguez Aguirre

San Diego, octubre de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de un sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad morbida.

Realizado por el (la) Br. Leonardo Herrera

C.I. N° 26.364.533 cursante de la carrera de Ingeniería Mecánica

hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

APROBADO


NO APROBADO

El Jurado


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Andira Rodriguez
C.I.: 11547002


Jurado
Nombre: Carlos Alfonso
C.I.: 8633778




Jurado
Nombre: Giovanni Pizzella P.
C.I.: 4455859

Fecha: 08 / 04 / 2021



UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI-N-010-2023-2CR-TG

San Diego, 01 de diciembre de 2023

Ciudadano(s):
HERRERA LISCANO, LEONARDO JOSÉ
C.I.: 26364533

Presente. -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería, en su reunión N° 17-2023 de fecha 3/11/2023, aprobó el proyecto de grado titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA POR OBESIDAD MÓRBIDA.

Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a la profesora Rodríguez, Yndira, titular de la cédula de identidad V-11547002.



Atentamente,

Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

Urb. Yuma II, calle 3, Municipio San Diego, estado Carabobo

(0241) 871.42.40 (Master)

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, Gracias por iluminar mi camino en cada paso de mi vida, por brindarme la fortaleza para superar los obstáculos

A mis padres, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio inagotable me brindan las herramientas para alcanzar mis sueños. Este trabajo de grado es un pequeño homenaje a su dedicación y un reflejo de los valores que me han inculcado a lo largo de mi vida. Gracias por ser mi fuente de inspiración, por creer en mí y por mostrarme siempre el camino a seguir. Sin su invaluable apoyo, este logro no habría sido posible.

A mi novia Oriana, por su paciencia, comprensión y por estar siempre presente a mi lado, incluso en los momentos más difíciles. Tu amor, risa y ocurrencias llenan de gozo mis días.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora Yndira Rodríguez, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su invaluable apoyo y guía durante la elaboración de esta investigación. Su dedicación, paciencia y conocimiento fueron fundamentales para que este proyecto se hiciera realidad. Le agradezco por la calidez humana que la caracteriza, la cual me dio ánimos de continuar y no dejarme vencer por el miedo que implicaba realizar este proyecto. Gracias por creer en mí cuando yo mismo dudaba de mis capacidades.

A mis profesores mi más sincero agradecimiento a todos mis profesores por su dedicación, paciencia y apoyo durante mi tiempo de estudio. Gracias a su compromiso y enseñanzas, he podido adquirir los conocimientos necesarios para crecer académica y personalmente, enamorándome más de la carrera que escogí. Me llevo de cada uno experiencias y vivencias en clases que siempre recordare.

A mis amigos que conocí en la UC y en la UJAP, quiero dedicarles unas palabras de agradecimiento por el invaluable apoyo y la amistad incondicional que me han brindado durante mi paso por la universidad. Su compañía ha sido un pilar fundamental para afrontar los desafíos académicos y disfrutar al máximo de esta etapa tan importante en mi vida. Agradezco profundamente su amistad, su humor, su paciencia y su apoyo constante. He creado amistades que espero atesorar por siempre.

A la UJAP, mi alma mater, por ser la casa de estudio que me acogió durante el proceso de equivalencia, me siento orgulloso de ser ujapista, gracias por todas experiencias y personas que conocí durante esa etapa de mi vida. A la UC por formarme durante mis primeros semestres, por permitirme conocer lo que implica tener una vida universitaria, le agradezco en especial por permitirme conocer a personas maravillosas con realidades económicas y sociales diferentes a las mías pero que comparten una ferviente motivación y esfuerzo por alcanzar sus metas y sueños. Estas experiencias me han enriquecido como persona y me han permitido ampliar mi visión del mundo.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	7
1.3. Objetivos de la investigación.....	7
1.3.1. Objetivo General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Justificación.....	8
1.5. Alcance.....	9
II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes.....	11
2.2. Teoría Central de la investigación.....	14
2.3. Bases Teóricas.....	15
2.3.1. Transferencias	15
2.3.2. Obesidad.....	17
2.3.3. Sistemas de elevación y transporte.....	19
2.3.4. Grúas para traslado de personas.....	19
2.3.5. Arnesees para grúas de traslado de personas.....	24
2.3.6. Actuadores.....	28
2.3.7. Factor de seguridad.....	29

2.3.8. Análisis de elementos finitos.....	29
2.3.9. Teorías de falla para materiales dúctiles.....	30
2.3.10. Esfuerzo debido a la flexión.....	31
2.3.11. Deflexión en una viga, método de doble integración.....	32
2.3.12. Método de Vilchez.....	33
2.3.13. Método de ponderación de criterios y soluciones.....	35
2.4. Bases Legales.....	36
2.4.1. EN 60601-1 Equipo médico eléctrico - Parte 1: Reglas generales para la seguridad básica y el rendimiento requerido.....	36
2.4.2. EN 60601-1-8 Equipo médico eléctrico - Parte 1-8: Reglas generales para la seguridad básica y el rendimiento requerido - Norma auxiliar: Características generales, experimentos y pautas para equipos médicos eléctricos y sistemas de advertencia en sistemas médicos eléctricos.....	36
2.4.3. EN 60601-1-6 Equipo médico eléctrico - Parte 1-6: Reglas generales para la seguridad básica y el desempeño requerido - Estándar auxiliar: Facilidad de uso.....	36
2.4.4. EN 60601-1-9 Equipo médico eléctrico - Parte 1-9: Características generales para la seguridad básica y el rendimiento requerido - Estándar auxiliar: Características para un diseño respetuoso con el medio ambiente.....	36
2.4.5. ISO 13485 - gestión de la calidad para la industria de dispositivos médicos.....	36
2.4.6. ISO 14971:2019 Dispositivos médicos/productos sanitarios (MD) - Aplicación de la gestión del riesgo a los MD.....	36
2.4.7. COVENIN 2147-84: Aparatos pesados de elevación. Requisitos de seguridad.....	37
2.4.8. COVENIN 3:4-007: Equipos de izamiento. Mantenimiento y pruebas.....	37
2.4.9. COVENIN 3511:1999: Equipos de izamiento. Grúas torres.....	37
2.5. Definición de Términos.....	37

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Paradigma de investigación.....	38
3.2. Tipo de Investigación.....	39
3.3. Diseño de la Investigación.....	39
3.4. Nivel de la investigación.....	39
3.5. Población y muestra.....	40
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.6.1. Entrevista.....	41
3.6.2. Observación directa.....	42
3.6.3. Revisión bibliográfica.....	42
3.7. Técnicas de análisis de resultados.....	43
3.7.1. Diagrama de Ishikawa.....	43
3.7.2. Diagrama de Pareto.....	44
3.7.3. Cinco (5) ¿Por qué?.....	44
3.8. Validación de los instrumentos.....	44
3.9. Fases metodológicas.....	44
3.10. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	46

IV RESULTADOS

4.1. Fase I: Diagnóstico de la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal.....	47
4.2. Fase II: Análisis de las variables que influyen en el traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad mórbida.....	55
4.2.1. Diagrama Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa).....	55
4.2.2. Diagrama de Pareto.....	57
4.2.3. Cinco (5) ¿Por qué?.....	58
4.3. Fase III: Selección de la mejor alternativa del diseño en estudio.....	59
4.3.1. Posibles soluciones para diseño sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida.....	59
4.3.2. Restricciones a soluciones.....	63
4.3.3. Criterios a soluciones.....	64

4.3.4. Ponderación de criterios.....	65
4.3.5. Ponderación de las soluciones con respecto a cada criterio.....	66
4.3.6. Ponderación final de soluciones.....	68
4.4. Fase IV: Diseño del sistema seleccionado.....	69
4.4.1. Identificación de componentes mecánicos del equipo.....	69
4.4.2. Dimensionamiento del equipo.....	70
4.4.3. Selección del material.....	76
4.4.4. Propiedades físicas del equipo.....	80
4.4.5. Factor de seguridad.....	82
4.4.6. Esfuerzo admisible de diseño.....	83
4.4.7. Situación crítica de diseño.....	84
4.4.8. Diseño del brazo.....	84
4.4.9. Diseño del mástil.....	93
4.4.10. Diseño base del mástil (chasis).....	103
4.4.11. Diseño de patas.....	109
4.4.12. Dimensionamiento de pasadores.....	115
4.4.13. Selección de ruedas.....	127
4.4.14. Selección de percha.....	128
4.4.15. Selección del arnés.....	130
4.4.16. Selección del actuador.....	131
4.4.17. Selección del suministro eléctrico el actuador.....	135
4.4.18. Manual de técnico.....	137
4.5. Fase V: Evaluación de la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del sistema diseñado.....	140
4.5.1. Viabilidad técnica.....	140
4.5.2. Viabilidad operativa.....	140
4.5.3. Viabilidad ambiental.....	141
4.5.4. Viabilidad económica.....	141
CONCLUSIONES.....	145
RECOMENDACIONES.....	147
REFERENCIAS.....	150

LISTA DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Cuadro de Operacionalización de Variables	46
2	Respuestas de especialistas, pregunta N°1.	48
3	Respuestas de especialistas, pregunta N°2.	49
4	Respuestas de especialistas, pregunta N°3.	50
5	Respuestas de especialistas, pregunta N°4.	51
6	Respuestas de especialistas, pregunta N°5.	52
7	Respuestas de especialistas, pregunta N°6.	53
8	Respuestas de especialistas, pregunta N°7.	54
9	Causas y frecuencias	57
10	Técnica de los cinco (5) ¿Por qué?	59
11	Restricciones a posibles soluciones.	64
12	Ponderación de criterios	65
13	Ponderación de las soluciones respecto a C ₁	66
14	Ponderación de las soluciones con respecto a C ₂	66
15	Ponderación de las soluciones con respecto a C ₃	67
16	Ponderación de las soluciones con respecto a C ₄	67
17	Ponderación de las soluciones con respecto a C ₅	67
18	Ponderación final de las soluciones	68
19	viabilidad económica del diseño	142
20	Grúas comerciales para el traslado de pacientes	143

LISTA DE TABLAS

DESCRIPCIÓN	
TABLA	pp.
1	Propiedades mecánicas del acero ASTM A500. 77
2	Dimensiones y propiedades estáticas de los tubos cuadrados de acero ASTM A500 grado C. 77
3	Dimensiones y propiedades estáticas de los tubos rectangulares de acero ASTM A500 grado C. 78
4	Propiedades mecánicas del acero ASTM A36. 79
5	Catálogo comercial de Maploca, C.A. 80
6	Recomendaciones generales para escoger factor de seguridad. 82
7	Propiedades físicas de algunos materiales en ingeniería. 91
8	Propiedades mecánicas de las aleaciones de acero inoxidable. 116
9	Catálogo comercial tornillo tipo perilla. 126
10	Catálogo comercial tuercas tipo perilla. 126
11	Catálogo arnés universal estándar. 130
12	Guía de tallas de arneses comercializados por Invacare. 131

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN	
FIGURA	pp.
1	Transferencia de la cama a la silla, pacientes dependientes. 16
2	Transferencia de la cama a la camilla, pacientes dependientes. 16
3	Transferencia de levantamiento desde el suelo, paciente dependiente. 17
4	Persona obesa. 17
5	Pareja con obesidad mórbida. 18
6	Grúa empotrada en piso. 20

7	Grúa para piscina.	20
8	Grúa para techo.	21
9	Grúa para arnés	22
10	Grúa de camilla.	23
11	Grúa de bipedestación	23
12	Diferentes tipos de arneses para grúas de traslado de personas	24
13	Arnés universal.	25
14	Arnés de bipedestación.	26
15	Arnés de higiene	27
16	Arnés para amputados	27
17	Arnés de cabeza y torso	28
18	Grafica de esfuerzo vs deformación, de un material sometido a una carga.	30
19	Esfuerzo en flexión.	31
20	Procedimiento del método de Vilchez	34
21	Pasos para seleccionar la mejor solución.	35
22	Diagrama de Ishikawa	56
23	Diagrama de Pareto	58
24	Sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida (PS ₁).	60
25	Grúa ortopédica de techo móvil (PS ₂).	61
26	Grúa empotrada o anclada (PS ₃).	62
27	Grúa de bipedestación (PS ₄).	63
28	Solución seleccionada: Sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida (PS ₁).	69
29	Componentes mecánicos del diseño	70
30	Longitud total del diseño	71
31	Altura del diseño.	72
32	Altura mínima de la percha	73
33	Ancho del diseño (patas cerradas).	74
34	Ancho interior (patas abiertas)	74

35	Sistema de apertura manual.	75
36	Medidas estándar de una silla de ruedas, vista isométrica.	76
37	Propiedades físicas del diseño.	81
38	Análisis computacional del factor de seguridad, conjunto armado.	83
39	Modelado 3D, brazo.	85
40	Diagrama de cuerpo libre del brazo superior.	85
41	Representación gráfica de los ángulos formados entre mástil y el brazo.	86
42	Diagrama fuerza cortante, brazo.	87
43	Diagrama de momento flector, brazo.	88
44	Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga simplemente apoyada con carga en voladizo.	90
45	Análisis de deflexión, brazo.	92
46	Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, brazo.	93
47	Modelado 3D, Mástil	94
48	Diagrama de cuerpo libre del mástil.	94
49	Distancias entre B y M.	95
50	Distancias entre A y B.	96
51	Descomposición de F_{mx} y F_{my} .	97
52	Descomposición de F_a .	98
53	Descomposición de F_{bx} y F_{by} .	98
54	Diagrama de fuerza cortante, mástil.	99
55	Diagrama de momento flector, mástil.	100
56	Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga empotrada con carga en voladizo.	101
57	Análisis de deflexión, mástil.	102
58	Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, mástil.	103
59	Modelado 3D, base del mástil	104
60	Diagrama de cuerpo libre de la base del mástil.	104
61	Diagrama fuerza cortante, base del mástil.	105
62	Diagrama de momento flector, base del mástil.	106

63	Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga con apoyos simples con carga central.	107
64	Análisis de deflexión, base de mástil.	108
65	Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, base del mástil.	109
66	Modelado 3D, Patas.	109
67	Diagrama de cuerpo libre de las patas.	110
68	Diagrama fuerza cortante, patas.	111
69	Diagrama de momento flector, patas.	111
70	Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga con apoyos simples con carga excéntrica.	113
71	Análisis de deflexión, patas.	114
72	Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, patas.	115
73	Tornillos tipo perilla	116
74	Tuercas tipo perilla	116
75	Perno sujeto a cortante simple.	117
76	Pernos sujetos a cortante doble.	117
77	Pasadores del brazo.	118
78	Diagrama de cuerpo libre, pasador A.	119
79	Diagrama de cuerpo libre, pasador B.	121
80	Diagrama de cuerpo libre, pasador C.	122
81	Pasadores de la base del mástil.	124
82	Diagrama de cuerpo libre, pasador D y E.	124
83	Modelado 3D, rueda giratoria sin freno.	127
84	Modelado 3D, rueda giratoria con freno.	127
85	Modelado 3D, percha.	128
86	Percha Universal SlingBar 450 de Liko.	129
87	Modelado 3D, actuador electromecánico.	132
88	Actuador Lineal LINAK LA33.	133
89	Ubicación del actuador	134
90	Tornillo de ajuste manual	134
91	Modelado 3D, batería LINAK BAL50.	135

92	Modelado 3D, base con batería LINAK BAL50	135
93	Modelado 3D, cargador de batería LINAK CHL50.	136



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA POR OBESIDAD MÓRBIDA

Autor: Leonardo José Herrera Liscano
Tutora: PhD. Yndira Rodríguez Aguirre
Fecha: octubre 2023

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general diseñar un sistema de elevación que permita el traslado seguro y cómodo de personas con movilidad reducida debido a la obesidad mórbida; La cual es considerada una condición médica donde el exceso de peso corporal afecta significativamente la capacidad de una persona para moverse y realizar actividades diarias. El sistema de elevación propuesto se basa en principios ergonómicos para garantizar la seguridad y comodidad durante el traslado. La investigación está enmarcada en la Línea de Investigación “Ciencias Cognitivas y Aplicadas”. Para alcanzar los objetivos propuestos, las técnicas e instrumentos de recolección de datos se fundamentan en la observación directa por medio de listas de control y registros anecdóticos; entrevistas no estructuradas por medio de guiones no estructurados, la revisión documental con los instrumentos necesarios para alcanzar los fines establecidos. Se realizó una investigación exhaustiva sobre las necesidades específicas de las personas con obesidad mórbida en términos de movilidad, así como los requisitos técnicos y normativos que deben cumplirse. A través del diseño conceptual, y aplicando técnicas de análisis de resultados como el diagrama de Ishikawa, método de Vílchez, entre otros, se generan diferentes soluciones que cumplan con los criterios establecidos. Estas soluciones son evaluadas mediante simulaciones virtuales para determinar su viabilidad técnica y funcional. Además, se tomaron en cuenta aspectos económicos y ambientales para asegurar la sostenibilidad del sistema propuesto. Se diseñaron y dimensionaron los elementos del equipo, para luego realizar análisis computacionales que corroboraron su resistencia y garantizaron su óptimo funcionamiento para el traslado de pacientes con obesidad, solventando así la problemática estudiada.

Descriptor: Obesidad mórbida, Movilidad reducida, Diseño ergonómico, Sistema de elevación



**BOLIVARIAN REPUBLIC OF VENEZUELA
JOSÉ ANTONIO PÁEZ UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING**

DESIGN OF A LIFT SYSTEM FOR THE TRANSFER OF PEOPLE WITH REDUCED MOBILITY DUE TO MORBID OBESITY

Author: Leonardo José Herrera Liscano

Tutor: PhD. Yndira Rodríguez Aguirre

Date: october 2023

ABSTRACT

The general objective of this research work is to design a lifting system that allows the safe and comfortable transfer of people with reduced mobility due to morbid obesity, Which is considered a medical condition where excess body weight significantly affects a person's ability to move and perform daily activities. The proposed lifting system is based on ergonomic principles to ensure safety and comfort during transfer. The research is framed in the Research Line “Cognitive and Applied Sciences”. To achieve the proposed objectives, data collection techniques and instruments are based on direct observation through checklists and anecdotal records; unstructured interviews through unstructured scripts, documentary review with the necessary instruments to achieve the established purposes. Extensive research was carried out on the specific needs of people with morbid obesity in terms of mobility, as well as the technical and regulatory requirements that must be met. Through conceptual design, and applying results analysis techniques such as the Ishikawa diagram, Vilchez method, among others, different solutions are generated that meet the established criteria. These solutions are evaluated through virtual simulations to determine their technical and functional feasibility. In addition, economic and environmental aspects are taken into account to ensure the sustainability of the proposed system. The elements of the equipment were designed and sized, and then computational analyzes were carried out that corroborated its resistance and guaranteed its optimal functioning for the transfer of patients with obesity, thus solving the problem studied.

Keywords: Morbid obesity, Reduced mobility, Ergonomic design, Lifting system

INTRODUCCIÓN

La obesidad mórbida es una condición médica que afecta a un número creciente de personas en todo el mundo, y se caracteriza por un exceso extremo de peso corporal que dificulta enormemente la movilidad y la capacidad de realizar actividades diarias básicas. Para el personal de enfermería, la transferencia segura y eficiente de estos pacientes es fundamental para garantizar su bienestar y comodidad, así como para prevenir lesiones tanto en los pacientes como en los propios cuidadores. Sin embargo, debido al peso y tamaño excesivos de estos pacientes, las técnicas tradicionales de transferencia pueden resultar inseguras e ineficientes.

El diseño de un sistema de elevación para la transferencia de pacientes con movilidad reducida por obesidad mórbida es una necesidad crucial para el personal de enfermería. Este sistema debe ser capaz de soportar el peso adicional del paciente sin comprometer su seguridad ni la del personal encargado de su cuidado. Además, debe ser fácilmente manejable y ajustable para adaptarse a diferentes situaciones y necesidades individuales.

Este tipo de sistemas debe tener en cuenta diversos factores, como el peso y las dimensiones del individuo, así como las necesidades específicas relacionadas con su movilidad. Además, es fundamental considerar aspectos ergonómicos y de seguridad para evitar posibles lesiones durante el proceso de traslado. Debe ser personalizado y adaptarse a las necesidades específicas del usuario. Es importante contar con la asesoría de profesionales especializados en diseño ergonómico y accesibilidad para garantizar que se cumplan todas las normativas y estándares vigentes.

El diseño adecuado de este sistema no solo mejorará la calidad del cuidado proporcionado a los pacientes con obesidad mórbida, sino que también reducirá el riesgo de lesiones tanto para los pacientes como para el personal sanitario. Además, al facilitar las tareas diarias del personal de enfermería, permitirá que dediquen más tiempo y energía a otras áreas importantes del cuidado médico.

De acuerdo con lo anterior y considerando las formalidades establecidas por la institución para la presentación del trabajo de investigación, éste se encuentra estructurado por cuatro capítulos en los que cada uno dispone del siguiente contenido.

En el Capítulo I: El Problema, se muestra el planteamiento del problema con las consecuencias que este acarrea, los objetivos que definen el estudio como generales y específicos, adicionalmente la justificación de la investigación y el alcance.

En el Capítulo II: Marco Teórico, en este capítulo se muestran los antecedentes que sustentan la investigación a través de estudios previos que guardan relación con el tema, las bases teóricas que fortalecen la investigación y por último se definen los términos básicos y complejos del tema.

En el Capítulo III: Marco Metodológico, en los cuales se muestra el tipo y diseño de la investigación, así como las técnicas y herramientas para la recolección de datos necesario para el desarrollo de las cuatro fases planteadas en la investigación descritas, tomando en cuenta como referencia de los objetivos específicos de la investigación

En el Capítulo IV: Resultados, se presenta el desarrollo de la metodología analítica de diseño para llevar a cabo la realización del sistema de elevación para personas con movilidad reducida por obesidad mórbida. También se muestran análisis computacionales efectuados al diseño con el fin de estudiar su resistencia y comportamiento ante las cargas y esfuerzos. Se incluye además la selección de los elementos normalizados que forman parte del equipo, a partir de catálogos y casas comerciales.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Los sistemas de elevación y transporte se utilizan para mover objetos pesados y se emplean habitualmente en fábricas, almacenes y obras de construcción. Una manera muy fácil de transportar objetos de un lugar a otro es la utilización de algunas máquinas de transporte como bandas e incluso de máquinas de elevación como montacargas todas estas se rigen por un sistema coordinado de movimiento. Muy utilizados en las industrias por su gran beneficio al momento del transporte ya que muchos de esos objetos tienen un peso muy considerable. Estos sistemas buscan facilitar las actividades de las personas que laboran en cualquier área donde se presente la necesidad de traslado de cargas pesadas, reduciendo el esfuerzo que realizan y resguardando de esta manera su integridad física. Así mismo estos sistemas son usados en centros médicos para el traslado de personas enfermas, personas mayores, minusválidos u obesas, siendo el tipo mórbidas el caso más crítico de servicio al cual se enfrentan estos dispositivos representando así un reto para el personal de salud debido al peso.

Uno de los aspectos más delicados de la atención y el cuidado de los pacientes en el área de salud son las transferencias, las cuales se definen como los movimientos que se realizan para trasladar al paciente de una superficie a otra. Se considera que esta actividad conlleva riesgos en su ejecución ya que implica un cambio de plano y de superficie de apoyo y porque existe un momento en el que paciente y profesional se encuentran sin apoyo lo que puede dar lugar a una lesión más grave como es la caída accidental del paciente al suelo; de ahí la importancia de una adecuada adaptación del medio en que éstas tienen lugar. Por un lado, es fundamental para la salud de la persona que el proceso sea llevado correctamente ya que la operación implica un importante riesgo para la integridad física del paciente, en especial si presenta una falta parcial o total de su capacidad motriz producto de su condición física, patología o discapacidad imposibilitando su colaboración en la ejecución del traslado.

Así mismo debe prestarse especial atención a la ejecución de una adecuada técnica de transferencia para pacientes que se encuentren en cualquier área de hospitalización, tanto más en la unidad de cuidados intensivos (UCI), por encontrarse en ellas los pacientes en condiciones más

adversas, incluso en algunos casos privados de conocimiento, por lo que requieren una atención aún más cuidadosa. Por otro lado, es necesario realizar estas movilizaciones correctamente para garantizar el bienestar de la persona que está cuidando.

Según fuente estadística proporcionada por la directiva médica, en el hospital Rebagliati Martins (Lima), durante el primer semestre del año 2009 la unidad de salud ocupacional describe que los trastornos músculo esqueléticos constituye la primera causa de incapacidad temporal para el trabajo del personal de salud. Por otro lado, Barboza y Rodríguez (2012) a través de una monografía, realizaron un estudio sobre movilización de pacientes por enfermeras de cuidados intensivos e intermedios en el hospital público, Chiclayo, Perú; encontrando que, de 34 enfermeras, el 30.43% de ellas refirió experimentar lumbalgia, el 15.22% acusó dorsalgias y cervicalgias; asimismo el 55.8% de las enfermeras que laboran están en mediano riesgo de adquirir músculo esqueléticas y el 44.12% están en un alto riesgo.

Dentro del ámbito sanitario el traslado de pacientes es una práctica diaria muy habitual. Este proceso es realizado por el personal de enfermería, el cual debe estar cualificado para realizarlo en las mejores condiciones posibles, asegurando y garantizando la seguridad del paciente. Una mala postura o movimiento a la hora de hacer una maniobra de transferencia, puede ser el origen de un problema de salud para la persona cuidadora, provocando importantes lesiones musculoesqueléticas.

Lo mencionado anteriormente son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, ligamentos, nervios y articulaciones que se localizan principalmente en cuello, hombros, codos, muñecas, manos y columna vertebral siendo los diagnósticos más comunes las tendinitis, tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, mialgias, contracturas, artrosis y, sobre todo, las raquialgias. El dolor de espalda, el principal trastorno por el que se ve afectado el personal de enfermería; a menudo tiene su origen en la realización de levantamientos incorrectos, cargas excesivas, adopción de posturas inadecuadas tanto al realizar las movilizaciones como al desempeñar tareas estáticas, tratándose, por tanto, de una acumulación de micro-traumatismos.

De lo anterior se destaca que los problemas fisiológicos implicados en las transferencias se ven incrementados al trabajar con pacientes obesos, representa de esta manera un reto en la ejecución de las tareas de movilización y traslado, condicionando la técnica que debe implementar el personal de enfermería; especialmente si es un paciente que presenta obesidad mórbida. Debido

a la condición física de estos pacientes, las operaciones de transferencia deben ser realizadas con sumo cuidado ya que una técnica errada puede dar cabida al deterioro de la integridad física del personal de enfermería además de poner en altísimo riesgo la del paciente.

Ahora bien, a pesar de la correcta ejecución de las más maniobras de traslados de pacientes entre sillas, camas y/o camillas aún se expone al enfermero (a) a una serie de riesgos ergonómicos por el cual presentan la probabilidad o están susceptibles de causar daño a su salud. Todos estos problemas se ven potenciados exponencialmente si el paciente no puede prestar una colaboración activa en el proceso de transferencia, lo cual aumenta el riesgo de caídas, sobreesfuerzo, golpes y/o lesiones.

Así mismo la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica la obesidad como la acumulación de un exceso de grasa que perjudica la salud. La organización determina el IMC de un adulto como la clasificación internacional de la obesidad. Una persona con un IMC de 30 kilogramos por metro cuadrado, es decir 30 kg/m^2 , es obesa. La obesidad es una enfermedad multifactorial causada por una combinación de causas genéticas, ambientales y biológicas. Se ha relacionado con un mayor riesgo de problemas cardiovasculares, disminución de la calidad de vida e incluso muerte prematura.

El atlas 2023 publicado por la Federación Mundial de Obesidad, predice que más de 4.000 millones de personas en el mundo, el 51% de la población global, sufrirán sobrepeso y obesidad en 2035, frente a los 2.600 millones de 2020. Señala, además, que una de cada cuatro personas será obesa. La Región de las Américas tiene la prevalencia más alta de todas las regiones de la Organización Mundial de la Salud, con 62,5% de los adultos con sobrepeso u obesidad (64.1% de los hombres y 60.9% de las mujeres). Si se examina únicamente la obesidad, se estima que afecta a un 28% de la población adulta (un 26% de los hombres y un 31% de las mujeres). Se debe agregar que según un Informe Food Price Watch del Banco Mundial, en 2030, solamente en América Latina habrá 191 millones de personas obesas, lo que supone un incremento del 300% con respecto a 2005 cuando se registraba un total de 60 millones de enfermos en la región. Por otro lado, en Venezuela,

Los centros de salud en Venezuela presentan carencias en el sistema de traslado de personas en condiciones de obesidad, es decir para moverlas a camas, duchas, inodoros, sillas de ruedas y bañeras; transferir pacientes de una habitación a otra; y levantar pacientes del suelo. Este problema se presenta con mayor fuerza en situaciones donde se requiere atender una emergencia en las cuales

el paciente no puede hacer uso de sus capacidades motrices, bien sea por la condición a la que ingresa a la clínica o por la existencia de una discapacidad.

Otra situación problemática es evidenciable cuando finaliza una cirugía y una vez transcurridas las horas de observación es necesario retornar al paciente a la habitación para su recuperación posoperatoria, durante su estadía de hospitalización tareas como ir al baño o caminar se dificultan, aún más cuando el proceso quirúrgico realizado tuvo como objetivo corregir problemas en áreas como caderas, rodillas, pies o tobillos ocasionando que el paciente no pueda mantener una postura de bipedestación. Por otro lado, los paramédicos también presentan este escenario debido que al momento de atender una emergencia muchas veces se presenta la necesidad de recoger de una cama e, incluso, del suelo a un paciente con obesidad que no se pueda mover y trasladarlo a la ambulancia.

De allí que de acuerdo con los informes generados en el 2015 por el departamento Estadísticas Sanitarias Mundiales de la Organización Mundial de la Salud, OMS, afirman que 30,7% de la población venezolana padece de obesidad, siendo el país el líder suramericano en cuanto a este tema. Por otro lado, según estadísticas generadas en ese mismo año por el Estudio Venezolano de Nutrición y Salud (EVANS) ofrecen un balance del estado nutricional donde afirman que más de la mitad de la población presenta sobrepeso u obesidad. El sobrepeso según el índice de masa corporal (IMC) fue de 33,4%, superior en los hombres (36,7% vs 30,3%) mientras que la obesidad por IMC fue de 28,3%, pero superior en mujeres (31,6% vs 24,9%). En las regiones venezolanas, las prevalencias de sobrepeso y obesidad por IMC fueron las siguientes: andes (60%), occidental 57,1% y en orden decreciente, oriental, capital, central y llanos (19,7%).

Varios médicos especialistas en el área bariátrica coinciden que en Venezuela los hospitales y clínicas no cuentan con la infraestructura y equipos necesarios para atender a personas obesas. Mencionan que el personal de enfermería tiene una tarea complicada y riesgosa al realizar transferencias de este tipo de pacientes. Además de esto muchos equipos presentes en los centros de salud no están adecuados para manejar el peso de estas personas, los especialistas comentan que las sillas de ruedas para uso clínico son el estándar, las cuales soportan aproximadamente hasta 100 kg, por otro lado, comentan que en ocasiones muy particulares se ha presenta el escenario de traslado de pacientes obesos en dos camillas, debido a que sus dimensiones corporales superan las estandarizadas en estos equipos.

La problemática también se presenta en el hogar cuando una persona con obesidad necesita ayuda para trasladarse dentro de la casa, o para levantarse de la cama para ir al cuarto de baño, en el proceso el cuidador se encuentra con limitaciones, ya que movilizar a una persona con sobrepeso requiere utilizar técnicas específicas. El traslado de una persona con estas características resulta difícil, genera mucho estrés y además puede conllevar lesiones de espalda y psicopatologías asociadas. Incluso si la persona puede mantener un estado de bipedestación, sus articulaciones sufren una carga extra generando en muchas ocasiones inflamación en cadera, rodillas, tobillos e incluso en la espalda ocasionando que paulatinamente disminuyan sus capacidades motrices. Además, la obesidad puede condicionar la aparición de un pie plano acompañado de dolores.

Todo lo mencionado anteriormente acarrea riesgos altísimos de accidentes, muchas veces la falta de habilidad y/o fuerza del personal de salud hacen que esta labor sea desgastante ya que cargar todo el peso con sus brazos aumenta el riesgo de lesiones en zonas específicas tales como espalda, brazos y hombros. Si a esto se le agrega la posibilidad de que este proceso lo deba hacer por lo menos dos veces al día, el riesgo de sufrir algún tipo de lesión aumenta considerablemente. Incluso el proceso repetitivo de trasladar a pacientes no obesos con discapacidades hará que el enfermero sufra lesiones, y por tal motivo ya no podrá seguir cumpliendo sus funciones normalmente y en el peor de los casos ya no podrá asistir al paciente debido a no poder hacer más esfuerzo físico.

1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera se puede disminuir el esfuerzo físico en el traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad mórbida dentro o fuera de un recinto hospitalario?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de elevación y transporte que permita disminuir el esfuerzo físico en el traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad mórbida dentro o fuera de las instalaciones del Centro Clínico de Naguanagua, C.A.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal.
- Analizar las variables que influyen en el traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad mórbida.

- Seleccionar la mejor alternativa del diseño en estudio.
- Diseñar el sistema seleccionado.
- Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del sistema diseñado.

1.4. Justificación

La investigación busca simplificar uno de los momentos más delicados en el campo de la salud, las transferencias, es decir, pasar a una persona de una superficie a otra. Este movimiento supone un momento de riesgo ya que el cuerpo del paciente queda por unos momentos sin apoyo y un error puede acarrear un accidente con graves consecuencias. Por eso es muy importante aprender a hacer estas maniobras correctamente y contar con la ayuda técnica de sistemas adecuados que pueda ser usado para personas discapacitadas, operadas u obesas, en especial estas últimas ya que por sus condiciones de peso y dimensiones requieren un mayor esfuerzo por parte del personal médico.

De allí que este trabajo de investigación en cuanto al carácter social busca beneficiar de forma positiva a las personas obesas previniendo futuras lesiones tanto para el paciente como para el personal encargado, permitiendo el mejoramiento de su entorno al propiciar mejores condiciones de vida y de igual manera, favorecer al personal médico encargado de las maniobras de traslado haciendo más fácil su labor.

Se pretende que el diseño concebido en esta investigación también tenga aplicaciones en cuanto al uso doméstico disminuyendo el trabajo físico de un cuidador. Ya que diariamente durante el cuidado de personas obesas o discapacitadas se pueden llegar a hacer fácilmente alrededor de 14 transferencias diarias, por ejemplo, de la cama a una silla de ruedas y de la silla de ruedas a la cama de nuevo, de la silla de ruedas al sillón y viceversa, todo esto se traduce en un sobre esfuerzo físico muy importante para la persona cuidadora, que termina afectando a su salud y a su estado emocional. Trabajar cargando un peso muerto tantas veces al día y en ocasiones en mala posición, al cabo del tiempo termina produciendo lesiones en el cuidador en la espalda, hombros y brazos principalmente, dejando secuelas permanentes en muchos casos.

El diseño permitirá reducir el número de personas que intervienen en la ejecución de un traslado, debido a que en el caso de pacientes obesos generalmente requiere la colaboración de dos personas, incluso hasta tres. Así mismo, se pretende prevenir las caídas accidentales que pueden ocurrir, ya que en los traslados hay un momento en el que el paciente no tiene contacto con

superficies de apoyo, si se hace de forma manual y en ese instante hay un resbalón o un error de cálculo, puede haber una caída tanto de la persona dependiente como del cuidador.

La ejecución de la investigación presenta un carácter novedoso ya que permitirá obtener un diseño con la capacidad de ser portátil, reduciendo sus dimensiones lo mayor posible de tal manera que sea fácil de trasladar al sitio donde es requerido, una vez allí el personal procede al armado para atender la situación con rapidez y eficacia. La condición de desarmable permitirá que no se requieran grandes espacios para el almacenamiento del equipo, evitando su obstaculización. De allí que con estas características técnicas permitirían que el diseño sea utilizado en ambulancias como parte del equipo necesario para atender emergencias.

Los sistemas de elevación y transporte que se encuentran actualmente en el mercado son fabricados en el exterior por lo que su adquisición por parte de los hospitales o clínicas es inviable debido a los costos económicos y a la logística que implica el proceso de importación es por ello que dentro de los avances tecnológicos de esta investigación se busca dejar una memoria de cálculos y análisis de las variables que intervienen para el diseño y fabricación de un sistema de elevación confiable y seguro para la ejecución de traslados. Con dicha información se contribuye de manera técnica para una futura producción en masa del diseño, y así ser usado en centros de salud a nivel nacional. De tal manera que se posibilite la implementación y uso de estos dispositivos en los centros clínicos de Venezuela

1.5. Alcance

La presente investigación busca diseñar un sistema de elevación con un servicio orientado principalmente al traslado de pacientes obesos, capaz de soportar diferentes cargas provenientes del peso, cumpliendo los requisitos de seguridad para el transporte además de ser ergonómico y de fácil funcionamiento.

Se establece una capacidad crítica de trabajo para un peso máximo de 180 kg y una altura de 1,70 metros. Esta determinación se basa en el promedio de pacientes con obesidad que asisten a consultas con especialistas bariátricos, quienes fueron consultados en el marco de esta investigación. Los datos de peso y altura mencionados arrojan un $IMC > 40$, por lo cual la persona es considerada con una condición de obesidad tipo mórbida (clase III); esto según la clasificación de la organización mundial de la salud.

La investigación se realiza para facilitar el transporte de pacientes y evitar la ocurrencia de lesiones durante el proceso, así mismo permite generar un mejor desempeño de ejecución por parte del personal que labora en el centro clínico Naguanagua, C.A.

La realización del diseño se limita para su uso en la población venezolana. Esto se sustenta con la información proporcionada por doctores especialistas en el área bariátrica consultados tanto a nivel estatal como nacional, los cuales coinciden según su experiencia profesional que el promedio de peso de las personas obesas en Venezuela se encuentra alrededor de los 150 kg.

Por último, el diseño se plantea para ser usado en el traslado de pacientes en condición de obesidad a través de una superficie que se encuentre al mismo nivel o piso, la cual además no presente cambios pronunciados de altura o desnivel. Así mismo el diseño no contempla ser usado para movilizar pacientes de un piso a otro, esto en el caso de espacios que cuenten con más de una planta.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Arias (2012, p. 106) el marco teórico es “el producto de la revisión documental-bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar” Es decir, se enmarcan aquellas leyes, métodos y fundamentos en los que se basa la investigación, para así sustentar el problema planteado.

2.1. Antecedentes

Tamayo y Tamayo (2007) definen los antecedentes como el proceso que "consiste en el análisis de investigaciones iguales o similares relacionadas en nuestro campo de estudio" (p. 99). Igualmente, los autores mencionados también señalan que los antecedentes son aquellas investigaciones teóricas anteriores semejantes al tema de estudio que el investigador debe indagar con el fin de recopilar información de esta. Por otro lado, Arias (2012) afirma que “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones”. (p. 108).

Buñi y Delpino en el año 2021 presentaron ante la Universidad José Antonio Páez ubicada en San Diego, Venezuela; un trabajo de grado titulado “**Diseño y simulación de un modelo de ascensor modular de fácil instalación en zonas residenciales en Valencia estado Carabobo**” para optar por el título académico de ingeniero mecánico. El estudio, fue de tipo de proyecto factible, se fundamentó en un diseño de investigación de campo y documental, con un nivel de investigación descriptivo. Los objetivos planteados se desarrollaron utilizando técnicas e instrumentos de recolección de datos (formato de entrevista y cuestionario) tomando como población y muestra censal al personal de la comunidad (36 residentes del conjunto residencial Montserino 12).

En el mencionado trabajo de grado el diseño de los elementos, partes y accesorios constitutivos del ascensor, poseen un alto grado de confiabilidad debido a que las piezas más críticas cuentan con factores de seguridad de 2, 3 y hasta 5.8 asegurando que el ascensor y los elementos no fallaran durante su operación, estos factores sirven como datos a considerar para el diseño que se pretende en esta investigación para así garantizar el cumplimiento del parámetro de seguridad ante los esfuerzos generados por el izaje de las personas obesas. Así mismo es

aprovechable para esta investigación la información generada por los autores en referencia a la formulación de las alternativas de diseño, ya que someten a análisis diferentes sistemas de accionamiento para cada posible solución.

Por otro lado, Amaya y Martos (2020), realizaron un trabajo de grado titulado “**Diseño de una grúa de elevación y traslado de accionamiento hidráulico con capacidad máxima de 135 kg para adultos mayores en condición de discapacidad motriz, pertenecientes al hogar geriátrico San Pedro Claver en la ciudad de Bogotá**”. Presentado como requisito académico para obtener el título de ingeniero mecánico, en la Universidad Antonio Nariño, ubicada en Bogotá, Colombia. El proyecto se realiza para facilitar el transporte de adultos mayores, evitar lesiones en el personal encargado de los pacientes y generar un mejor desempeño de las personas frente a ciertas actividades de la vida diaria dentro del hogar geriátrico San Pedro Claver. El análisis de la investigación considera la situación más crítica en la cual el pistón está completamente extendido.

Los datos obtenidos de lo anteriormente mencionado son de suma importancia para la realización de la presente investigación debido a que, para diseñar una grúa de elevación hidráulica para adultos mayores con discapacidad motriz, fue necesario tomar en consideración aspectos como la comodidad, la accesibilidad y la facilidad de uso además de la seguridad durante su uso. Estas mismas consideraciones pueden ser aplicadas al diseñar un sistema de elevación para personas con obesidad mórbida. Por otro lado, sirve como apoyo para establecer una similitud en cuanto a la adaptabilidad requerida para ser usada en instalaciones de recintos de salud.

De igual modo en el año 2019, García y Saavedra como requisito de grado una investigación titulada “**Diseño y construcción de un equipo de bipedestación**” presentado ante la Universidad de Carabobo (ubicada en el municipio Naguanagua, Edo. Carabobo) para obtener el título de ingeniero mecánico. El objetivo es diseñar y construir un equipo que permita realizar terapias de bipedestación, para lo cual se estudió el movimiento del cuerpo humano al ponerse de pie, pasa así simular este tipo de movimientos utilizando como base un mecanismo de cuatro barras. El tipo de investigación empleado se basa principalmente en la observación directa sin embargo incluye recopilación bibliográfica y apoyo en programas de diseño CAD.

Los investigadores construyeron un prototipo completamente funcional, el cual fue sometido a pruebas por parte del personal de fisioterapia y pacientes del I.V.S.S., dando como resultado una buena aceptación tanto por las pacientes como por el personal médico. Los cálculos

y las pruebas funcionales realizadas demuestran que es capaz de soportar la carga para la cual fue diseñado, de esta manera se garantiza un buen funcionamiento y una buena vida útil del equipo.

El diseño del bidepeador sirve como guía para esta investigación motivado a que ambos dispositivos deben estar contruidos con materiales resistentes y duraderos para soportar el peso de una persona de tal manera que se produzca una estructura metálica robusta. Todo esto además de tener un sistema de elevación o ajuste de altura para adaptarse a las necesidades individuales del usuario.

El trabajo de grado “**Diseño de un elevador de dos paradas para minusválidos, con una capacidad útil de 225 kg**” presentado por Arraiz y Goncalves (2018) ante la Universidad Metropolitana, ubicada en Caracas, Venezuela; para obtención de la titulación como ingeniero mecánico tiene como objetivo el diseño de un ascensor para minusválidos que pueda ser fabricado en Venezuela y que sea económico, estético, funcional, de rápida fabricación y que ocupe el mínimo espacio posible. En el diseño se consideran las normas específicas para este tipo particular de ascensores, así como, también los reglamentos que rigen la construcción de elevadores dirigidos a personas discapacitadas, Se presentan también consideraciones en base al mantenimiento, costos y sistemas de seguridad.

El mencionado trabajo de investigación sirve como apoyo metodológico para la presente investigación debido a que se realiza un análisis de la cantidad considerable de sistemas impulsores que pueden implementarse para la realización del diseño tomando en cuenta las ventajas y desventajas que ofrecían además de su capacidad para adaptarse a las configuraciones de operación requeridas. Así mismo busca una velocidad de trabajo gradual, donde esta disminuya lentamente hasta detenerse por completo, con el fin de evitar el desgaste de los equipos ante los esfuerzos producidos por una parada brusca además de brindar comodidad y seguridad a los pasajeros proporcionando un aterrizaje más suave. La investigación como parte de sus conclusiones presenta que el recorrido se debe lograr en un tiempo razonable y la parada no debe ser brusca, por lo tanto, se estableció una velocidad de 0,1 m/s, velocidad estipulada por la NORMA COVENIN 621 – 1: 93, la cual establece que la velocidad nominal para este tipo de ascensores no debe sobrepasar 1 m/s.

Por último, Smith (2018) efectuó una investigación titulada como “**Diseño conceptual de plataforma de elevación para personal de mantenimiento de la UNIMET**” presentado ante la Universidad Metropolitana ubicada en Caracas, Venezuela. La elaboración se hace para cumplir

con el requisito académico para obtener el grado de ingeniero mecánico. El trabajo de grado se presenta a raíz de la acumulación de trabajos de mantenimiento en alturas en los espacios de la universidad debido a que no cuentan con una plataforma de elevación, por lo recurren al alquiler de una únicamente dos veces al año por el alto costo que esto representa, es por ello por lo que el objetivo de la investigación es elaborar el diseño conceptual, básico y de detalle de una plataforma fija de elevación para personal para uso interno de la universidad.

Se estableció que la plataforma de elevación debe cumplir con las siguientes características: capacidad para elevar a dos operarios, estabilizadores, capacidad de elevación de hasta ocho metros, punto de anclaje para remolque y poseer alimentación eléctrica. Como parte del proceso de estudio se elaboraron tres propuestas de diseño de plataformas elevadoras con diferentes tipos de accionamiento (telescópica, articulada, tijera). Estas fueron evaluadas mediante una matriz de ponderación, dando valores a cada una de sus características anteriormente definidas con base a entrevistas realizadas, para escoger el tipo de plataforma que mejor se adaptará a los requerimientos.

2.2. Teoría Central de la investigación

Teoría de la energía de distorsión máxima

Es muy utilizada en la predicción de fallas de materiales medianamente dúctiles (como ciertos aceros) sometidos a distintos tipos de cargas, relacionando así a partir del círculo de Mohr los esfuerzos principales con la tensión máxima admisible. Se ha demostrado que el método de la energía de distorsión es el mejor estimador de la falla para materiales dúctiles bajo cargas estáticas o para esfuerzos normales, cortantes o combinados totalmente reversibles. La teoría de la energía de deformación máxima predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material. Se originó debido a que se comprobó que los materiales dúctiles sometidos a esfuerzos hidrostáticos (de igual tensión o compresión), presentan resistencia a la fluencia que exceden en gran medida los valores que resultan del ensayo de tensión simple. Por lo tanto, se postuló que la fluencia no era un fenómeno de tensión o compresión simple, sino más bien, que está relacionada de alguna manera con la distorsión angular del elemento esforzado.

2.3. Bases Teóricas

Según Pérez, (2006) las bases teóricas son "el conjunto actualizado de conceptos, definiciones, nociones, principios que explican las teorías principales del tópico a investigar" (p. 69). Por otro lado, Arias (2012) señala que "Las bases teóricas se refieren al desarrollo de los aspectos generales del tema, comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado" (p.100)

2.3.1. Transferencias

Consiste en desplazar la persona de una superficie o lugar a otro (por ejemplo, de silla de ruedas a sofá, de la cama a la silla de ruedas, de silla de ruedas a urinario). Es fundamental realizar los mismos de una forma correcta y adecuada para no producir ninguna lesión. Se considera que conlleva más riesgo en su ejecución ya que implica un cambio de plano y de superficie de apoyo y porque existe un momento en el que paciente y profesional se encuentran sin apoyo lo que puede dar lugar a una lesión más grave como es la caída accidental del paciente al suelo

Al realizar las movilizaciones o transferencias, se diferencian tres grados de ayuda:

- **Con supervisión:** La persona puede realizar el movimiento, pero requiere de cierto apoyo o control porque tiene problemas a la hora de planificar o requiere ayudas físicas puntuales.
- **Con ayuda física parcial:** La persona puede realizar parte del movimiento, pero requiere ayuda física puntual para completarla.
- **Con sustitución máxima:** La persona requiere de ayuda para realizar la maniobra. En función de la complejidad o esfuerzo que requiera, podrá ser realizada por una o dos personas cuidadoras al mismo tiempo.

En las situaciones en las cuales el paciente no colabora o es muy voluminoso, se recomienda utilizar una ayuda mecánica y/o solicitar ayuda a otros profesionales o compañeros. El uso de las ayudas mecánicas facilita el trabajo a los profesionales y son una medida preventiva muy eficaz, con la intención de reducir los riesgos de la movilización manual de pacientes.

Es importante destacar la diferencia entre movilizaciones y transferencia. El primer término se refiere a movimientos que se realizan sobre una misma superficie, implicando cambios de posición o de situación (ej. Cambiar de posición en la cama, corregir la postura cuando la

persona está sentada...). Por otro lado, las transferencias son movimientos que implican pasar de una superficie a otra (ej. Pasar de la cama a la silla de ruedas o de la silla al coche).

Existen diferentes movimientos específicos para la movilización de pacientes que el trabajador debe conocer y practicar. Estos movimientos son descritos y secuenciados de modo distinto y específico para cada una de las diferentes situaciones que puedan darse en el ámbito sanitario (ver Figura 1, Figura 2 y Figura 3).



Figura 1. Transferencia de la cama a la silla, pacientes dependientes.

Fuente: Esclerosis Múltiple Euskadi. (s/f).



Figura 2. Transferencia de la cama a la camilla, pacientes dependientes.

Fuente: Master medical. (s/f).



Figura 3. Transferencia de levantamiento desde el suelo, paciente dependiente.
Fuente: Esclerósis Múltiple Euskadi. (s/f).

2.3.2. Obesidad

Según la OMS menciona que el sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud, véase Figura 4. El índice de masa corporal (IMC) es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos. Se calcula dividiendo el peso de una persona en kilos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m^2).

En el caso de los adultos, la OMS define el sobrepeso y la obesidad como se indica a continuación:

- Sobrepeso: IMC igual o superior a 25.
- Obesidad: IMC igual o superior a 30.



Figura 4. Persona obesa.
Fuente: Equipo UCOM. (2021).

El IMC proporciona la medida más útil del sobrepeso y la obesidad en la población, pues es la misma para ambos sexos y para los adultos de todas las edades. Sin embargo, hay que considerarla como un valor aproximado porque puede no corresponderse con el mismo nivel de grosor en diferentes personas.

La causa fundamental del sobrepeso y la obesidad es un desequilibrio energético entre calorías consumidas y gastadas.

- Un aumento en la ingesta de alimentos de alto contenido calórico que son ricos en grasa;
- Un descenso en la actividad física debido a la naturaleza cada vez más sedentaria de muchas formas de trabajo, los nuevos modos de transporte y la creciente urbanización.

A menudo los cambios en los hábitos alimentarios y de actividad física son consecuencia de cambios ambientales y sociales asociados al desarrollo y de la falta de políticas de apoyo en sectores como la salud; la agricultura; el transporte; la planificación urbana; el medio ambiente; el procesamiento, distribución y comercialización de alimentos, y la educación.

A su vez es posible clasificar la obesidad en 3 categorías

- Grado I (30.0 a 34.9 kg/m²)
- Grado II (35.0-39.9 kg/m²)
- Grado III u obesidad mórbida (≥ 40.0 kg/m²).

Las personas con obesidad mórbida (Figura 5) frecuentemente presentan hipertensión arterial, diabetes mellitus, cardiopatía coronaria, insuficiencia respiratoria y dislipidemia; además de lo anterior, pueden padecer limitaciones físicas para realizar actividades debido a problemas osteoarticulares derivados de la obesidad extrema.



Figura 5. Pareja con obesidad mórbida.
Fuente: Bionity. (2023).

2.3.3. Sistemas de elevación y transporte

Los sistemas de elevación y transporte de materiales tienen por objeto conseguir el desplazamiento de cargas, tanto en sentido vertical, horizontal o ambos a la vez, en forma continua o intermitente. Estas cargas, en la industria, pueden estar constituidas por:

- a) Distintos tipos de materias primas.
- b) Piezas semielaboradas a lo largo del proceso de fabricación.
- c) Productos terminados.
- d) Mercaderías de todas clases.
- e) Personas.
- f) Animales.
- g) Materiales de construcción.
- h) Máquinas y equipos, o elementos constitutivos de las mismas.

2.3.4. Grúas para traslado de personas

Se define grúa como una máquina empleada para elevar y transportar carga de un lugar a otro. Se puede movilizar la carga verticalmente dependiendo de la longitud del mástil y horizontalmente dependiendo del brazo de la grúa. Para esto se usa un gancho en el extremo de la grúa para fijar ahí la carga a trasladar por el aire.

Existen diferentes tipos de grúas usadas para el traslado y posicionamiento de personas, su sistema está diseñado para proporcionar seguridad, comodidad y facilidad de adquisición para las personas que necesitan adquirirlas. Para el uso de este tipo de grúa se emplea un arnés o camilla especial para poder trasladar al paciente. Según el tipo de dolencia o discapacidad se emplea un determinado tipo de arnés. Dependiendo de las características que desee el usuario y/o el lugar donde se va a emplear, se clasifican las grúas en dos tipos: grúas móviles y grúas fijas.

Grúas fijas

Permiten el traslado del paciente de cama a silla de ruedas y viceversa, pero en un lugar fijo sin la posibilidad de hacer el traslado en alguna otra posición o lugar. Son fijadas una sola vez para su uso continuo. La ventaja de este tipo de grúa es que ocupa un mínimo de espacio y es por esto por lo que este tipo de grúa se hacen idóneas para recámaras con un pequeño espacio libre, sin embargo, este tipo de grúa tiene la limitante que la mayoría de ellas solo se pueden trasladar pacientes en la posición de sentado o semi acostado, debido a que están empotradas junto a la pared y la cama, no hay espacio suficiente para que la persona pueda ser trasladada recostada o trasladado en camilla.

a) Grúa empotrada en piso

En la Figura 6 se observar un tipo de grúa la cual se encuentra empotrada en la pared y el piso cerca al espaldar de la cama o camilla del paciente, su costo es menor, pero impide el traslado de la grúa, delimitando así su uso para un solo paciente. Su uso se hace necesario si el paciente tiene discapacidad motriz permanente.

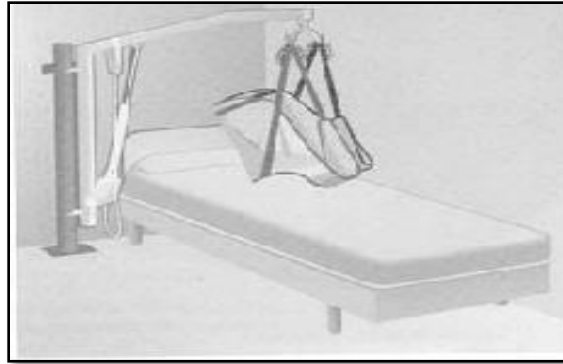


Figura 6. Grúa empotrada en piso.
Fuente: Pavón Solano, L. S. (2016).

b) Grúa de piscina

Diseñada para ingresar a la persona a la piscina para procesos de rehabilitación, véase Figura 7. Su uso en la mayoría de las ocasiones es hospitalario por el mismo hecho de que se emplea para rehabilitación, la grúa debe contar con un acabado especial para evitar corrosión del material. Debe estar separado de los pasamanos de la piscina para evitar choques del usuario. El piso junto a la grúa debe ser con un coeficiente de rugosidad alto para poder maniobrar la silla de ruedas con seguridad y que el operador pueda trasladarse sin ningún problema.



Figura 7. Grúa para piscina.
Fuente: Mundo Dependencia (s/f).

c) Grúa para techo

Para las grúas como las ilustradas por la Figura 8, se debe instalar un riel para poder sujetar el sistema de la grúa y pueda trasladarse por todo lugar donde se encuentre el riel. Esta debe ser posicionada estratégicamente debido a que solo podrá seguir el camino trazado. Este tipo de grúa conlleva un gasto extra debido a que se tiene que acondicionar el techo para su uso. Su acceso se limita a la recámara del paciente, caso contrario se debe eliminar marcos de puertas y su acceso en ascensores es imposible.



Figura 8. Grúa para techo.
Fuente: S/T/S Medical (s/f).

Grúa móvil

Tienen en su base ruedas que permiten su desplazamiento en lugares planos. Para su desplazamiento se debe tener un espacio mínimo, este tipo de grúas pueden ser usadas para trasladar pacientes en distintas condiciones como: cama- cama, cama- silla de ruedas y cama-baño, este tipo de grúas son más usadas debido a que pueden ser empleadas por más de una persona.

a) Grúa para arnés

Se usan habitualmente para personas con un grado de movilidad reducida muy elevado. Las grúas de traslado cuentan con dos patas articuladas provistas de ruedas. Estas patas, realizan movimientos de aducción y abducción permitiendo a la grúa, ajustarse y acercarse lo máximo posible a la cama, silla, sillón... Este sistema proporciona mayor seguridad a la persona usuaria y

mayor confort a las personas asistentes que realizan las maniobras de movilización. Este tipo de grúas se detalla en la Figura 9.

Otro de los elementos fundamentales que contiene esta grúa es el brazo donde se sitúa la percha. La percha a su vez contiene dos mosquetones en cada uno de sus extremos, en los cuales va sujeto el arnés. La principal ventaja de estas grúas es que no hace falta sentar al paciente para poner el arnés, sino que se puede poner o quitar mientras está tumbado en la cama.



Figura 9. Grúa para arnés.
Fuente: Manros (s/f).

b) Grúa de camilla

Se usa si el traslado del paciente debe ser en forma horizontal, para cambiar de cama a camilla y viceversa. El uso de este tipo de grúa debe ser en lugares muy amplios debido a que tiene que girar con la camilla en posición horizontal (véase Figura 10), de la misma forma cuenta con frenos en sus ruedas traseras para evitar riesgos en pisos inclinados. Este tipo de grúa es más de uso hospitalario debido a que es aquí donde más se necesita trasladar pacientes en forma horizontal, su diseño es más robusto para soportar grandes cargas, debido a que en ellas también se pueden trasladar mujeres embarazadas.



Figura 10. Grúa de camilla.
Fuente: Tecnum. (s/f).

c) Grúa de bipedestación

Transporta al paciente en posición de pie o semi-levantada, gracias al apoyo de los pies en una plataforma de la grúa y al arnés de seguridad que sostiene al paciente de forma segura durante la transferencia. Sin embargo, la grúa de bipedestación (véase Figura 11) no mantiene el peso del paciente por completo, sino que éste debe tener cierta estabilidad, sobre todo en pies y piernas, para que la grúa pueda potenciar su movilidad. Es, por lo tanto, una grúa diseñada para la transferencia de pacientes con problemas de movilidad que conservan cierto equilibrio y masa muscular. Es ideal para cambiar pañales, para vestir o desvestir y también es muy práctica para utilizar el WC.



Figura 11. Grúa de bipedestación
Fuente: AyudaTecnía (s/f).

2.3.5. Arnés para grúas de traslado de personas

El arnés (véase Figura 12) es un elemento de seguridad que protege la integridad física de las personas que lo usan. este elemento se encarga de distribuir uniformemente las fuerzas necesarias para realizar la elevación de las personas en los procesos de traslado de un lugar a otro; su utilidad radica en las partes de anclaje que este posee a nivel del dorso y a los costados de las caderas lo que permite que la movilización de las personas sea mucho más cómoda y sin dolor.



Figura 12. Diferentes tipos de arneses para grúas de traslado de personas
Fuente: Ortopedia mimas (2021).

Diseñados para realizar transferencias con seguridad y comodidad tanto para el paciente como para el personal auxiliar. Según el fabricante algunos son regulables a diferente altura, tomando como referencia un sistema codificado de colores para mayor comodidad. Existen arneses compatibles con grúas que tengan la percha de 2 o 4 puntos de sujeción.

Los arneses pueden estar hechos de diversos materiales, desde poliéster hasta malla en forma de rejilla. La elección dependerá de las necesidades específicas del paciente y de la frecuencia de uso.

- **Poliéster:** fácilmente manejable, resistente a lavados a altas temperaturas además de ser muy versátil. La eslinga suele venir con un recubrimiento en los bordes para evitar presiones y cizallamientos en la piel del paciente. Se caracteriza por ser un material con gran durabilidad y fácil de limpiar. Adecuado también para uso sanitarios.
- **Malla en forma de rejillas:** Adecuado para uso en el baño o la ducha, debido a que la rejilla está elaborada de un material impermeable, capaz de mojarse y secarse

con facilidad. Además de dejar pasar el agua a través del entramado del tejido. Por lo general el material usado es poliéster entramado en forma de rejillas.

Al elegir el mejor arnés para grúa de enfermo se debe tener siempre muy presente las necesidades y las características del usuario. Lo principal que debe considerarse es el control que tenga el usuario de su cuerpo, o lo que es lo mismo, el control de tronco. Según esta condición se elige el tipo de respaldo adecuado. Para usuarios con control de tronco, que no necesitan soporte extra, pueden elegir un arnés con respaldo bajo. Si carecen de control de tronco, pero no necesitan soporte para la cabeza, los arneses con respaldo alto por debajo del cuello serían los recomendados. Por último, para usuarios con poco control de tronco y cabeza, lo ideal es el arnés con respaldo hasta encima de la cabeza o con soporte de cabeza, también aquellos tipos hamaca.

Otro factor importante a la hora de elegir el arnés adecuado es tener en cuenta si se usara para realizar transferencias al W.C. Si este es el caso, es conveniente elegirlo con abertura para higiene, ya que de esta forma no es necesario quitarle el arnés al usuario para usar el W.C.

a) Arnés universal

Este tipo de arnés es el más común y es adecuado para una amplia gama de necesidades. Se caracteriza por no tener apoyo en la cabeza, es ideal para los usuarios que tienen un buen control de la cabeza. Proporciona un buen soporte del cuerpo y estabiliza la pelvis, apoyando la parte superior del cuerpo y dando al usuario una sensación de comodidad y seguridad. Usado en usuarios con un grado de discapacidad física u otras necesidades especiales. Se utiliza para transferencias desde una posición sentada o acostada. Este tipo de arnés se ilustra en la Figura 13.



Figura 13. Arnés universal.
Fuente: Winnicare (s/f).

Por lo general, un arnés universal tiene soportes para las piernas divididos, que se pueden utilizar para sostener cada pierna por separado, o se pueden cruzar para mantener las piernas juntas. Este diseño es quizás el más adaptable en términos de mantener al usuario del servicio en una posición cómoda y segura.

b) Arnés de bipedestación

Diseñado específicamente para ayudar a los pacientes a ponerse de pie. Proporciona soporte alrededor del torso y debajo de los brazos. Ofrece una transferencia cómoda y segura para aquellos usuarios con suficiente control en el cuerpo, pero sin independencia para permanecer de pie. Adicionalmente, el paciente debe poseer equilibrio mental, buen estado físico y mantener el control de la cabeza, así como también la habilidad de sujetar la grúa durante la transferencia. Las eslingas tienen refuerzos acolchados en la espalda y las axilas, así como también material antideslizante en la espalda y cinturón para garantizar una transferencia segura. Véase Figura 14.



Figura 14. Arnés de bipedestación.
Fuente: Winnicare (s/f).

c) Arnés de higiene

Este tipo de arnés (ilustrado en la Figura 15) tiene aberturas estratégicamente ubicadas para facilitar el cambio de pañales o la higiene personal sin necesidad de quitar el arnés. El arnés

garantiza una buena postura vertical que facilita el correcto posicionamiento del usuario. Se utiliza para traslados desde y hacia el inodoro.



Figura 15. Arnés de higiene
Fuente: Winncare (s/f).

d) Arnés para amputados

Para pacientes con amputaciones, este arnés (Figura 16) proporciona un soporte adicional para garantizar una posición segura y cómoda durante el traslado. Tiene apoyo adicional alrededor de los muslos y la pelvis. Las correas de las piernas tienen una super cie acolchada grande, que reduce la presión en todo el fémur. Se utiliza para amputados individuales o dobles.



Figura 16. Arnés para amputados
Fuente: Winncare (s/f).

e) Arnés de cabeza y torso

También llamados tipo hamaca. Ofrecen soporte adicional para la cabeza y el torso, ideal para pacientes con control limitado del tronco o la cabeza. El arnés con soporte para la cabeza es para los usuarios que necesitan apoyo adicional alrededor de la cabeza. Proporciona un buen soporte del cuerpo y estabiliza la pelvis, apoyando la parte superior del cuerpo y dando al usuario una sensación de comodidad y seguridad. Para los usuarios con un grado de discapacidad física u otras necesidades especiales. Se utiliza para transferencias desde una posición sentada o acostada. Véase Figura 17.



Figura 17. Arnés de cabeza y torso
Fuente: Winnicare (s/f).

2.3.6. Actuadores

Los actuadores son dispositivos que brindan la posibilidad de transformar diferentes tipos de energía para generar algún funcionamiento dentro de un sistema automatizado determinado. Usualmente, los actuadores generan una fuerza mecánica a partir de distintos tipos de energía, como puede ser eléctrica, neumática, o hidráulica.

a) Actuador Hidráulico

Los actuadores hidráulicos, que son los más usuales y de mayor antigüedad en las instalaciones hidráulicas, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, y aprovechan la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica, generando

movimientos lineales. Los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados.

b) Actuador Neumático

Los actuadores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando un movimiento lineal mediante servomotores de diafragma o cilindros, o bien un movimiento giratorio con motores neumáticos.

c) Actuador Eléctrico

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.

2.3.7. Factor de seguridad

El término factor de diseño o factor de seguridad N , es una medida adimensional, que representa seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. La resistencia del material con la que se fabricará el componente se divide entre el factor de diseño para determinar el esfuerzo de diseño, σ_{perm} , que a veces se llama esfuerzo permisible. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor al esfuerzo permisible, por lo tanto:

$$\text{Factor de seguridad, } N = \frac{\text{Resistencia a la fluencia del material}}{\text{Esfuerzo máximo permitido para el diseño}} = \frac{\sigma_y}{\sigma_{perm}}$$

Generalmente, el factor de seguridad debe ser mayor que 1,0 para evitar la falla. Dependiendo la situación o circunstancias, los factores de seguridad varían desde un poco más de 1,0 a 10.

2.3.8. Análisis de elementos finitos

El análisis de elementos finitos es un método utilizado en ingeniería mediante el cual se calculan los esfuerzos y deflexiones de un modelo sólido tridimensional sometido a diferentes cargas simuladas, haciendo uso de un software en donde se ingresan datos como las restricciones de movilidad, los puntos de apoyo, el tipo de material a utilizar entre otros.

Este software utiliza un mallado fino o grueso según el nivel de exactitud requerido, en donde el modelo se descompone en partes más pequeñas para su análisis individual, y luego los

resultados se integran para determinar el comportamiento de sólido en cuanto a esfuerzos y deformaciones y mediante algunos mapas de colores mostrar de forma clara los puntos de máximo y mínimo esfuerzo.

Los valores obtenidos, sirven de guía al diseñador para evaluar el nivel de seguridad que posee el objeto diseñado, y poder así tomar las decisiones pertinentes para optimizar el diseño modificando aspectos como el tipo de material, la forma, el peso etc. Con lo cual se logran diseños más eficientes sin necesidad de fabricar modelos físicos.

2.3.9. Teorías de falla para materiales dúctiles

La falla de un material está asociada a la fractura de un elemento o pieza. Los mecanismos de falla dependen de la estructura cristalina del material y de cómo se encuentran los enlaces atómicos. Para predecir la falla de materiales bajo cargas estáticas y poder hacer diseños de piezas o elementos de máquinas confiables es necesario conocer los diferentes tipos de teorías de fallas de un material dúctil.

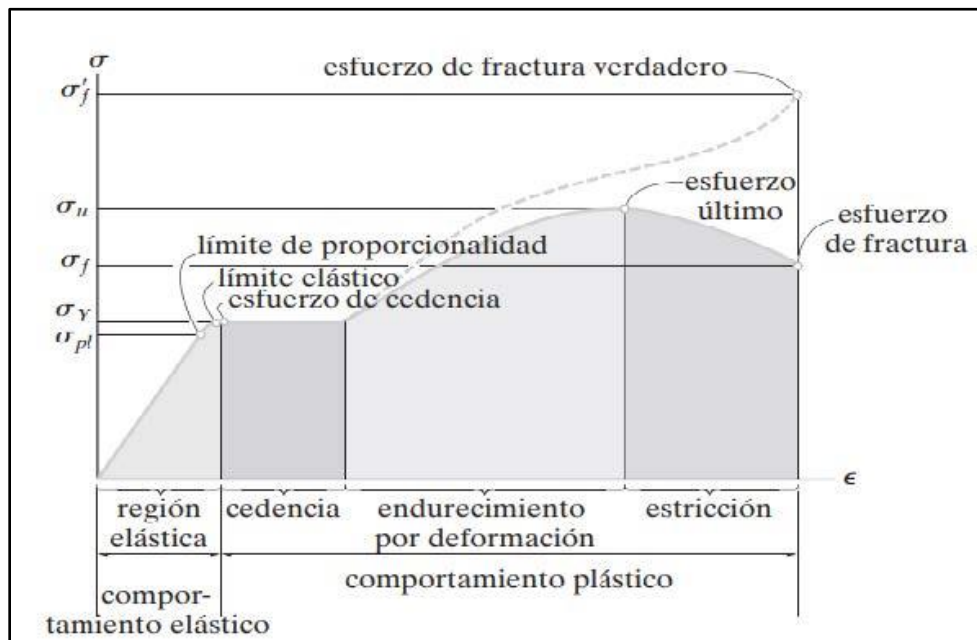


Figura 18. Gráfica de esfuerzo vs deformación, de un material sometido a una carga. Fuente: Hibbeler, R (2011).

La gráfica de la Figura 18 nos muestra como un material se deforma por la acción de una carga. En el primer segmento de la gráfica se encuentra la zona elástica, en la que el material se deforma de manera lineal conforme aumentamos la carga. En esta zona se cumple el módulo Young (E) que es igual a la pendiente de la recta. Esta linealidad se cumple hasta que se llega al

límite de fluencia en el que el material pasa de una deformación elástica a una deformación plástica, en la cual conforme se eleva la carga permanece así su fractura.

2.3.10. Esfuerzo debido a la flexión

Una viga es un elemento que soporta cargas transversales a su eje. Estas cargas producen momentos de flexión en la viga, las cuales a su vez causan el desarrollo de esfuerzos de flexión. Los esfuerzos de flexión son esfuerzos normales de tensión o de compresión. El esfuerzo cortante máximo en una sección transversal de una viga está en la parte más alejada del eje neutro de la sección.

El plano neutro se define como el plano xy que contiene los ejes neutros de las secciones transversales, dentro de este plano el eje x converge con el eje neutro de la sección. Todos los esfuerzos que coincidan con este plano tendrán un valor igual a cero

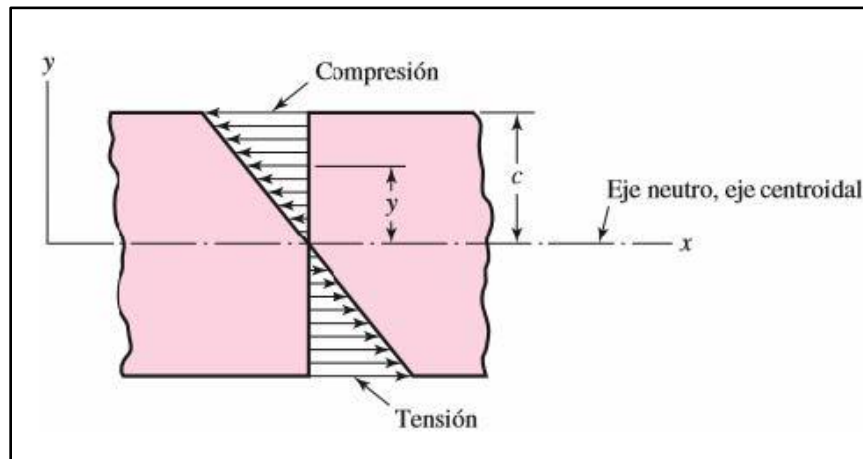


Figura 19. Esfuerzo en flexión.
Fuente: Hibbeler, R (2011).

La magnitud del esfuerzo de flexión varía linealmente dentro del área transversal, desde el valor cero en el eje neutro, hasta el esfuerzo de tensión máximo en un lado del eje neutro, y hasta el esfuerzo de compresión máximo en el lado contrario. Existe flexión positiva cuando la forma flexionada de la viga es cóncava hacia arriba, lo que causa una compresión en la parte superior de la sección transversal, y tensión en la parte inferior. Por el contrario, la flexión negativa provoca que la viga sea cóncava hacia abajo.

$$\sigma = -\frac{M \cdot y}{I}$$

Donde:

M: Magnitud del momento de flexión en esa sección

I: Momento de inercia del área transversal con respecto a su eje neutro

y: Distancia desde el eje neutro

El esfuerzo flector máximo se dará cuando (*y*), tenga su magnitud más alta. Es decir, se designa σ_{max} como el esfuerzo máximo en flexión y *C* como la magnitud máxima de (*y*).

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot C}{I}$$

A menudo se suele utilizar la ecuación anterior para determinar el esfuerzo máximo en tracción o en compresión escrita de la siguiente forma:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S}$$

Donde:

S: Módulo de sección (propiedad geométrica del área transversal de la viga).

2.3.11. Deflexión en una viga, método de doble integración

Cualquier carga de flexión aplicada provocará una deflexión en la viga, ya que se trata de un material elástico. Si la deflexión no causa deformaciones más allá del punto de fluencia del material, la viga regresará a su estado sin flexión cuando se retire la carga. Si la deformación excede ese punto de fluencia del material, la viga cederá y “adquirirá dureza” si es dúctil, o quizá se fracture si es frágil. Si a la viga se le da un tamaño para evitar que los esfuerzos excedan el punto de fluencia del material (u otros criterios de resistencia adecuados), entonces no se debe presentar un endurecimiento o una ruptura permanente.

Las deflexiones pueden causar interferencias entre las piezas móviles o desalineamientos que destruyen la exactitud requerida del dispositivo. En general, diseñar para minimizar las deflexiones ocasionará secciones transversales más grandes de la viga, que si se diseña sólo contra las fallas por esfuerzos.

La deflexión por flexión de una viga se calcula por integración doble de la ecuación de la viga la cual relaciona el momento aplicado M , el módulo de elasticidad E del material y el momento de inercia del área de la sección transversal I con la segunda derivada de la deflexión de la viga y . La variable independiente x es la posición a lo largo de la longitud de la viga.

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

La anterior ecuación puede diferenciarse dos veces e integrarse dos veces para crear el conjunto de cuatro ecuaciones, las cuales definen el comportamiento de la viga.

$$\frac{V}{EI} = \frac{d^3y}{dx^3}$$

Derivando

$$\frac{q}{EI} = \frac{d^4y}{dx^4}$$

$$\theta = \frac{dy}{dx}$$

Integrando

$$y = f(x)$$

2.3.12. Método de Vilchez

El método de Vilchez es un concepto utilizado para selección la mejor solución entre tantas opciones disponibles es un procedimiento para resolver problemas, esta técnica está conformada por una serie de pasos previos a aplicar, estos pasos pueden usarse de manera gráfica y explícito como pueden ser utilizados sin hacer alarde de que fueron usados. Este método fue elaborado por el profesor e ingeniero Nelson Vilchez de la Universidad de Carabobo, en la Figura 20, se muestran distintos métodos que se pueden utilizar para llevar a cabo el procedimiento.

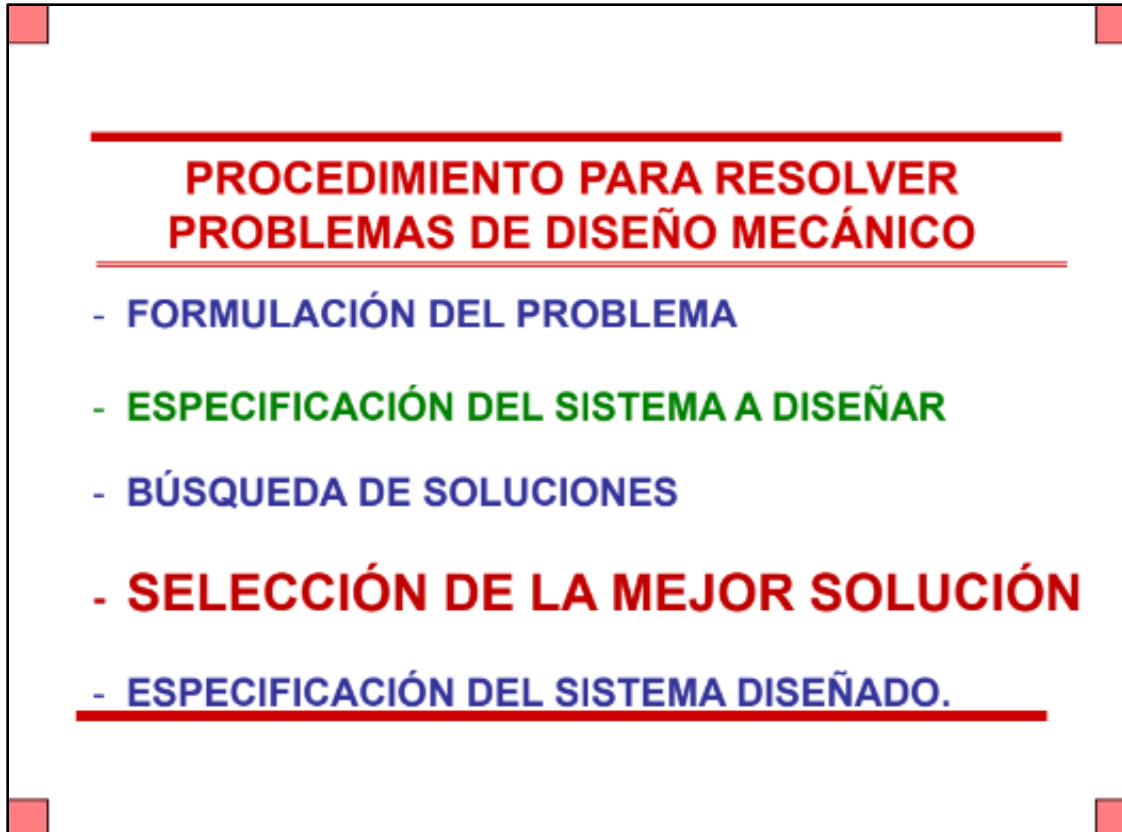


Figura 20. Procedimiento del método de Vilchez
Fuente: Vilchez, N. (2016).

Este método tiene como finalidad describir de modo general la solución del problema. Por lo cual es necesario, dedicarse a idear opciones que satisfagan esa descripción. Para ello principalmente se aplica una serie de restricciones.

A través del método se busca simplificar la toma de decisiones al momento de tomar en consideración posibles soluciones; estas son evaluadas en base a unos criterios considerados y, ponderando cada una de ellas, luego de revisarlas todas, determinando las ventajas y desventajas de cada opción, aspectos sobresalientes de algunas, comparar y combinar opciones para generar nuevos resultados, mientras más propuestas se tenga, mejor será la toma de decisión final. La Figura 21, muestra los pasos dados para cumplir con la selección de la mejor solución comparando con una cantidad de puntos, ponderados, evaluados por criterios.

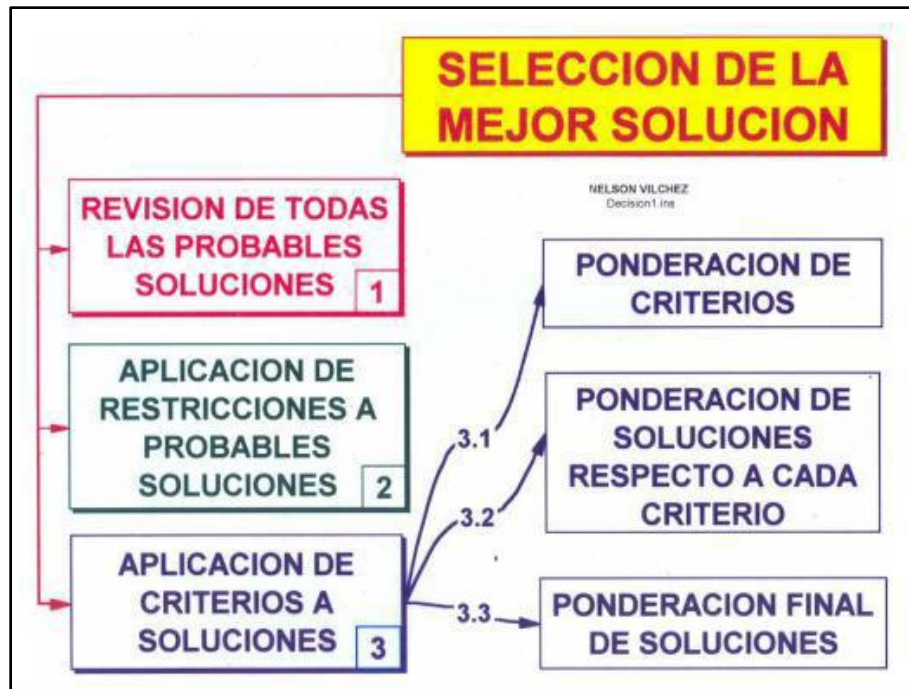


Figura 21. Pasos para seleccionar la mejor solución.
Fuente: Vilchez, N. (2016).

2.3.13. Método de ponderación de criterios y soluciones

Se estudian todas las probables soluciones generadas durante la etapa de búsqueda. El diseñador debe efectuar un análisis de las probables soluciones con el propósito de comprenderlas si lo considera necesario, el analista adquiere así una visión de conjunto del resultado de la etapa de búsqueda de soluciones y queda en mejores condiciones para seleccionar el curso de acción más apropiado.

Se aplican las restricciones a todas las probables soluciones. Teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- las restricciones permiten eliminar probables soluciones, sin necesidad de compararlas entre sí
- para que una probable solución se convierta en solución es necesario que cumpla con todas las restricciones del problema.

Se aplican los criterios a las soluciones. Esta etapa consta de tres pasos:

- ponderación de criterios
- ponderación de soluciones de acuerdo con cada uno de los criterios
- ponderación final de soluciones.

2.4. Bases Legales

Según Villafranca D. (2002) «Las bases legales no son más que leyes las cuales sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto» explica que las bases legales “son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”.

La presente investigación se apoya en el conjunto de normas publicadas por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), una filial de la Organización Internacional de Normalización (ISO) específicamente aquellas normas que pertenecen a la serie IEC 60601 (Normas para la Seguridad de Productos Médicos), las cuales se aplican a la seguridad y el rendimiento básicos de equipos y sistemas eléctricos orientados a fines médicos. Algunas de estas normas a considerar para esta investigación son:

2.4.1. EN 60601-1 Equipo médico eléctrico - Parte 1: Reglas generales para la seguridad básica y el rendimiento requerido

2.4.2. EN 60601-1-8 Equipo médico eléctrico - Parte 1-8: Reglas generales para la seguridad básica y el rendimiento requerido - Norma auxiliar: Características generales, experimentos y pautas para equipos médicos eléctricos y sistemas de advertencia en sistemas médicos eléctricos

2.4.3. EN 60601-1-6 Equipo médico eléctrico - Parte 1-6: Reglas generales para la seguridad básica y el desempeño requerido - Estándar auxiliar: Facilidad de uso

2.4.4. EN 60601-1-9 Equipo médico eléctrico - Parte 1-9: Características generales para la seguridad básica y el rendimiento requerido - Estándar auxiliar: Características para un diseño respetuoso con el medio ambiente

Por otro lado, la ISO también dispone de especificaciones para las normas de los productos sanitarios. ISO 13485 y ISO 14971 son normas ampliamente utilizadas en todo el mundo para la gestión de la calidad de los productos sanitarios.

2.4.5. ISO 13485 - gestión de la calidad para la industria de dispositivos médicos.

2.4.6. ISO 14971:2019 Dispositivos médicos/productos sanitarios (MD) - Aplicación de la gestión del riesgo a los MD

Así mismo en Venezuela se cuenta con normas adaptadas a las particularidades del país, registradas y publicadas bajo el nombre COVENIN. Para el diseño del sistema de elevación y transporte que se plantea en esta investigación es imperativo la consulta de dichas normas, específicamente:

2.4.7. COVENIN 2147-84: Aparatos pesados de elevación. Requisitos de seguridad

2.4.8. COVENIN 3:4-007: Equipos de izamiento. Mantenimiento y pruebas

2.4.9. COVENIN 3511:1999: Equipos de izamiento. Grúas torres

2.5. Definición de Términos

Según Arias (2012) consiste en dar el significado preciso y según el contexto a los conceptos principales, expresiones o variables involucradas en el problema y en los objetivos formulados. Para Tamayo y Tamayo (2007) es la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema, que no han sido definidos en el marco teórico, pero su conceptualización es importante para comprender la teoría que se expone. En ese sentido se procede a definir los siguientes términos implicados en la investigación:

Bariatría: rama de la medicina que se ocupa de la prevención y tratamiento de la obesidad.

Bipedestación: capacidad de mantenerse erguido sobre las extremidades inferiores, es decir mantenerse de pie.

Lesiones musculoesqueléticas: conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, ligamentos, nervios y articulaciones que se localizan principalmente en cuello, hombros, codos, muñecas, manos y columna vertebral

Obesidad mórbida: condición que se presenta en pacientes con un índice de masa corporal o IMC superior a 40.

Sistemas de elevación y transporte: son dispositivos que se han diseñado para lograr mover cuerpos que tengan poca o ninguna movilidad con poca inversión de fuerza física.

Transferencias: movimientos que implican pasar a un paciente de una superficie a otra (ej. Pasar de la cama a la silla de ruedas o de la silla al coche).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Con el propósito de lograr dar una visión más técnica y metodológica a la investigación, se buscará desarrollar y definir lo que es un marco metodológico, que según Tamayo y Tamayo (2007 p.37) lo define como “El proceso, que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”.

Es imperativo señalar que la investigación, dada a su propia naturaleza, exige el tratamiento de algunos elementos. En este caso, se utilizan métodos sustentados por diversos autores para resolver el problema planteado y que resulten convenientes a las metas que se persiguen; ya que la conformación de estos tiene que estar en perfecta concordancia con los objetivos de la investigación.

3.1. Paradigma de investigación

Damiani (1997) señala que "Un paradigma constituye un sistema de ideas que orientan y organizan la investigación científica de una disciplina, haciéndola comunicable y modificable al interior de una comunidad científica que utiliza el mismo lenguaje" (p. 56). Por otro lado, Cauas (2006) menciona que el paradigma de investigación cuantitativa utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de estadísticas para establecer con exactitud, patrones de comportamiento en una población. Además, añade que es un tipo de pensamiento deductivo, que va desde lo general a lo particular. Desde un conocimiento extenso de una generalidad, para luego deducir el comportamiento acotado de una particularidad individual.

Para la presente investigación se emplea un enfoque que determina el paradigma sobre el cual se va a investigar, en este caso será el Cuantitativo que los autores lo definen como un “conjunto de procesos organizados de manera secuencial para comprobar ciertas suposiciones. Cada fase precede a los siguientes y no se puede eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, se pueda redefinir alguna etapa. Parte de una idea que se delimita y una vez acotada, se generan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica (Hernández, Fernández, Batista 2014, p.6)

3.2. Tipo de Investigación

Un proyecto factible o investigación proyectiva, de acuerdo con Hurtado (2000), “consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución, o de una región geográfica, en un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y de las tendencias futuras, es decir, con base en los resultados de un proceso investigativo” (p. 47). Ahora bien, según Palella y Martins (2006) lo mencionado por Hurtado se aplica a todas las investigaciones que conllevan a diseños o creaciones dirigidas a cubrir una necesidad y basadas en conocimientos anteriores. De allí el término proyectivo que refiere a un proyecto en cuanto a aproximación o modelo teórico.

Esta investigación se define de tipo proyecto factible o proyectivo, según el enfoque del autor, pues consiste en elaborar una propuesta de diseño de un sistema de elevación y transporte para ser usado por el personal de enfermería que labora en las instalaciones del Centro Clínico de Naguanagua, C.A; así como también en otros centros de salud a nivel nacional. Disminuyendo el esfuerzo físico necesario para realizar prácticas de traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad, especialmente el tipo mórbida.

3.3. Diseño de la Investigación

Según Arias (2012), “el diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo, y no experimental” (p. 27).

Por las consideraciones anteriores, se puede decir entonces que la presente investigación cuenta con un diseño apoyado en la investigación de campo, ya que los datos recolectados provendrán directamente del sujeto de estudio. De igual manera, la investigación se encuentra apoyada a su vez de un diseño documental, ya que para la misma se recolectarán datos obtenidos por otros investigadores con el fin de adquirir nuevos conocimientos. Es por esto por lo que la investigación presenta un diseño apoyado en una investigación de campo y documental, ya que se recolectan datos directamente del sujeto de estudio y de fuentes documentales secundarias.

3.4. Nivel de la investigación

Según Arias (2012), se refiere al nivel de investigación como “el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p. 23). A su vez, establece tres niveles de

investigación, exploratoria, descriptiva y explicativa. El autor define “una investigación descriptiva como aquella que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). Asimismo, Hurtado (2000), infiere que “la investigación descriptiva tiene como objetivo la descripción precisa del evento de estudio, este tipo de investigación se asocia al diagnóstico; el propósito es exponer el evento estudiado, haciendo una enumeración detallada de sus características, de modo tal que en los resultados se pueda obtener dos niveles de análisis; dependiendo del fenómeno o del propósito del investigador” (p. 100).

Es por lo anterior que la investigación en curso es de tipo descriptiva siendo así una descripción de los parámetros necesarios para la elaboración de una propuesta de diseño, orientada a mitigar o reducir el esfuerzo físico que realiza el personal de la salud al ejecutar procedimiento de transferencias en personas obesas, especialmente el tipo mórbidas. Durante su realización se describen y analizan las variables que intervienen en la problemática para generar una metodología de diseño que dé respuesta a la situación a través de la formulación técnica de un sistema de elevación y transporte para la transferencia de pacientes.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Arias (2012) define la población, o en términos más precisos población objetivo, “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p. 81). La población que se contemplada en esta investigación son los diferentes sistemas de elevación y transporte existentes debido a que sus condiciones y necesidad de uso se basan en movilizar cargas pesadas en cualquier área siendo la misma situación la que se plantea en esta investigación, pero referida a un uso médico para el traslado de personas con obesidad mórbida.

3.5.2. Muestra

Arias (2012) establece que la muestra es “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” y define a la muestra representativa como “aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido” (p. 83). Para esta investigación se selecciona una muestra conformada por los sistemas de elevación y transporte

para personas puesto a que son afines sus características y funcionalidades a las deseadas para el equipo a diseñar.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2012), “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información” (p.53). Son ejemplos de técnicas, la observación directa, la encuesta y la entrevista, el análisis documental, de contenido, entre otros.

Son los métodos que utiliza el autor para obtener la información y cumplir con los objetivos planteados en la investigación. De acuerdo con Hurtado (2000), “Las técnicas de recolección de datos comprenden procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación” (p. 130). En este sentido, Arias (2012), indica que “Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, entre otros” (p. 111). En cuanto a los instrumentos, el autor citado anteriormente afirma que: “son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información”. En la presente investigación se hace uso de las siguientes técnicas de recolección de datos:

3.6.1. Entrevista

Según Arias (2012), “la entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “Cara a Cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (p. 73). Esta técnica ha sido seleccionada debido a que los datos que proporciona a la investigación revelan información clave para la obtención de las especificaciones mecánicas a tomar en consideración para la realización del diseño. Se realiza una entrevista de tipo estructurada, sobre la cual el mismo autor menciona que es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que son formuladas al entrevistado.

La entrevista es realizada haciendo uso de un grabador de voz como instrumento de apoyo. Se entrevista al personal que labora en las instalaciones del Centro Clínico de Naguanagua, C.A, con especial énfasis en el personal de enfermería y a los médicos bariátricos para conocer los riesgos físicos que se presentan al realizar maniobras de transferencia de pacientes obesos además de generar un balance de la situación nivel regional y nacional. Por otro lado, se consulta a especialistas en ingeniería específicamente de la rama de mecánica, quienes a través de su experiencia y conocimiento nutren esta investigación en el apartado técnico, generando una

retroalimentación en cuanto recomendaciones, metodologías de diseño, consideraciones, entre otras. Así mismo a través de la consulta a las poblaciones descritas en el párrafo anterior se busca obtener opiniones para la propuesta de diseño, orientada al cumplimiento de las variables simplicidad, ergonomía, seguridad y funcionalidad (ver APÉNDICE A).

3.6.2. Observación directa

Arias (2012) define que la observación “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, el fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p. 69). En la presente investigación la ejecución de esta técnica de recolección de datos se llevará a cabo a través de la observación en el campo, es decir en las instalaciones del Centro Clínico de Naguanagua, C.A, dónde se encuentra la problemática latente, permitiendo así obtener datos concisos y factibles para ser tomados en consideración para el desarrollo del diseño. La observación directa es sustentada con el uso de un diario de campo como herramienta de recolección de datos; sobre el cual Hurtado (2000) lo define como “instrumento de la técnica de observación; su estructura corresponde con la sistematicidad de los aspectos que se prevé registrar acerca del objeto. Este instrumento permite registrar los datos con un orden cronológico, práctico y concreto para derivar de ellos el análisis de una situación o problema determinado”. (p. 95)

3.6.3. Revisión bibliográfica

Hurtado (2000) define la revisión bibliográfica como “la selección de los documentos disponibles sobre el tema, que contienen información, ideas, datos y evidencias por escrito sobre un punto de vista en particular para cumplir ciertos objetivos o expresar determinadas opiniones sobre la naturaleza del tema y la forma en que se va a investigar, así como la evaluación eficaz de estos documentos en relación con la investigación que se propone” (p. 90). Por otro lado, Arias (2012) también define la revisión bibliográfica como “la selección de los documentos disponibles sobre el tema, que contienen información, ideas, datos y evidencias por escrito sobre un punto de vista en particular para cumplir ciertos objetivos” (p. 85).

El uso de la técnica de revisión bibliográfica en esta investigación se realiza a través del estudio de manuales técnicos, catálogos, documentos, trabajos de grado, revistas, libros, grabaciones, filmaciones, periódicos, artículos resultados de investigaciones, memorias de eventos, entre otros; para la obtención de información necesaria para el diseño del sistema de elevación, especialmente aquella referida a cálculos matemático, metodología de diseño,

materiales idóneos y distribución de esfuerzo para posteriormente seleccionar los elementos de máquina prediseñados y prefabricados para su posterior incorporación en el plano de diseño. La consulta también permite nutrir a la investigación sobre las condiciones de seguridad necesarias para asegurar la integridad física y ergonómica para el traslado de personas obesas.

3.7. Técnicas de análisis de resultados

Según Arias (2012), “en este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan” (p. 99). Es necesario analizar todos los datos recolectados través de las técnicas e instrumentos seleccionados, por lo tanto, de acuerdo con el nivel de investigación descriptivo que presenta esta investigación, se procede a la elaboración de tablas y gráficos estadísticos que facilitan la organización de la información, permiten observar con mayor claridad los resultados obtenidos y sirven para analizar patrones recolectados durante las observaciones.

De lo anterior se puede concluir que, al aplicar los instrumentos, y realizar la recolección de la información, en este caso la observación directa y la entrevista no estructurada, se procede a la tabulación y análisis de los datos de acuerdo con las herramientas y técnicas de análisis de datos disponibles. Por lo tanto, se utiliza una técnica de análisis cuantitativa. Se recomienda la utilización del diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, y cinco (5) ¿por qué?. El método Vílchez es usado como técnica de selección, para dar a conocer las problemáticas más latentes en el área de traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida.

3.7.1. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de causa-efecto, también llamado diagrama de Ishikawa o de espina de pescado, es una herramienta simple muy utilizada en calidad. Según la Sociedad latinoamericana para la calidad (2010) establece que el diagrama de causa y efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales. Para formar el Diagrama de Ishikawa se debe partir de cinco variables primordiales conocidas como las “5 M”, siendo estas: Materias primas, Maquinaria, Métodos de trabajo, Mano de obra y Medio ambiente.

3.7.2. Diagrama de Pareto

Gándara González (2014) comenta que “un diagrama de Pareto es una gráfica que representa en forma ordenada en cuanto a importancia o magnitud, la frecuencia de la ocurrencia de las distintas causas de un problema”; reconociendo así qué problemas se deben resolver y cuál es la prioridad para establecer metas numéricas viables para alcanzar. Es importante este diagrama debido a que el principio de Pareto trata de que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves, en dónde se podrá clasificar cada problema por prioridad en orden descendente después de reunir datos para calificar las causas.

3.7.3. Cinco (5) ¿Por qué?

Según la Sociedad latinoamericana para la calidad (2010) comenta que los cinco por qué es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. El objetivo principal de la técnica es determinar la causa raíz de un defecto o problema repitiendo la pregunta "¿Por qué?" al menos cinco veces. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada.

3.8. Validación de los instrumentos

Con respecto a la validez del instrumento, Hernández, Fernández y Baptista (2006), señalan que “Un instrumento (o técnica) es válido si mide lo que en realidad pretende medir. La validez es una condición de los resultados y no del instrumento en sí. El instrumento no es válido de por sí, sino en función del propósito que persigue con un grupo de eventos o personas determinadas” (p. 107). La validez del instrumento se obtiene a través del juicio de tres (3) expertos los cuales pueden ser en Metodología, Medicina Bariátrica e Ingeniería Mecánica (ver APÉNDICE B).

3.9. Fases metodológicas

Las fases de una investigación se refieren a las etapas o pasos que se siguen para llevar a cabo un estudio o investigación de manera sistemática y organizada. Estas fases pueden variar dependiendo del tipo de investigación. El desarrollo de esta investigación consta de cuatro (4) fases de estudio para el cumplimiento de los objetivos específicos antes planteados. Las fases para desarrollar son:

Fase I: Diagnóstico de la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal

Se buscará diagnosticar a través de las técnicas e instrumentos de recolección de datos la situación actual en relación con el transporte y traslado de personas obesas en los diferentes centros de salud del país, con el objetivo de identificar las necesidades, deficiencias y posibles soluciones para mejorar este aspecto.

Fase II: Análisis de las variables que influyen en el traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad mórbida

Concluida la Fase I, se realizará un análisis que implique examinar y comprender los factores que afectan el proceso de transporte y desplazamiento de personas con movilidad reducida debido a la obesidad mórbida. Se evaluarán aspectos enfocados a las características físicas del paciente, accesibilidad, seguridad, comodidad y ergonomía para asegurar un diseño apto en centros de salud que garantice traslado seguro, cómodo y respetuoso para estas personas.

Fase III: Selección de la mejor alternativa del diseño en estudio

Seguidamente, en esta Fase III se dará a conocer y se compararán las diferentes opciones de diseño para determinar cuál es la más adecuada en términos de eficiencia, seguridad y comodidad para este grupo específico de usuarios. Además de las consideraciones técnicas, también es importante evaluar el costo asociado con cada alternativa. Esto incluye tanto el costo inicial del equipo como los gastos futuros relacionados con mantenimiento y reparaciones. La selección final deberá basarse en un análisis exhaustivo que tome en cuenta todos estos factores clave para garantizar un sistema seguro, eficiente y cómodo para personas obesas.

Fase IV: Diseño del sistema seleccionado

Esta fase consistirá en la creación y planificación detallada de la estructura, componentes y funcionalidades del sistema seleccionado. Se realizará un diseño conceptual donde se definirán los componentes principales del sistema y cómo interactúan entre sí. Incluirá la especificación exacta de los materiales a utilizar, cálculos estructurales, dimensionamiento preciso y planos técnicos además del análisis de pruebas exhaustivas a través de la ayuda de distintos Software CAD para medir la máxima soportada, estabilidad, durabilidad y seguridad operativa del diseño.

Fase V: Evaluación de la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del sistema diseñado.

Finalmente, concluidas las fases anteriores de la investigación se evaluará si el sistema propuesto es viable desde diferentes perspectivas. Se determinará si el diseño del sistema cumple con los requisitos técnicos necesarios para su funcionamiento seguro y eficiente, por otro lado, contempla el análisis del desempeño operativo en el entorno donde se va a implementar y en cuanto al uso por parte de los pacientes. Así mismo se estudiará los posibles impactos ambientales implícitos en la realización u operatividad del diseño. Por último, se evaluará la viabilidad económica, que implica determinar si el diseño del sistema es rentable y viable desde un punto de vista financiero. Se considerarán aspectos como los costos de diseño, fabricación e instalación del sistema.

3.10. Cuadro de Operacionalización de Variables

Cuadro N° 1. Cuadro de Operacionalización de Variables

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal.	Movilización	Deterioro de la movilidad física	Obesidad	1, 7	Entrevista estructurada
	Sistemas para movilidad de personas obesas	Ergonomía biomecánica	Funcionalidad	2, 3, 4, 5, 6	

Fuente: Herrera, L. (2023)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El presente capítulo contempla el desarrollo de las fases metodológicas establecidas para lograr cumplir los objetivos específicos y el objetivo general. Se encuentra enmarcado el diagnóstico e interpretación de los resultados que se alcanzaron además de indicar el desarrollo de cada una de las fases de manera rigurosa y profunda, para así, en consecuencia, dar lugar a la descripción procedimental requerida con base a las técnicas y protocolos necesarios. Partiendo de los resultados obtenidos se generan las conclusiones de la investigación además de permitir evaluar la validez y factibilidad del diseño para subsanar la problemática.

4.1. Fase I: Diagnóstico de la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal

El diagnóstico de la situación actual es fundamental para identificar los problemas que enfrentan los pacientes obesos durante el traslado. Algunos de los problemas comunes incluyen la falta de equipo adecuado para el traslado, la falta de personal capacitado para manejar el traslado y la falta de protocolos claros para el traslado de pacientes obesos. Un diagnóstico preciso de la situación actual puede ayudar a los centros de salud a identificar estas deficiencias y tomar medidas para abordarlas.

La situación actual en cuanto al traslado de personas obesas es conocida gracias a la implementación de una técnica de recolección de datos, en este caso, la entrevista. Su realización ha sido un recurso de gran importancia para enriquecer nuestra comprensión sobre la problemática analizada, las respuestas proporcionadas por los entrevistados han ofrecido información relevante y valiosas perspectivas para esta investigación.

En los cuadros siguientes se evidencian las respuestas comentadas por tres especialistas en el área de la medicina bariátrica a las preguntas del guion de entrevista (véase APÉNDICE A). Así mismo las respuestas a cada pregunta son analizadas en el mismo cuadro para posteriormente extraer una conclusión sobre la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal.

Cuadro N° 2. Respuestas de especialistas, pregunta N°1.

Pregunta N°1: Desde su experiencia en el área de la medicina ¿Qué dificultad implica el traslado de una persona con obesidad? Por ejemplo, de una camilla a una silla de ruedas, levantar a una persona obesa del piso, entre otras.		
Entrevistado	Respuesta	Análisis
Médico bariátrico N°1	Es una tarea difícil y peligrosa, tanto para la persona que está siendo trasladada como para las personas que la están trasladando. Generalmente se ayuda al paciente haciendo uso de implementos especiales para el traslado principalmente de la mesa operatoria (una vez realizada la cirugía) hasta la camilla de transporte.	Los especialistas consultados coinciden en el gran esfuerzo físico que se realiza al efectuar operaciones de traslado de pacientes con obesidad, en especial el tipo mórbidas. Los entrevistados reconocen la problemática y los riesgos fisiológicos que pueden producirse en articulaciones y músculos.
Médico bariátrico N°2	Levantar a una persona obesa del piso o trasladarla de una camilla a una silla de ruedas aumenta el riesgo de caídas tanto para la persona como para el personal encargado del traslado. Debido al tamaño y peso de la persona, puede resultar difícil encontrar posiciones cómodas y seguras durante el traslado lo que aumenta el riesgo de lesiones.	
Médico bariátrico N°3	Las operaciones de traslado de este tipo de paciente requieren un mayor esfuerzo físico debido al peso adicional que deben soportar los cuidadores o el personal médico. el riesgo de lesiones.	

Fuente: Herrera, L. (2023)

Cuadro N° 3. Respuestas de especialistas, pregunta N°2.

Pregunta N°2: En su opinión ¿Qué características considera necesarias para asegurar condiciones de comodidad por parte del paciente y personal médico en el uso de un sistema de elevación para personas obesas?		
Entrevistado	Respuesta	Análisis
Médico bariátrico N°1	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de carga • Fácil y rápido funcionamiento • Comodidad de uso para el personal médico y el paciente • Controles fáciles de usar • Adaptabilidad a diferentes áreas o entornos de uso 	<p>A partir de las respuestas obtenidas de las entrevistas y en vista de la concordancia de características, se concluye que el diseño debe contar con cualidades que permitan que el mismo sea de fácil y rápido funcionamiento, así como también procurar que el mismo sea cómodo de usar tanto para el paciente como para el personal médico. Los especialistas coinciden unánimemente que como característica principal el dispositivo debe contar con la capacidad de carga necesaria para trabajar con personas obesas de tal manera que se asegure la seguridad de los pacientes en el traslado.</p>
Médico bariátrico N°2	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de peso adecuada • Diseño ergonómico • Facilidad de limpieza 	
Médico bariátrico N°3	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad • Fácil de transportar • Cómodo • Facilidad de almacenaje 	

Fuente: Herrera, L. (2023)

Cuadro N° 4. Respuestas de especialistas, pregunta N°3.

<p>Pregunta N°3: En función de su experiencia ¿Qué tipo de mecanismo de accionamiento considera adecuado para el diseño de un dispositivo de elevación para personas obesas? Considerando facilidad de uso, velocidades de ascenso y descenso, esfuerzo físico implicado</p>		
Entrevistado	Respuesta	Análisis
Médico bariátrico N°1	El mecanismo por seleccionar debe permitir velocidades de ascenso y descenso adecuadas para garantizar la seguridad del paciente. velocidades demasiado altas pueden causar lesiones al paciente, mientras que las velocidades demasiado bajas pueden entorpecer el traslado del paciente. Además, debe ser fácil de usar para el personal médico, incluso para aquellos que no estén familiarizados con el dispositivo.	Los dos primeros especialistas médicos consultados coinciden que el mecanismo a escoger debe asegurar unas velocidades de ascenso y descenso controladas y suaves, sin paradas bruscas. Ahora bien, el segundo especialista considera apropiado hacer uso de mecanismo de accionamiento eléctrico ya que a su juicio tendría controles simples y fáciles de usar. Adicionalmente, el tercer entrevistado no sugiere un mecanismo, pero comenta que debe escogerse aquel que permita facilidad de uso para el personal médico y que asegure la capacidad para soportar el peso del paciente.
Médico bariátrico N°2	Para el diseño de un dispositivo de elevación para personas obesas, consideraría un mecanismo de accionamiento eléctrico con controles simples y fáciles de usar. Este tipo de mecanismo permitiría una operación suave y controlada, con velocidades de ascenso y descenso ajustables para adaptarse a las necesidades individuales del usuario.	
Médico bariátrico N°3	Aquel que permita facilidad de uso para el personal médico y asegure la capacidad para soportar el peso del paciente.	

Fuente: Herrera, L. (2023)

Cuadro N° 5. Respuestas de especialistas, pregunta N°4.

Pregunta N°4: Desde su experiencia ¿Qué medidas de seguridad adicionales considera usted, se pueden implementar en el diseño para prevenir accidentes o lesiones durante su uso?		
Entrevistado	Respuesta	Análisis
Médico bariátrico N°1	<ul style="list-style-type: none"> • Añadir un sistema de advertencia capaz de alertar al personal médico de condiciones peligrosas, por ejemplo, si el sistema excede su capacidad de carga o si el paciente se mueve fuera de la zona segura. • Procurar que al momento del traslado del paciente este tenga un área segura donde no sufra lesiones a raíz del equipo. 	<p>Deben instalarse sistemas de seguridad y alerta que resguarden la integridad física del paciente, además de asegurar que los controles del equipo sean ergonómicos y fáciles de usar, de tal manera que minimicen la posibilidad de errores humanos y lesiones por esfuerzo repetitivo.</p>
Médico bariátrico N°2	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sistemas de frenado de emergencia que puedan detener el sistema de elevación en caso de una situación peligrosa. • Incorporar sensores de peso y movimiento para detectar cualquier anomalía en el funcionamiento del sistema y detenerlo automáticamente si se detecta un peso excesivo o un movimiento inusual. 	
Médico bariátrico N°3	<ul style="list-style-type: none"> • Controles ergonómicos y fáciles de usar, que minimicen la posibilidad de errores humanos y lesiones por esfuerzo repetitivo. • Sistemas de alertas 	

Fuente: Herrera, L. (2023)

Cuadro N° 6. Respuestas de especialistas, pregunta N°5.

Pregunta N°5: En su experiencia ¿qué tipo de arneses y correas son más cómodos y seguros para el traslado de personas?		
Entrevistado	Respuesta	Análisis
Médico bariátrico N°1	Un arnés tipo asiento puesto que estos se colocan alrededor de la cintura y los muslos del paciente y lo sostienen en una posición sentada. Además de estar hechos de materiales suaves y acolchados y tienen correas ajustables para garantizar un ajuste cómodo.	Debe hacerse uso de un arnés fabricado de una tela resistente pero blanda. Se recomienda consultar los catálogos de arneses y correas fabricados por empresas de salud reconocidas en el sector de la movilidad asistida, ya que cumplen con los estándares de seguridad y comodidad necesarios para el traslado de personas. Es idóneo escoger aquel donde el paciente sea trasladado en una posición sentada.
Médico bariátrico N°2	Los arneses tipo “hamaca” son los más usados y cómodos debido a que permiten que el paciente permanezca en una posición ergonómica y de apoyo para el traslado. Están hechos de una tela resistente pero blanda.	
Médico bariátrico N°3	El especialista recomienda buscar arneses y correas de empresas reconocidas en el sector de la movilidad asistida. Estas empresas cumplen con los estándares de seguridad y comodidad necesarios para el traslado de personas. Se deben elegir arneses que brinden comodidad al usuario durante el traslado. Estos arneses deben tener acolchado en áreas clave como los hombros y la cintura. Además, deben contar con varios puntos de sujeción que distribuyan el peso de manera uniforme, reduciendo la presión sobre ciertas áreas del cuerpo y aumentando la comodidad.	

Fuente: Herrera, L. (2023)

Cuadro N° 7. Respuestas de especialistas, pregunta N°6.

Pregunta N°6: A su juicio ¿Cómo se podría hacer funcional el dispositivo tanto para personas obesas como para discapacitados?		
Entrevistado	Respuesta	Análisis
Médico bariátrico N°1	<ul style="list-style-type: none"> • Tener una capacidad de carga suficiente • Ser cómodo y seguro • Ser fácil de usar • Posicionamiento ergonómico 	<p>El dispositivo debe ser versátil y adaptable a diferentes entornos, como hogares, hospitales o centros médicos. Por otro lado, también se debe disponer de una variedad de arneses fabricados para ser usados dependiendo de la situación que se presente.</p>
Médico bariátrico N°2	<p>Asegurando la seguridad y comodidad de los usuarios como prioridad. También haciendo uso de diferentes arneses dependiendo de la situación que se presente.</p>	
Médico bariátrico N°3	<p>Haciendo que el dispositivo sea versátil y adaptable a diferentes entornos, como hogares, hospitales o centros médicos. El diseño del dispositivo debería ser ergonómico y seguro, con asas y puntos de apoyo adecuados para personas con discapacidades físicas.</p>	

Fuente: Herrera, L. (2023)

Cuadro N° 8. Respuestas de especialistas, pregunta N°7.

Pregunta N°7: En su experiencia ¿cómo describiría la situación que se presenta en el traslado de pacientes obesos por parte del personal médico?		
Entrevistado	Respuesta	Análisis
Médico bariátrico N°1	La situación que se presenta en el traslado de pacientes obesos por parte del personal médico en Venezuela es similar a la que se presenta en otros países, la ejecución de estas maniobras conlleva la intervención de un personal especializado. Sin embargo, en Venezuela, la situación se ve agravada por la falta de recursos y la precariedad de los sistemas de salud.	Es una tarea desafiante y compleja debido al peso y tamaño del paciente. Debe tenerse riguroso cuidado para resguardar la integridad física del paciente y personal médico. Es destacable la importancia comunicacional que debe haber entre ambas partes involucradas durante la transferencia.
Médico bariátrico N°2	La situación en el traslado de este tipo de personas supone un desafío significativo para el personal médico en Venezuela. El proceso de transferencia tiene características que lo agrupan en operaciones de alto riesgo para salud del personal médico como para el paciente ya que el riesgo dorsolumbar es una preocupación importante.	
Médico bariátrico N°3	El personal médico debe tomar precauciones adicionales para garantizar la seguridad del paciente y del personal durante el traslado. Esto puede incluir de camillas reforzadas o la asistencia de un mayor número de personas para mover al paciente con cuidado y evitar lesiones.	

Fuente: Herrera, L. (2023)

La consulta con especialistas en el área de la salud permitió obtener información valiosa sobre las consideraciones que se deben tener al diseñar el equipo. Esta información se enfocó principalmente en asegurar condiciones de seguridad, comodidad, ergonomía y funcionalidad. La retroalimentación de los expertos proporcionó las características operacionales con las que debía contar el mecanismo de accionamiento para asegurar un funcionamiento óptimo y seguro. También brindaron recomendaciones para seleccionar el tipo de arnés más cómodo y seguro para el traslado de personas.

4.2. Fase II: Análisis de las variables que influyen en el traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad mórbida

En esta fase, a partir de las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas y de la investigación bibliográfica se recopila y agrupa la información recolectada referente a las características y atributos que deben considerarse para el diseño del sistema de elevación que será usado para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida, todo esto orientado en asegurar variables críticas de diseño como lo son las condiciones de seguridad, ergonomía y capacidad de trabajo.

4.2.1. Diagrama Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa)

Esta metodología, conocida como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, se configura como una herramienta invaluable para la gestión de la calidad y la resolución de problemas. Su aplicación en el caso del traslado de pacientes con movilidad reducida por obesidad mórbida permite identificar de forma sistemática y exhaustiva los factores que inciden en este complejo desafío. El proceso de elaboración del diagrama comienza con la definición precisa del problema a abordar. En este caso, se trata de las dificultades y riesgos asociados al traslado de pacientes con obesidad mórbida. A partir de esta definición, se establecen las principales categorías que agrupan las posibles causas del problema.

Estas causas significativas son consideradas en el desarrollo del conjunto alternativas de diseño para mitigar o eliminar completamente el problema. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas.

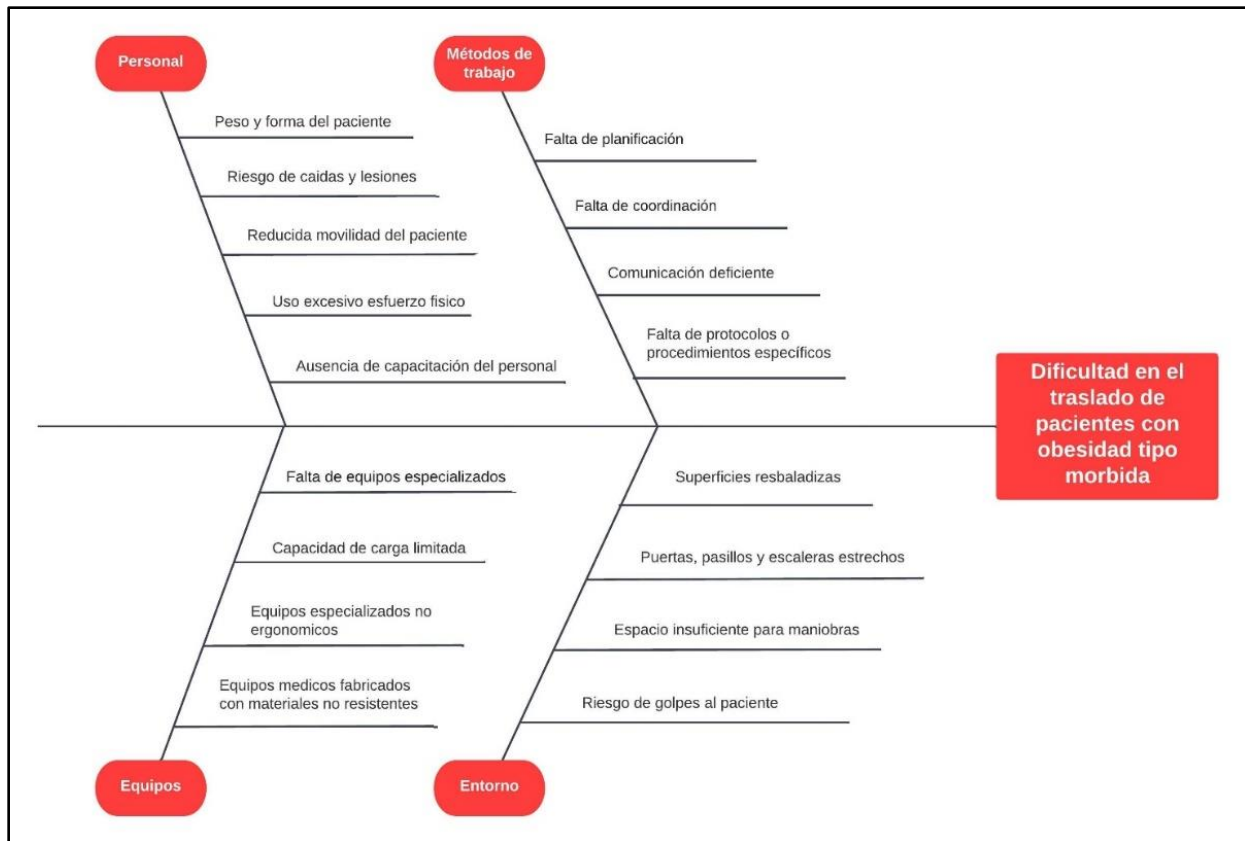


Figura 22. Diagrama de Ishikawa
Fuente: Herrera, L (2023).

El diagrama de Ishikawa resulta de mucha utilidad para el estudio de las causas que están directa o indirectamente relacionadas a la dificultad que se presenta en el traslado de pacientes con obesidad. A partir de las categorías establecidas se realizó una lluvia de ideas para identificar y organizar las causas del problema para ser abordadas al momento del diseño del equipo para así mitigar la situación mejorando significativamente la experiencia durante el proceso de transferencia tanto para el paciente como para el personal médico. A partir de la Figura 22 se evidencia que las principales causas están orientadas hacia la actuación humana durante el proceso, ya que el paciente y personal médico son los protagonistas en las operaciones de transferencia, y por consecuencia se encuentran en permanente exposición a un posible riesgo de lesiones o caída, debido a esto la necesidad un equipo de elevación y transporte se hace presente con el fin de resguardar la integridad física de los involucrados.

4.2.2. Diagrama de Pareto

Es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. La implementación de esta herramienta permite identificar y priorizar los problemas o causas que tienen el mayor impacto en un determinado resultado. Esta técnica se basa en el principio de Pareto, que establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

Para el desarrollo de la técnica de Pareto (Figura 23) en esta investigación se parte de las causas obtenidas del diagrama de Ishikawa. El uso de ambas herramientas permite obtener una mejor comprensión del problema, así como determinar la causa principal que ocasiona dificultad a la hora de realizar operaciones de transferencia en pacientes con obesidad mórbida, todo esto con el fin de servir como brújula para orientar los esfuerzos destinados a mitigar la problemática.

Cuadro N° 9. Causas y frecuencias

NOMBRE	CANTIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA
Personal	5	29%	29%
Métodos de trabajo	4	24%	53%
Equipos	4	24%	76%
Entornos	4	24%	100%
	17		

Fuente: Herrera, L (2023).

Luego de tabular e identificar las causas principales que intervienen en la problemática, junto con sus frecuencias de ocurrencia, se procede a realizar la representación gráfica del diagrama de Pareto para determinar la causa más crítica que genera el mayor de los efectos en la problemática.

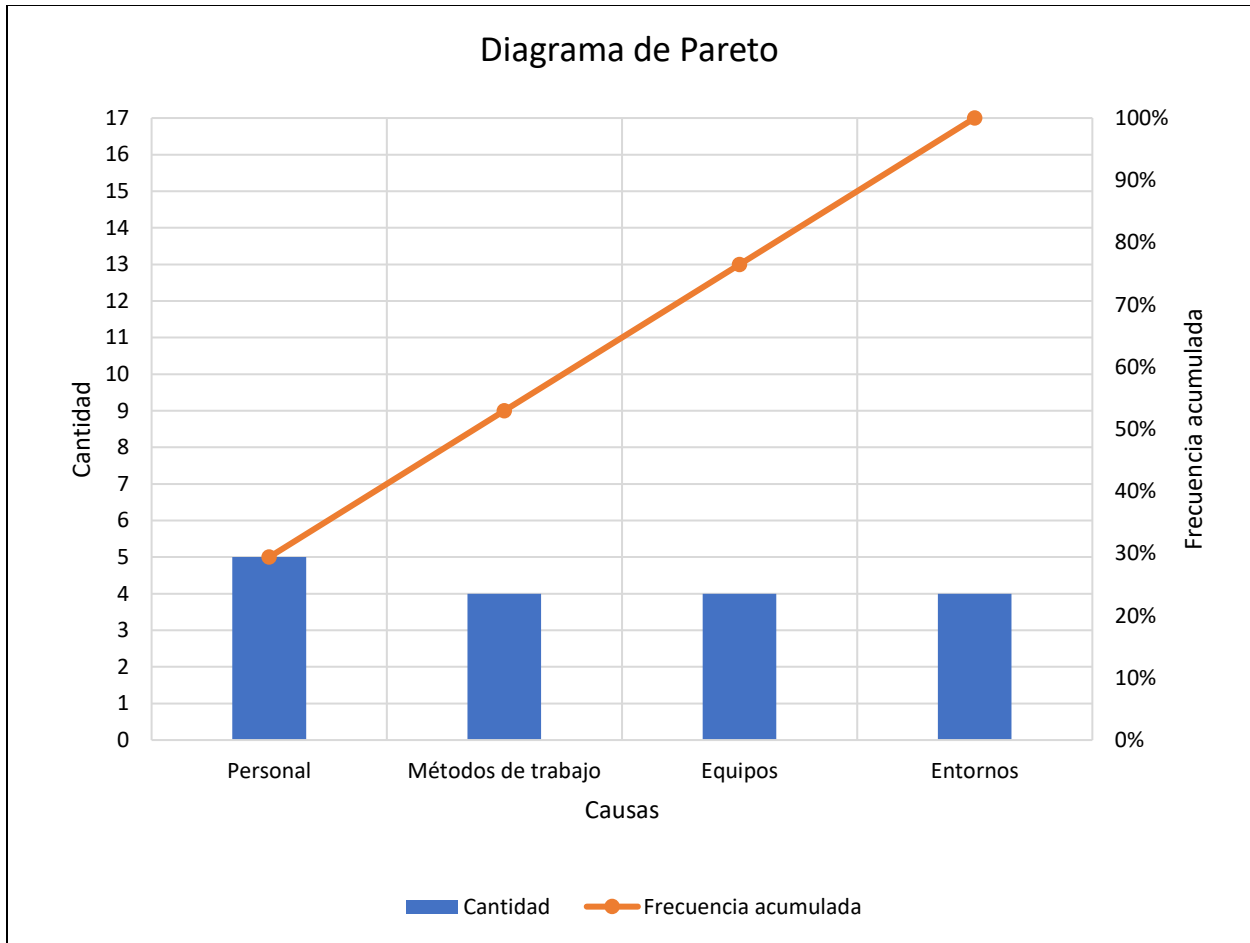


Figura 23. Diagrama de Pareto
Fuente: Herrera, L (2023).

El análisis del diagrama de Pareto demuestra de manera concluyente que la causa más significativa que interviene en la problemática está orientada en la categoría de la participación humana, tanto del personal médico como del paciente. Es en esta categoría donde intervienen más sub-causas como se evidencia en el diagrama de Ishikawa.

4.2.3. Cinco (5) ¿Por qué?

La técnica de los cinco (5) ¿por qué? es una herramienta de análisis de causa raíz que ha sido seleccionada debido a su importante aporte para profundizar en las causas subyacentes de los problemas para así facilitar la búsqueda de soluciones efectivas permitiendo así identificar oportunidades de mejoras ante una problemática.

Cuadro N° 10. Técnica de los cinco (5) ¿Por qué?

DIFICULTAD EN EL TRASLADO DE PACIENTES CON OBESIDAD TIPO MÓRBIDA	
¿Por qué?	Porque el riesgo de lesiones es alto.
¿Por qué?	Porque existe dificultad para acceder a equipos de transporte adecuados.
¿Por qué?	Porque hay una disponibilidad limitada de equipos en hospitales o centros de salud.
¿Por qué?	Porque los equipos de transporte especializados para pacientes con obesidad mórbida suelen ser más caros que los equipos estándar.
¿Por qué?	Porque existe una carencia de empresas nacionales especializadas en la construcción de equipos de transporte para personas con obesidad. Generalmente son importados.

Fuente: Herrera, L (2023).

La información obtenida del cuadro anterior nos ilustra que la causa raíz de la dificultad en el traslado de pacientes con obesidad tipo mórbida se debe a la carencia de empresas nacionales que se encarguen del diseño y construcción de equipos de transporte especializados para esta población en particular, en consecuencia se recurre a la importación de estos dispositivos generando un costo elevado de adquisición para centros de salud o personas particulares, lo cual ocasiona un impacto directo en la disponibilidad en el mercado.

4.3. Fase III: Selección de la mejor alternativa del diseño en estudio

En esta fase se presentan distintas propuestas de diseño las cuales serán evaluadas mediante las “Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico” desarrolladas por el profesor Vilchez, N (2016). Estas estrategias permiten generar un diseño cuyo funcionamiento sea adecuado para las necesidades planteadas a lo largo de esta investigación, además de generar alternativas distintas entre sí. Para luego culminar seleccionando la mejor formulación, la cual debe poseer la mayor probabilidad de satisfacer necesidades.

4.3.1. Posibles soluciones para diseño sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida

Se emprende una etapa de búsqueda de probables soluciones. En la obtención de la mejor solución, es importante evaluar todas las posibles soluciones bajo diferentes criterios y

compararlas entre sí con el fin de la obtención de la mejor solución que garantice los objetivos planteados.

- **Posible Solución 1 (PS₁)**

Se presenta el diseño de un sistema de elevación para personas con obesidad mórbida. Este equipo se destaca por ser abatible, lo que facilita su almacenamiento cuando no se usa, su traslado de una habitación a otra e incluso su transporte en ambulancias. La movilidad del equipo en funcionamiento es posible gracias a sus dimensiones versátiles y a un conjunto de ruedas giratorias con freno y sin freno en la base de la estructura. Estas ruedas permiten trasladar el equipo de un sitio a otro mientras el paciente bariátrico permanece suspendido.

La implementación de un actuador electromecánico facilita el control y la regulación de la velocidad, la posición, y la fuerza del movimiento del vástago, lo que evita movimientos bruscos o accidentes. No requiere herramientas especiales para su ensamble, por lo que es de rápida y fácil instalación permitiendo así responder ante situaciones de emergencia en donde se requiera el armado o desarmado con rapidez. Es de fácil manejo para una única persona. Dispone de un mecanismo que se acciona con el pie y que permite abrir las patas, este movimiento concede cierta ventaja a la hora de moverla por zonas estrechas o de colocar una silla de ruedas entre ellas. El diseño se genera a partir de una serie de estudios, cálculos y análisis que fueron necesarias para su creación además de validados a través de herramientas de diseño computacionales.



Figura 24. Sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida (PS₁).

Fuente: Herrera, L (2023).

- **Posible Solución 2 (PS₂)**

Este diseño está formado por un mecanismo de columnas elevadoras situadas a ambos lados de él, que integran un actuador lineal en su interior. Dicho elemento actúa ejerciendo una fuerza vertical sobre la estructura que eleva al paciente. El traslado horizontal se realiza por medio de un raíl por el que se desliza la percha de forma manual o automática. La estructura del pórtico consta de ruedas que permiten su movilización por la habitación. Las dimensiones de estas grúas son elevadas pues su ancho, que suele rondar los 3 metros aproximadamente, lo cual, posibilita que la estructura pueda situarse entre una cama o una silla de ruedas.



Figura 25. Grúa ortopédica de techo móvil (PS₂).
Fuente: Baxter Hillrom (s/f).

- **Posible Solución 3 (PS₃)**

Diseño con varias posibilidades de fijación individual en la pared o en cualquier lugar de la habitación. Existen modelos estacionarios y móviles. Destinada a espacios exigüos, como es el caso de la mayoría de los baños, donde puede instalarse por ejemplo entre la bañera y el inodoro. Por ser tan compacto, este sistema tiene un increíble radio de acción, a causa exclusivamente de su brazo telescópico pivotante.



Figura 26. Grúa empotrada o anclada (PS₃).

Fuente: Medicaexpo (s/f).

- **Posible Solución 4 (PS₄)**

Este diseño transporta al paciente en posición de pie o semi-levantada, gracias al apoyo de los pies en una plataforma de la grúa y al arnés de seguridad que sostiene al paciente de forma segura durante la transferencia. Su diseño facilita las labores de higiene por parte del cuidador ya que el paciente se mantiene en posición semi-levantada y el arnés solo cubre la zona del tronco, por lo que es posible cambiarle el pañal o realizar otras labores del aseo sin problema. Brazo de elevación extensible que se puede ajustar en 3 posiciones de diferentes longitudes para adaptarse a la morfología de cada paciente para el mejor cuidado posible. Cómoda talonera extraíble forrada con espuma de poliuretano para colocar fácilmente los pies del paciente antes de una transferencia. Soporte de rodillas ergonómico fabricado en material textil y espuma para proteger las rodillas vulnerables. Equipado con una correa de pantorrilla como estándar para asegurar las piernas.



Figura 27. Grúa de bipedestación (PS4).
Fuente: Ayudas Dinámicas (s/f).

4.3.2. Restricciones a soluciones

Las restricciones son las limitaciones que se imponen a la idea de diseño. Se aplican restricciones a todas las probables soluciones teniendo en cuenta que las restricciones permiten eliminar probables soluciones, sin necesidad de compararlas entre sí. Una probable solución se convierte en solución solo si cumple con todas las restricciones del problema. Las restricciones que se aplicarán para las posibles soluciones son:

- ✓ **Capacidad de peso (R₁):** Capacidad de soportar como máximo una masa de 180 kg, establecida en el alcance de la investigación.
- ✓ **Facilidad de uso (R₂):** Control y manipulación del equipo intuitivo, sencillo y de fácil uso.
- ✓ **Seguridad (R₃):** El sistema debe ser seguro para el usuario y el operador, evitando cualquier riesgo de lesiones o accidentes durante su uso. Inclusión de sistemas de frenado y parada de emergencia para evitar accidentes.
- ✓ **Movilidad del equipo (R₄):** Capacidad de movilizar el equipo dentro de una habitación o de ser llevado a otra.

En el siguiente cuadro se procede a evaluar las posibles soluciones en función a las restricciones establecidas con el fin de descartar una solución que no satisfaga al menos una de ellas.

Cuadro N° 11. Restricciones a posibles soluciones.

POSIBLES SOLUCIONES		RESTRICCIONES			
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida	PS ₁	Si	Si	Si	Si
Grúa ortopédica de techo móvil	PS ₂	Si	Si	Si	Si
Grúa empotrada o anclada	PS ₃	Si	Si	Si	No
Grúa de bipedestación	PS ₄	Si	Si	Si	Si

Fuente: Herrera, L (2023).

El cuadro anterior muestra que la PS₃ no cumple con una de las restricciones establecidas, por lo que se descarta como posible solución. De acuerdo con los resultados del mismo cuadro, pasan a ser soluciones:

- ✓ La PS₁ siendo S₁ (Solución 1).
- ✓ La PS₂ como S₂ (Solución 2).
- ✓ La PS₄ como S₃ (Solución 3).

4.3.3. Criterios a soluciones

Los criterios son los requisitos que se deben cumplir para que la idea de diseño se considere un éxito. Para la evaluación de la mejor solución, se han definido criterios claves que serán ponderados para determinar la opción más adecuada. Los criterios para evaluar serán:

- ✓ **Estabilidad (C₁):** Base del sistema amplia y estable para evitar vuelcos.
- ✓ **Comodidad (C₂):** Asientos y arneses acolchados, fabricados en materiales transpirables que brinden comodidad y apoyo durante el traslado, además de la capacidad de ajustarse a las diferentes dimensiones y necesidades de las personas

con obesidad mórbida. El diseño del sistema debe permitir suficiente área libre para que la persona pueda ser trasladada sin riesgo de lesiones con el equipo.

- ✓ **Capacidad de plegarse (C₃):** Facilidad de ser plegado o recogido para ocupar menos espacio al momento de almacenar el equipo o ser transportado de un sitio a otro.
- ✓ **Estética (C₄):** Diseño estéticamente agradable y emocionalmente positivo, capaz de transmitir seguridad, confianza y bienestar. Integración armoniosa con el entorno de trabajo.
- ✓ **Facilidad de instalación y mantenimiento (C₅):** Instalación sencilla y rápida, minimizando la necesidad de mano de obra o herramientas muy especializadas. Mantenimiento sencillo y accesible a cualquier usuario. Fácil acceso a los componentes para su limpieza y mantenimiento.

4.3.4. Ponderación de criterios

En el siguiente cuadro se procede a ponderar los criterios de acuerdo con el orden de importancia relativa, dentro de una escala numérica previamente establecida, se asigna un valor a cada uno de los criterios. Debido a que se tienen cinco criterios, se escoge en esta investigación para la ponderación de estos, una escala del uno (1) al cinco (5), considerando el criterio de mayor importancia aquel cuyo valor numérico dentro de la escala sea el mayor, a partir de este, la relevancia del resto de criterios es asignada de manera decreciente.

Cuadro N° 12. Ponderación de criterios

CRITERIOS	IMPORTANCIA	PONDERACIÓN DEL CRITERIO (PC _x) (ESCALA NUMÉRICA: 1 - 5)
Estabilidad (C ₁)	1ero	PC ₁ = 5
Comodidad (C ₂)	2do	PC ₂ = 4
Capacidad de plegarse (C ₃)	3ero	PC ₃ = 3
Estética (C ₄)	4to	PC ₄ = 2
Facilidad de instalación y mantenimiento (C ₅)	5to	PC ₅ = 1

Fuente: Herrera, L (2023).

4.3.5. Ponderación de las soluciones con respecto a cada criterio

Se procede a ponderar las soluciones previamente obtenidas en cada uno de los criterios. El objetivo es obtener una valoración objetiva de cada alternativa y de esta manera seleccionar la solución más adecuada. Se escoge para la ponderación de las soluciones respecto a cada criterio una escala del uno (1) al tres (3), esto debido a que se tienen tres soluciones. Las soluciones tendrán mayor ponderación según tan alto sea el valor numérico asignado en función a la escala seleccionada, a partir de este, la ponderación decrece. En el cuadro siguiente se inicia dicho análisis con el criterio de estabilidad (C_1).

Cuadro N° 13. Ponderación de las soluciones respecto a C_1

C_1	S_1	S_2	S_3	N° de Veces	$P_{X1} = N$ (Escala numérica: 1 - 3)
S_1				1	$P_{11} = 2$
S_2	S_2			2	$P_{21} = 3$
S_3	S_1	S_2		0	$P_{31} = 1$
Orden de importancia	2do	1ero	3ero		

Fuente: Herrera, L (2023).

De manera análoga se procede con el análisis con el criterio de comodidad (C_2).

Cuadro N° 14. Ponderación de las soluciones con respecto a C_2

C_2	S_1	S_2	S_3	N° de Veces	$P_{X1} = N$ (Escala numérica: 1 - 3)
S_1				2	$P_{12} = 3$
S_2	S_1			1	$P_{22} = 2$
S_3	S_1	S_2		0	$P_{32} = 1$
Orden de importancia	1ero	2do	3ero		

Fuente: Herrera, L (2023).

Se continua el análisis con el tercer criterio, es decir capacidad de plegarse (C_3).

Cuadro N° 15. Ponderación de las soluciones con respecto a C₃

C ₃	S ₁	S ₂	S ₃	N° de Veces	P _{X1 = N} (Escala numérica: 1 - 3)
S ₁				2	P ₁₃ = 3
S ₂	S ₁			0	P ₂₃ = 1
S ₃	S ₁	S ₃		1	P ₃₃ = 2
Orden de importancia	1ero	3ero	2do		

Fuente: Herrera, L (2023).

Seguidamente se evalúan las soluciones en función al criterio de estética (C₄).

Cuadro N° 16. Ponderación de las soluciones con respecto a C₄

C ₄	S ₁	S ₂	S ₃	N° de Veces	P _{X1 = N} (Escala numérica: 1 - 3)
S ₁				1	P ₁₄ = 2
S ₂	S ₁			0	P ₂₄ = 1
S ₃	S ₃	S ₃		2	P ₃₄ = 3
Orden de importancia	2do	3ero	1ero		

Fuente: Herrera, L (2023).

Por último, se realiza el análisis con el criterio de facilidad de instalación y mantenimiento (C₅).

Cuadro N° 17. Ponderación de las soluciones con respecto a C₅

C ₅	S ₁	S ₂	S ₃	N° de Veces	P _{X1 = N} (Escala numérica: 1 - 3)
S ₁				1	P ₁₅ = 2
S ₂	S ₁			0	P ₂₅ = 1
S ₃	S ₃	S ₃		3	P ₃₅ = 3
Orden de importancia	2do	3ero	1ero		

Fuente: Herrera, L (2023).

Una vez ponderadas las soluciones respecto a cada criterio se usa esta información para la ponderación final de las soluciones con el fin de seleccionar la mejor solución que permita satisfacer la problemática planteada.

4.3.6. Ponderación final de soluciones

Se realizan las multiplicaciones de las ponderaciones de cada uno de los criterios, con las de las soluciones, siendo la mejor solución, la que presente el mayor valor en la suma de estos resultados.

Cuadro N° 18. Ponderación final de las soluciones

		S ₁		S ₂		S ₃	
	PC _X	P _{1X}	PC _X · P _{1X}	P _{2X}	PC _X · P _{2X}	P _{3X}	PC _X · P _{3X}
C ₁	5	2	10	3	15	1	5
C ₂	4	3	12	2	8	1	4
C ₃	3	3	9	1	3	2	6
C ₄	2	2	4	1	2	3	6
C ₅	1	2	2	1	1	3	3
$\Sigma (PC_X \cdot P_{PK}) = X_P$			37		29		24

Fuente: Herrera, L (2023).

En función a los resultados obtenidos del cuadro anterior, se evidencia que la mejor solución es S₁, es decir el sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida (véase Figura 28), puesto que la sumatoria de las multiplicaciones entre las ponderaciones de cada uno de los criterios y la de las soluciones fue mayor que el resto.



Figura 28. Solución seleccionada: Sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida (PS₁).
Fuente: Herrera, L (2023).

4.4. Fase IV: Diseño del sistema seleccionado

En esta fase se llevan a cabo los cálculos y análisis necesarios para concretar el diseño planteado en la investigación. El objetivo es determinar los materiales a utilizar en la fabricación, así como los componentes a diseñar y seleccionar. Se realizan estudios computacionales para asegurar que el equipo no falle bajo las condiciones de trabajo a las que estará sometido, garantizando la integridad del paciente. También se analizará la deformación que sufrirán los elementos bajo las cargas y esfuerzos actuantes, identificando los puntos críticos donde la deformación puede ser mayor.

4.4.1. Identificación de componentes mecánicos del equipo

Se identifican los elementos que forman parte del dispositivo mecánico mediante simple inspección, véase Figura 29. Este reconocimiento es de utilidad para posteriormente realizar los cálculos estructurales de cada parte que se identificó o su respectiva selección tomando en cuenta las condiciones de diseño y su disponibilidad en el mercado.

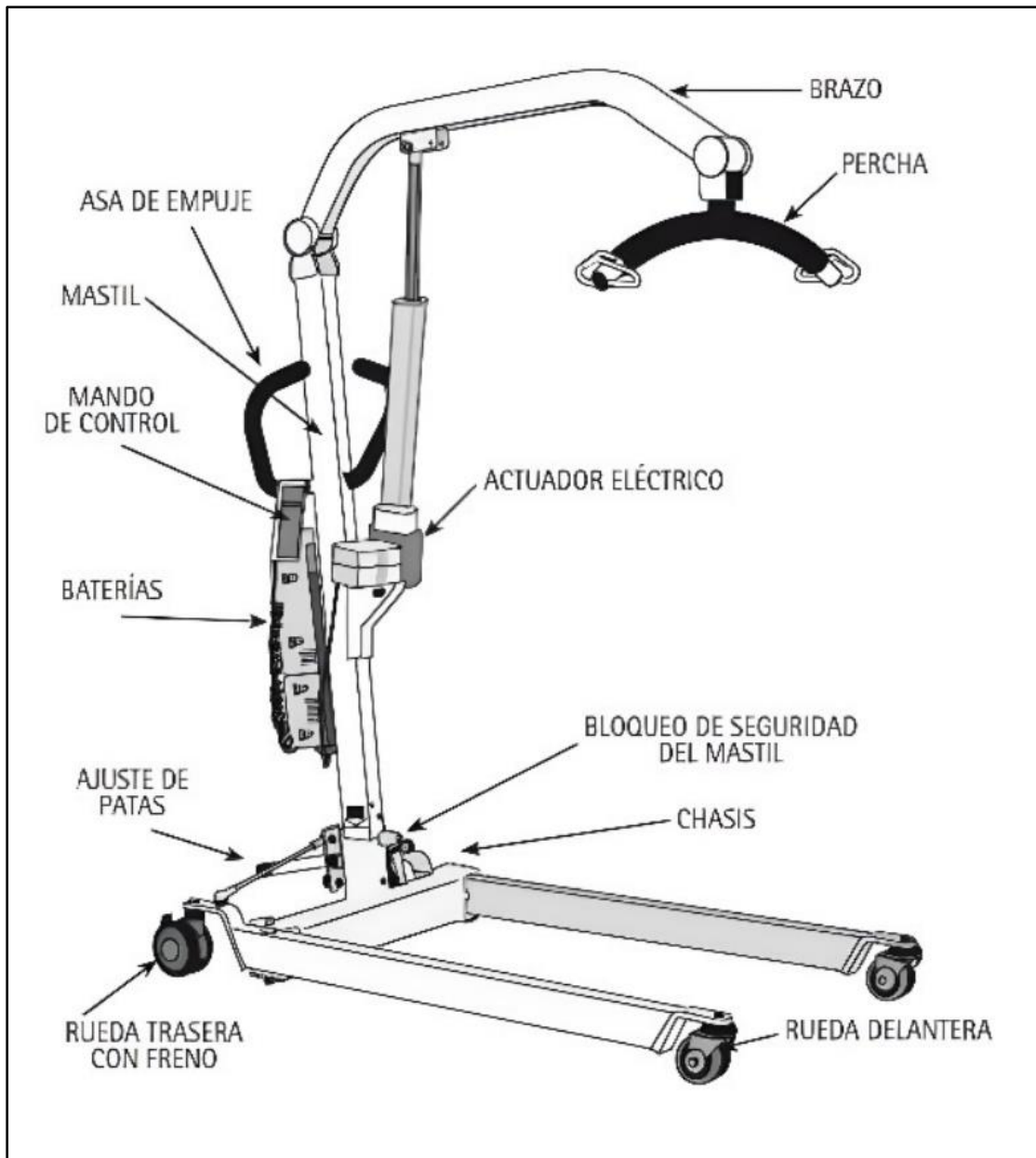


Figura 29. Componentes mecánicos del diseño
 Fuente: Herrera, L (2023).

4.4.2. Dimensionamiento del equipo

Capacidad máxima de carga

En función a lo planteado en el alcance del proyecto la capacidad máxima de operación del diseño se establece para el uso en personas hasta 180 kg.

Longitud total

Se requiere que el equipo tenga una longitud la cual sea lo más corta posible pero que a su vez asegure condiciones de seguridad y estabilidad durante el uso del equipo; por lo tanto, se elige una longitud cuyo valor es de 1050 mm (1,05 m). Esta distancia también permite que el diseño sea usado en habitaciones en centros de salud, específicamente aquellos públicos donde se encuentran varias camas en una habitación separadas como mínimo 1200 mm (1,20 m) una con respecto a la otra, esto para asegurar una cómoda maniobrabilidad.

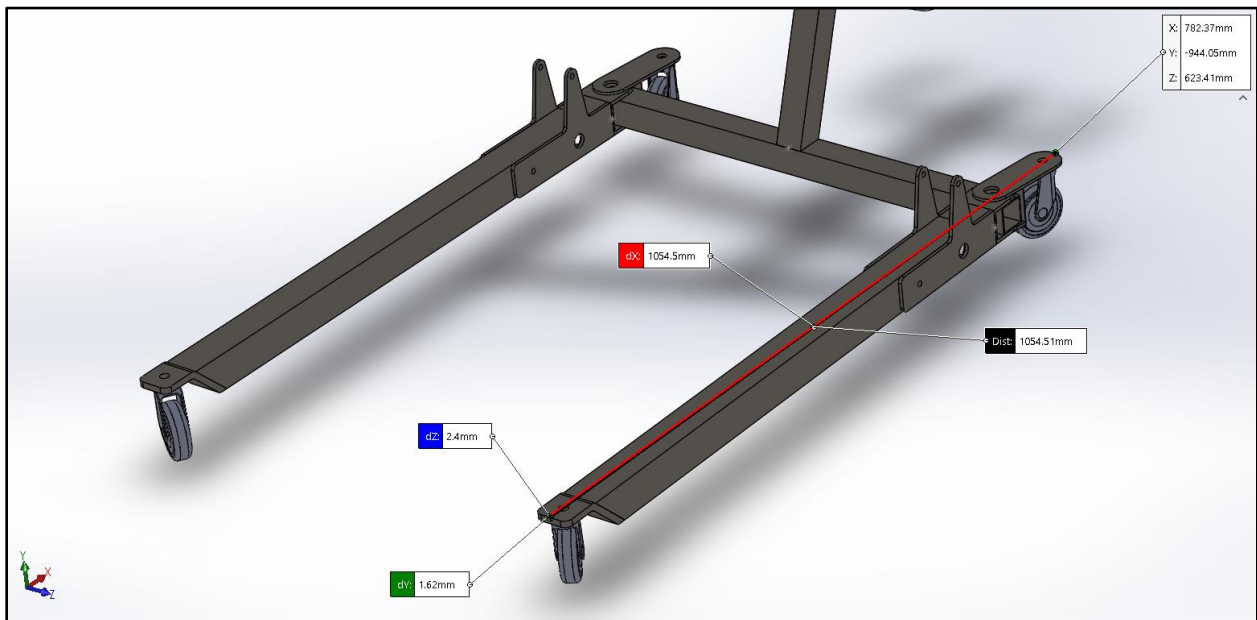


Figura 30. Longitud total del diseño
Fuente: Herrera, L (2023).

Altura total máxima

Los marcos de puertas comercializados en el país, según la consulta realizada a diversos fabricantes metalmecánicos, poseen una altura estandarizada de 2100 mm (2,10 m). Como referencia, se adjunta en el APÉNDICE C el catálogo comercial de uno de estos fabricantes, en este caso la empresa Oci-Metalmecánica C.A. Tomando en cuenta la altura estandarizada de los marcos de puertas, la altura total máxima del diseño se limita a un valor de 1500 mm (1,50 m) respecto a la superficie. Esta restricción se establece para garantizar la compatibilidad del diseño con las puertas existentes en el mercado y evitar la necesidad de realizar modificaciones costosas en las estructuras preexistentes.

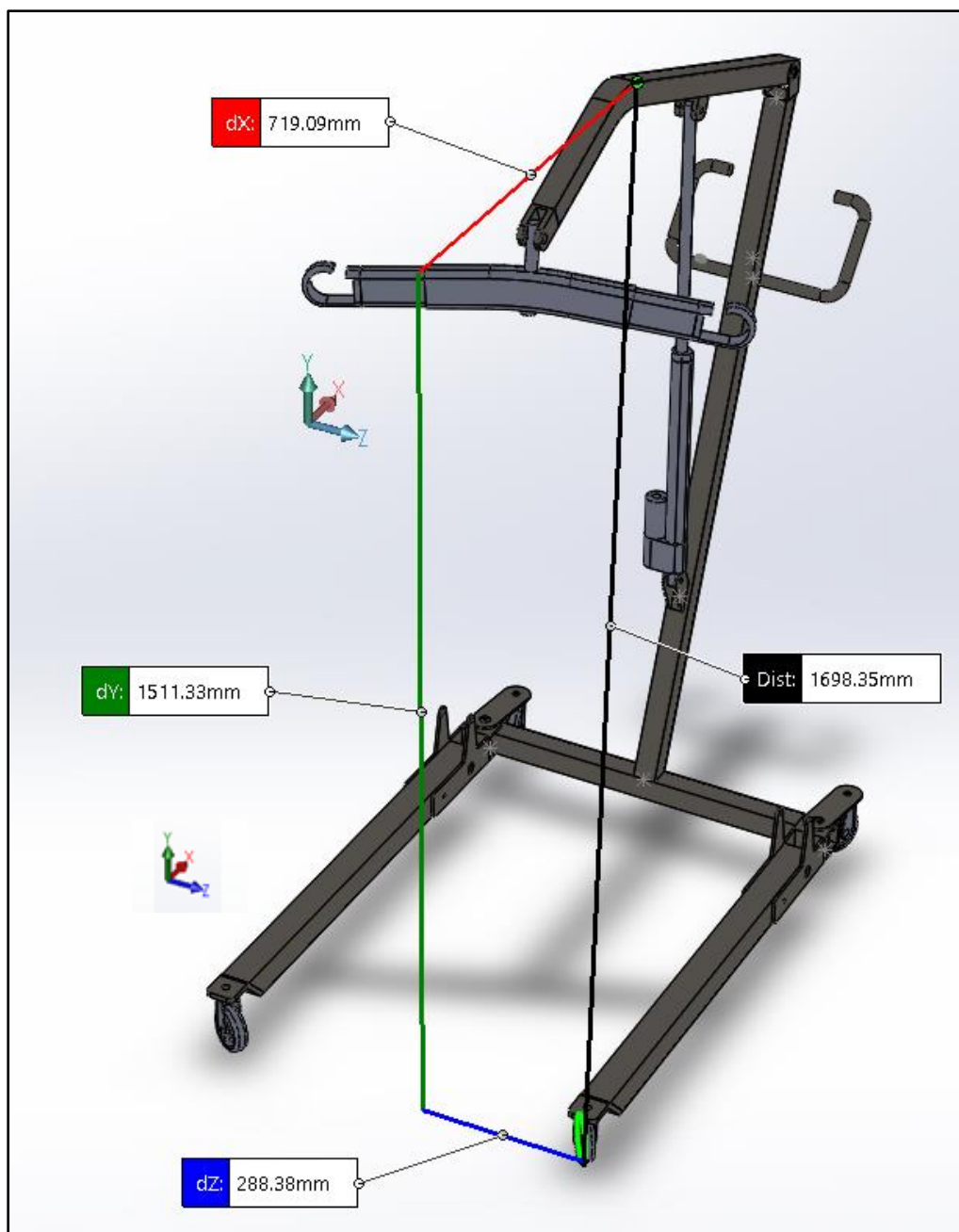


Figura 31. Altura del diseño.
Fuente: Herrera, L (2023).

Altura total mínima

Se escoge un valor de 1200 mm, ya que, en caso de requerirlo, es útil contar con un rango de movimiento que permita realizar la elevación del paciente incluso si este se encuentra en el piso. Al definir esta distancia permite a la percha posicionarse a una distancia vertical de 500 mm (0,50 m) medida respecto al piso, asegurando una mínima distancia entre el paciente.

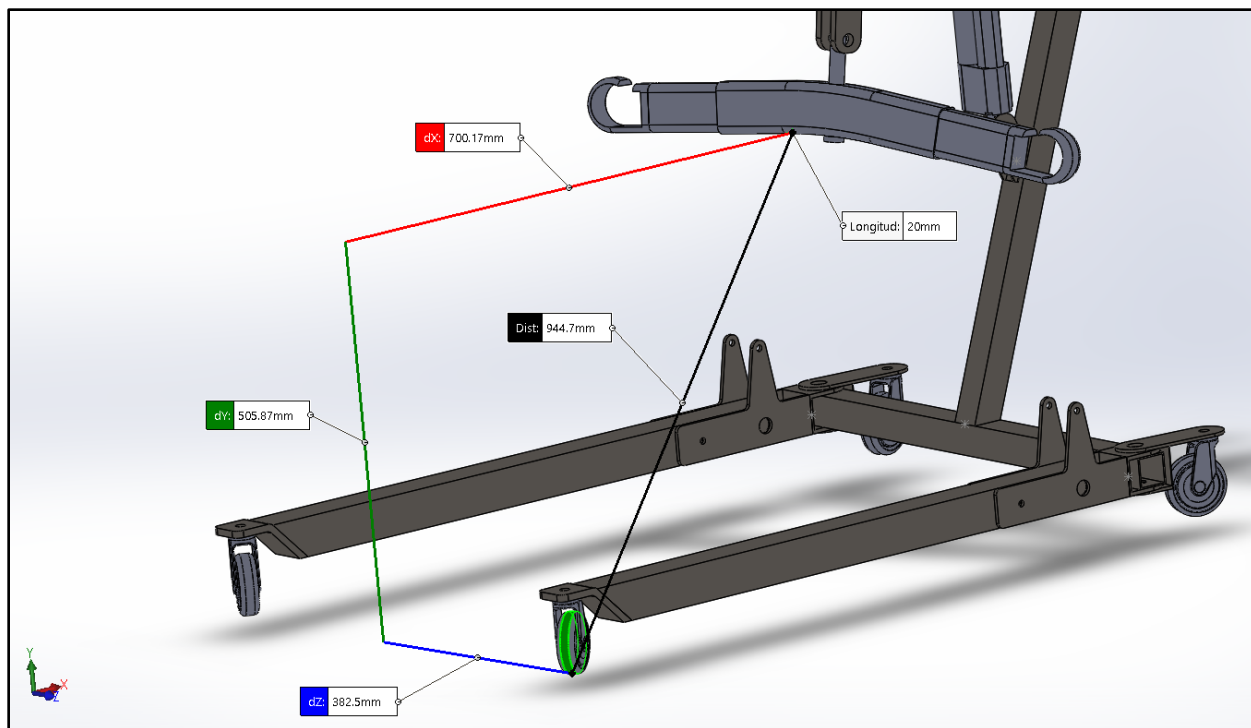


Figura 32. Altura mínima de la percha
Fuente: Herrera, L (2023).

Ancho de la base

Debe ser de tipo ajustable para permitir el acceso no solo a sillas de ruedas convencionales sino a todo tipo de sillas que pudieran encontrarse en el espacio donde sea usado el diseño.

- **Ancho exterior (patas cerradas):** Para el ancho de la base con las patas cerradas, se ha elegido un valor de 600 mm (0,60 m). El principal factor determinante en la selección del ancho de la base es el tamaño de los marcos de puerta más comunes en el mercado nacional. Según la información proporcionada en el APÉNDICE C, el ancho del marco de puerta más pequeño disponible es de 700 mm (0,70 m). Al optar por una base de 600 mm, se garantiza que la estructura pueda atravesar sin dificultad este tipo de marcos, lo que la convierte en una solución versátil y adaptable a la mayoría de los espacios además de ofrecer un equilibrio adecuado entre funcionalidad y compacidad. El valor escogido también proporciona suficiente estabilidad y soporte a la estructura, sin resultar excesivamente voluminosa o dificultar la maniobrabilidad.

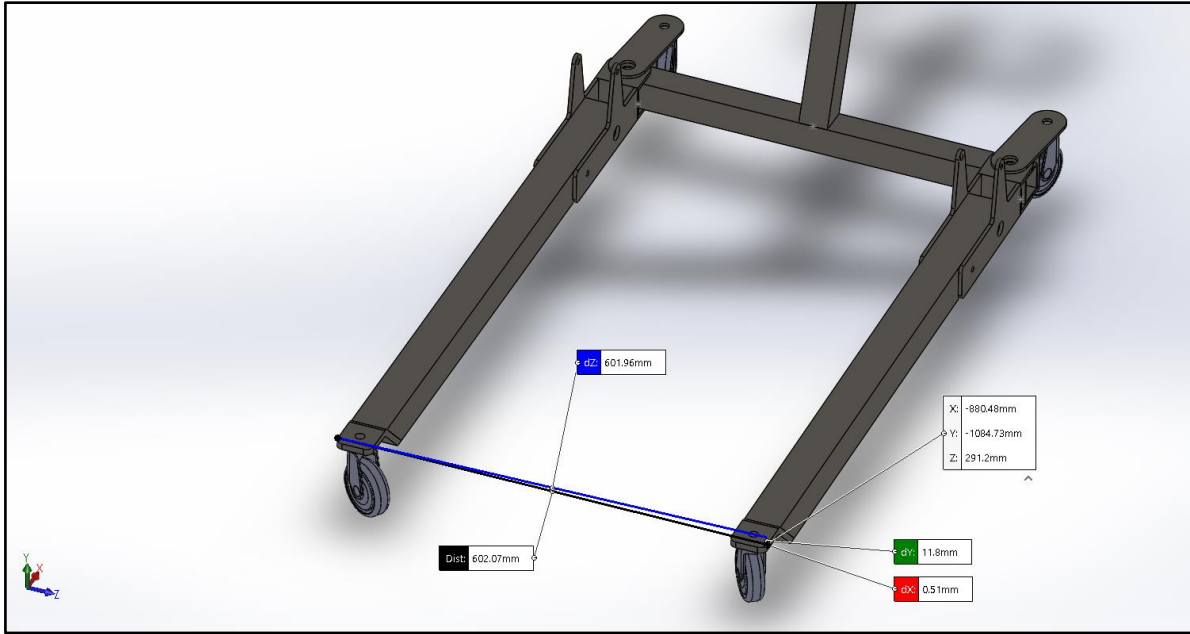


Figura 33. Ancho del diseño (patas cerradas).
 Fuente: Herrera, L (2023).

- **Ancho interior (patas abiertas):** Se elige un valor de 800 mm (0,80 m) para el ancho de las patas cuando estas se encuentran abiertas. Esta apertura se logra gracias a un mecanismo de accionamiento manual que se encuentra en la base del mástil.

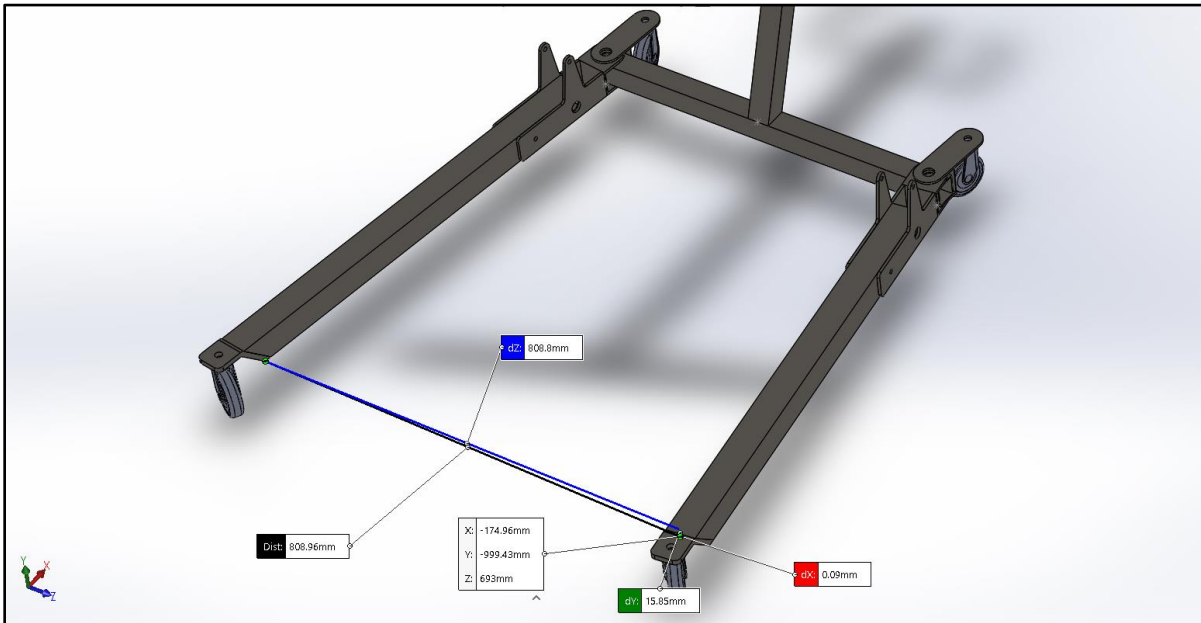


Figura 34. Ancho interior (patas abiertas)
 Fuente: Herrera, L (2023).

El sistema de apertura manual está diseñado para facilitar al usuario la apertura y cierre de las patas del equipo sin necesidad de esfuerzo manual. El sistema se activa mediante un pedal ubicado en la base del equipo. El pedal está conectado a un eje central que funciona como punto de giro del sistema. Al presionar el pedal, el eje gira y activa un mecanismo que extiende unas barras para empujar las patas del equipo y abrirlas. Para cerrar las patas del equipo, se debe girar el pedal en sentido contrario. Esto hace que el eje gire en sentido inverso, contrayendo las barras de extensión y empujando las patas hacia el centro del equipo.



Figura 35. Sistema de apertura manual.
Fuente: Herrera, L (2023).

Para la selección de este valor se toma en cuenta principalmente las dimensiones estándar de una silla de ruedas las cuales aparecen en la Figura 36. Esto con el fin de posicionar el diseño lo más cerca posible del paciente que se encuentre en silla de ruedas, facilitando así el proceso de traslado además de evitar cualquier tipo de lesión producto de una condición de operación no favorable.

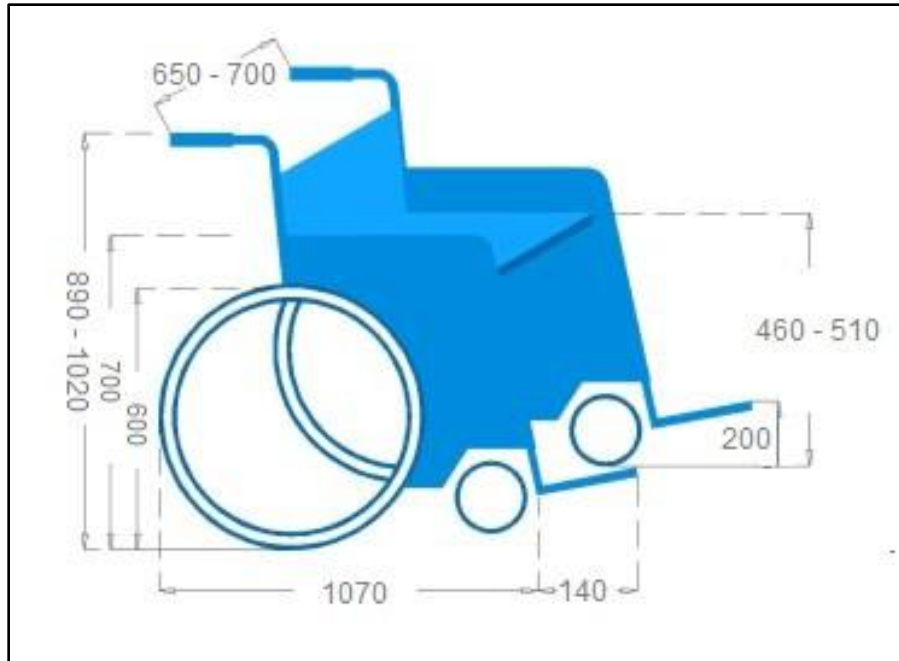


Figura 36. Medidas estándar de una silla de ruedas, vista isométrica.
Fuente: Verswyvel, S. (2007).

4.4.3. Selección del material

El tipo de material que se elige para el diseño debe considerar principalmente la propiedad de límite elástico, con el fin de asegurar que la estructura trabaje en la zona elástica y no exista posibilidad de una deformación plástica, puesto que el sistema está sometido a diferentes cargas, lo cual puede generar deformaciones en algunos puntos críticos como son en las uniones de los elementos y en los puntos de apoyo.

Para el presente diseño, se establece que el tipo de material a emplear debe ser acero estructural para secciones huecas ASTM A500 grado C (para los perfiles) y ASTM A36 (para las platinas), ambos escogidos en función a sus propiedades mecánicas y de composición principalmente. Los aceros escogidos se encuentran comúnmente en el mercado venezolano lo que garantiza la facilidad de compra y disponibilidad para llevar a cabo el diseño. La selección de materiales distintos en el proceso de diseño se atribuye a la búsqueda de un ahorro económico durante la fabricación y a una disminución del peso neto del equipo una vez instalado, sin sacrificar la capacidad del equipo de resistir las cargas que intervienen en él.

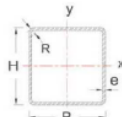
Tabla 1. Propiedades mecánicas del acero ASTM A500.

Tubería estructural conformada				
Grado	Grado A	Grado B	Grado C	Grado D
Resistencia a la tracción min, psi (MPa)	45000 (310)	58000 (400)	62000 (427)	58000 (400)
Límite elástico, min, psi (MPa)	39000 (269)	46000 (317)	50000 (345)	36000 (250)
Elongación (50.8 mm), min, %A	25B	23C	21D	23C

Fuente: United Steel Industry. (2018).

La Tabla 1 muestra el valor del límite elástico o esfuerzo de fluencia del acero ASTM A500 grado C es de $\sigma_y = 345 \text{ MPa}$. Por otro lado, la Tabla 2 corresponde al catálogo de la empresa Suministros e Instalaciones Carabobo, C.A, donde se muestran las dimensiones comerciales de los perfiles cuadrados ASTM A500 junto con sus propiedades estáticas. Dicha empresa se encarga de la compra, venta y distribución de materiales industriales en el estado Carabobo, así como también en el resto de la región central de Venezuela.

Tabla 2. Dimensiones y propiedades estáticas de los tubos cuadrados de acero ASTM A500 grado C.

Suministros e Instalaciones Carabobo, C.A									
TUBOS ESTRUCTURALES CUADRADO									
									
SECCION CUADRADA (SISTEMA INTERNACIONAL)									
Designación Comercial H x B DN (1)	Espesor e mm	Radio R mm	Sección A cm ²	Peso P kg/m	Propiedades Estáticas				
					Ix = Iy cm ⁴	Sx = Sy cm ³	Zx = Zy cm ³	rx = ry cm	
25x25	2,00	6,00	1,70	1,34	1,43	1,14	1,42	0,92	
25x25	2,50	7,50	2,04	1,60	1,61	1,28	1,64	0,89	
25x25	3,00	9,00	2,33	1,83	1,72	1,38	1,82	0,86	
40x40	2,00	6,00	2,90	2,28	6,80	3,40	4,06	1,53	
40x40	2,50	7,50	3,54	2,78	8,00	4,00	4,86	1,50	
40x40	3,00	9,00	4,13	3,24	9,01	4,51	5,57	1,48	
50x50	2,00	6,00	3,70	2,91	13,93	5,57	6,58	1,94	
50x50	2,50	7,50	4,54	3,56	16,61	6,64	7,94	1,91	
50x50	3,00	9,00	5,33	4,18	18,98	7,59	9,19	1,89	
50x50	4,00	12,00	6,81	5,35	22,87	9,15	11,38	1,83	
60x60	2,00	6,00	4,50	3,53	24,83	8,28	9,69	2,35	
60x60	3,00	9,00	6,53	5,13	34,43	11,48	13,72	2,30	
60x60	4,00	12,00	8,41	6,60	42,30	14,10	17,23	2,24	
70x70	2,00	6,00	5,30	4,16	40,30	11,52	13,40	2,76	
70x70	3,00	9,00	7,73	6,07	56,57	16,16	19,14	2,71	
70x70	4,00	12,00	10,01	7,86	70,42	20,12	24,27	2,65	
80x80	3,00	9,00	8,93	7,01	86,60	21,65	25,47	3,11	
80x80	4,00	12,00	11,61	9,11	108,83	27,21	32,52	3,06	
80x80	5,00	15,00	14,14	11,10	127,98	31,99	38,87	3,01	
90x90	3,00	9,00	10,13	7,95	125,71	27,93	32,69	3,52	
100x100	3,00	9,00	11,33	8,89	175,10	35,02	40,82	3,93	
120x120	3,00	9,00	13,73	10,78	309,55	51,59	59,77	4,75	
120x120	4,00	12,00	18,01	14,14	397,30	66,22	77,50	4,70	

Fuente: Suministros e instalaciones Carabobo, C.A. (s/f).

La tabla siguiente representa el catálogo comercial de tubos estructurales rectangulares comercializados por la empresa Import Aceros. Están fabricados en acero ASTM A500 Gr. A, B o C, poseen además un recubrimiento el cual puede ser negro o galvanizado.

Tabla 3. Dimensiones y propiedades estáticas de los tubos rectangulares de acero ASTM A500 grado C.

Tubería Estructural Rectangular										
Designaciones			Área	Peso	Propiedades Estáticas					
					Eje x - x			Eje y - y		
					Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
20	30	1,50	1,35	1,06	1,59	1,06	1,08	0,84	0,84	0,79
		2,00	1,74	1,36	1,94	1,30	1,06	1,02	1,02	0,77
20	40	1,40	1,55	1,22	3,09	1,55	1,41	1,04	1,04	0,82
		1,50	1,65	1,30	3,27	1,63	1,41	1,10	1,10	0,82
		1,80	1,95	1,53	3,76	1,88	1,39	1,26	1,26	0,80
		2,00	2,14	1,68	4,06	2,03	1,38	1,35	1,35	0,79
25	50	1,40	1,97	1,55	6,28	2,51	1,79	2,13	1,71	1,04
		1,50	2,10	1,65	6,66	2,66	1,78	2,26	1,80	1,04
		1,80	2,49	1,95	7,72	3,09	1,76	2,60	2,08	1,02
		2,00	2,74	2,15	8,39	3,36	1,75	2,82	2,25	1,01
		2,50	3,34	2,62	9,90	3,96	1,72	3,29	2,64	0,99
		3,00	3,91	3,07	11,20	4,48	1,69	3,70	2,96	0,97
30	50	1,40	2,11	1,66	7,11	2,84	1,83	3,23	2,15	1,24
		1,50	2,25	1,77	7,54	3,02	1,83	3,42	2,28	1,23
		1,80	2,67	2,09	8,77	3,51	1,81	3,96	2,64	1,22
		2,00	2,94	2,31	9,54	3,82	1,80	4,30	2,87	1,21
		2,50	3,59	2,82	11,31	4,53	1,78	5,07	3,38	1,19
		3,00	4,21	3,30	12,86	5,15	1,75	5,73	3,82	1,17
40	60	1,40	2,67	2,10	13,54	4,51	2,25	7,27	3,63	1,65
		1,50	2,85	2,24	14,39	4,80	2,25	7,72	3,86	1,64
		1,80	3,39	2,66	16,85	5,62	2,23	9,01	4,51	1,63
		2,00	3,74	2,93	18,42	6,14	2,22	9,84	4,92	1,62
		2,50	4,59	3,60	22,09	7,36	2,19	11,75	5,88	1,60
		3,00	5,41	4,25	25,41	8,47	2,17	13,47	6,74	1,58

Fuente: Import Aceros (s/f).

La Tabla 4 nos muestra las propiedades mecánicas del acero ASTM A36, de dicha figura puede extraerse el esfuerzo de fluencia (límite elástico) cuyo valor es $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$.

Tabla 4. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.

Propiedades mecánicas de la placa de acero al carbono de calidad estructural.						
Especificación de la ASTM	Grado o tipo del material	Esfuerzo máximo de fluencia		Esfuerzo de fluencia		Elongación en 50 mm o 2 pulg. %
		MPa	ksi	MPa	ksi	
A36	...	400-550	58-80	220-250	32-36	23
A131	A, B, D, E, CS, DS	400-490	58-71	220	32	24
A283	A	310-380	45-55	165	24	28
	B	345-415	50-60	185	27	26
	C	380-450	55-65	205	30	23
	D	415-515	60-75	230	33	21
A284	A	345	50	170	25	25
	B	380	55	190	27	25
	C	415	60	205	30	23
	D	415	60	230	33	22
A440	...	435	63	290	42	19
A529	...	414-586	60-85	290	42	19
A573	58	400-490	58-71	220	32	...
	65	450-530	65-77	240	35	...
	70	480-620	70-90	290	42	...
A678	A	483-621	70-90	345	50	20
	B	552-689	80-100	414	60	20
	C	586-793	85-115	448	65	17
A709	36	400-550	58-80	220	32	21

Fuente: Mangonon, Pat L. (2001).

La Tabla 5 presenta el catálogo comercial de planchones laminados en caliente de acero ASTM A36 que ofrece la empresa Maploca, C.A. Este catálogo proporciona información detallada sobre las características y dimensiones de los productos disponibles, lo que facilita la selección del material adecuado para el proyecto. Maploca, C.A. es una empresa venezolana con una amplia trayectoria en la comercialización y distribución de productos siderúrgicos. La empresa cuenta con una sólida red de distribución en varios estados del país, incluyendo Carabobo.

Tabla 5. Catalogo comercial de Maploca, C.A.

Calidad	Espesor mm.	Medidas Ancho x Largo mm x mm	Peso Teórico	
			kg/m ²	kg/Lámina
ASTM A36	2,00	1.000 x 2.000	16,00	32,00
		1.200 x 2.400	16,00	46,08
	2,25	1.000 x 2.000	18,00	36,00
		1.200 x 2.400	18,00	51,84
	2,50	1.000 x 2.000	20,00	40,00
		1.200 x 2.400	20,00	57,60
	2,75	1.000 x 2.000	22,00	44,00
		1.200 x 2.400	22,00	63,36
	3,00	1.000 x 2.000	24,00	48,00
		1.200 x 2.400	24,00	69,12
	4,00	1.000 x 2.000	32,00	64,00
		1.200 x 2.400	32,00	92,16
	4,10	1.200 x 2.400	32,80	94,46
	4,50	1.000 x 2.000	36,00	72,00
		1.200 x 2.400	36,00	103,68
	5,00	1.000 x 2.000	40,00	80,00
		1.200 x 2.400	40,00	115,20
	6,00	1.000 x 2.000	48,00	96,00
1.200 x 2.400		48,00	138,24	
8,00	1.000 x 2.000	64,00	128,00	
	1.200 x 2.400	64,00	184,32	
9,00	1.000 x 2.000	72,00	144,00	
	1.200 x 2.400	72,00	207,36	
10,00	1.000 x 2.000	80,00	160,00	
	1.200 x 2.400	80,00	230,40	
12,00	1.000 x 2.000	96,00	192,00	
	1.200 x 2.400	96,00	276,48	

Fuente: Maploca, C.A (s/f).

4.4.4. Propiedades físicas del equipo

La determinación de las propiedades físicas del diseño se termina a través del apoyo de la herramienta computacional SolidWorks, para ello se selecciona el material correspondiente para cada uno de los elementos que conforman el equipo.

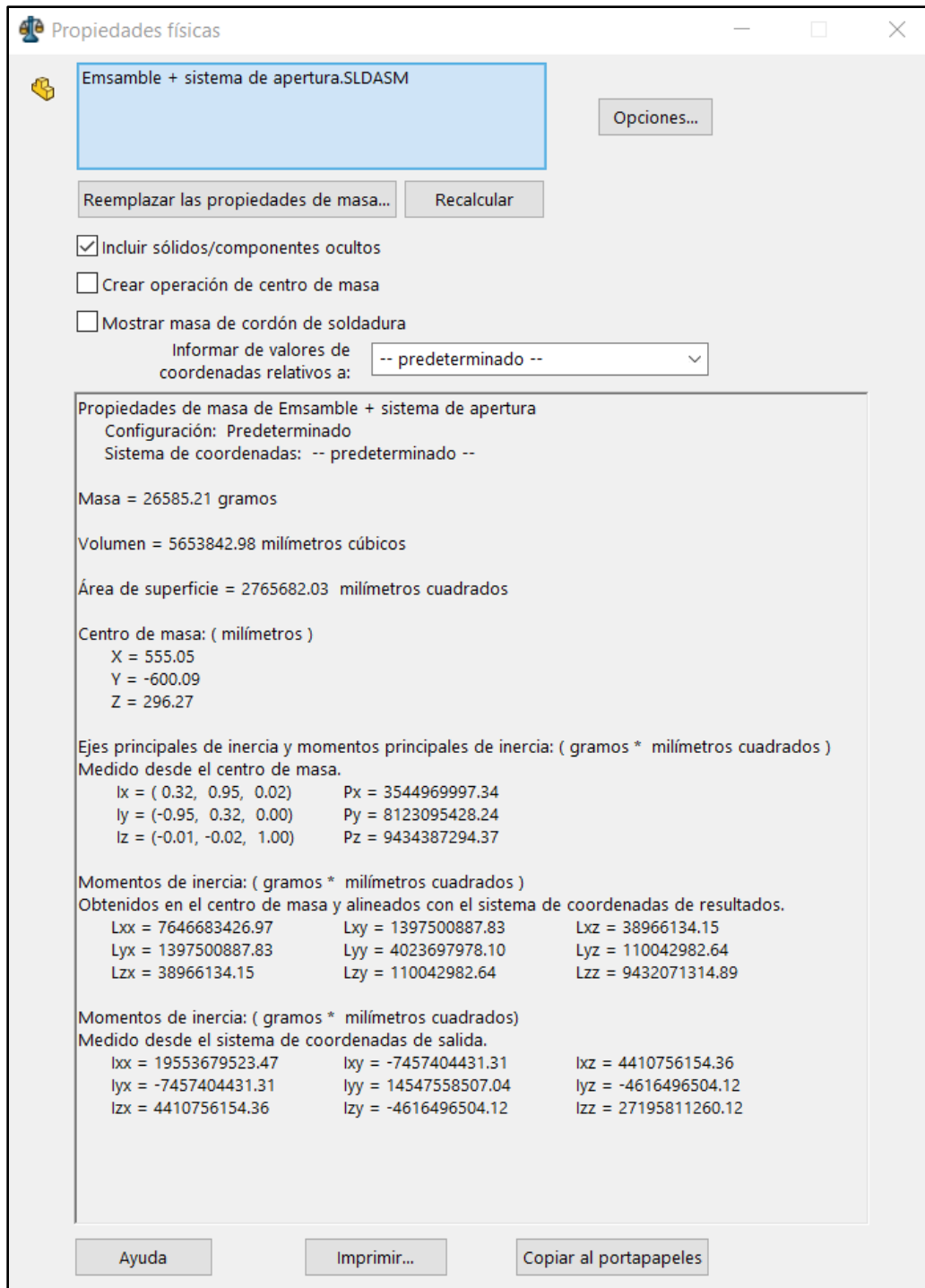


Figura 37. Propiedades físicas del diseño.
 Fuente: Herrera, L (2023).

Una vez ejecutado el comando, el programa arroja los resultados (Figura 37) de las propiedades físicas del equipo: masa, volumen, área de superficie, ubicación del centro de masa en función al eje de referencia, ejes y momentos principales de inercia.

4.4.5. Factor de seguridad

El factor de seguridad a utilizar es de $F_s = 2$, teniendo en cuenta que para el diseño del equipo se usan materiales confiables donde la carga y las condiciones ambientales no son severas, esto según las recomendaciones de factores de seguridad según la aplicación que muestra la Tabla 6.

Tabla 6. Recomendaciones generales para escoger factor de seguridad.

Aplicaciones	Factor de seguridad
Materiales de alta fiabilidad donde las condiciones de carga y ambientales no son severas y donde el peso es una consideración importante	1.3 – 1.5
Materiales fiables cuando las condiciones de carga y ambientales no son severas	1.5 – 2
Materiales ordinarios cuando las condiciones de carga y ambientales no son severas	2 – 2.5
Materiales frágiles donde la carga y las condiciones ambientales no son severas	2.5 – 3
Materiales cuyas propiedades no son fiables y cuyas condiciones de carga y ambientales no son severas, o cuando se utilizan materiales fiables en condiciones difíciles y ambientales	3 - 4

Fuente: The Engineering ToolBox (2010).

El factor de seguridad escogido puede validarse haciendo uso del programa computacional SolidWorks, ejecutando una simulación donde se somete al conjunto armado a las cargas y reacciones que experimenta en su condición de trabajo más crítica, con el fin de que el programa haciendo uso de elementos finitos calcule el factor de seguridad sugerido para el diseño, véase Figura 38.

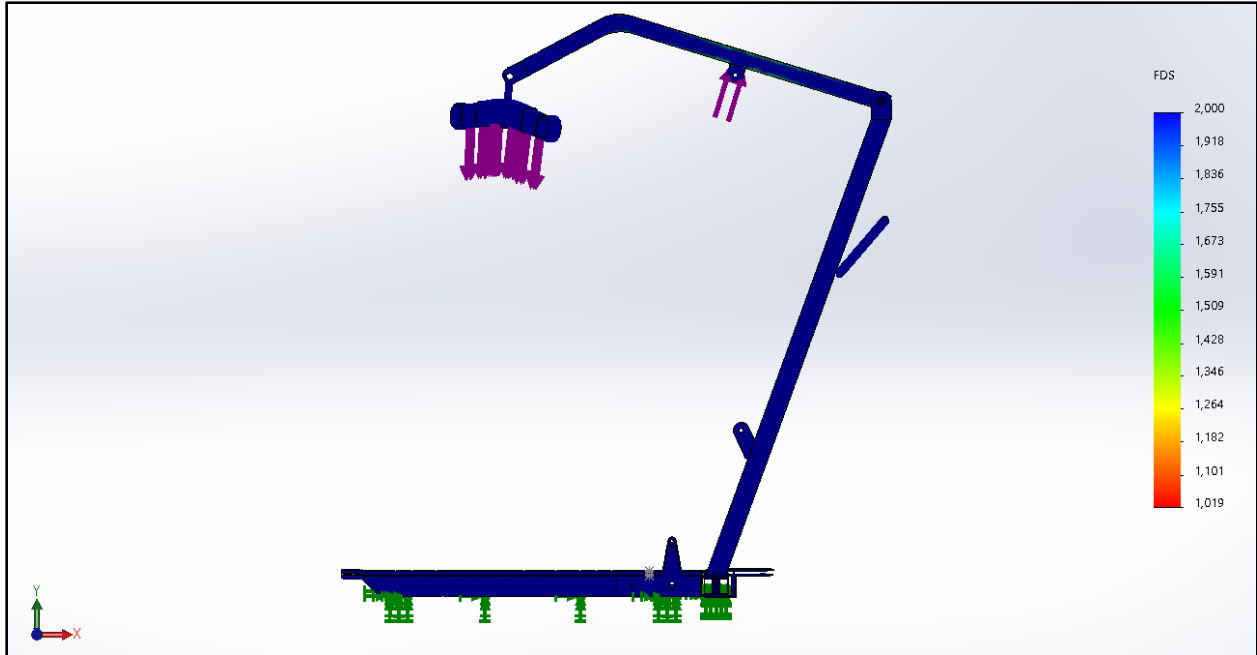


Figura 38. Análisis computacional del factor de seguridad, conjunto armado.
Fuente: Herrera, L (2023).

La figura anterior válida que debe diseñarse el sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida haciendo uso de un factor de seguridad igual a dos con el fin de asegurar que el diseño sea capaz de resistir los esfuerzos de trabajo sin que se presenten fallas que pongan en peligro la integridad física del paciente.

4.4.6. Esfuerzo admisible de diseño

Para un diseño seguro se requiere que el valor del esfuerzo máximo sea menor que el esfuerzo permisible, es decir $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm}$, por lo tanto, antes de iniciar con el análisis estático de los elementos del diseño, se necesita conocer el valor del esfuerzo permisible para los perfiles estructurales y las platinas, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{FS}$$

Platinas

$$\sigma_{adm} = \frac{250 \text{ Mpa}}{2} = 125 \text{ Mpa}$$

Perfiles estructurales

$$\sigma_{adm} = \frac{345 \text{ Mpa}}{2} = 172,5 \text{ Mpa}$$

Los valores obtenidos serán usados con el fin de asegurar que el equipo no falle ante las condiciones de trabajo más críticas, resguardando así la integridad física del paciente y del enfermero. El valor de esfuerzo admisible obtenido para los perfiles estructurales se usará para diseñar los elementos principales de la estructura del equipo. Por otro lado, el valor obtenido para las platinas se utilizará en el diseño de las piezas que actúan como puntos de unión entre dos elementos.

4.4.7. Situación crítica de diseño

Para realizar el análisis estático del diseño es importante tener en cuenta que el estudio se hará en la posición más desfavorable, en este caso será bajo la acción de la masa crítica de trabajo establecida para el diseño, y considerar el vástago del actuador completamente extendido. En función a la masa de trabajo se determina el peso máximo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$W = m \cdot g$$

Donde:

W: *Peso (N)*.

m: *Masa del paciente = 180 kg*.

g: *Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²*.

Reemplazando estos datos, se obtiene:

$$W = 180 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\mathbf{W = 1765,8 N}$$

El valor obtenido representa la carga que el sistema debe soportar para mantener elevado al paciente con obesidad tipo mórbida. Debido a su importancia, se hará uso de este valor para los procesos de dimensionamiento de cada uno de los elementos del equipo.

4.4.8. Diseño del brazo

La Figura 39 representa el componente del equipo que a continuación se diseña, dicha representación gráfica fue realizada haciendo uso del software SolidWorks. El elemento se encuentra unido con el mástil, así como también con el vástago del actuador. En el extremo derecho

experimenta una fuerza equivalente al peso del paciente obeso. La pieza se diseña para ser fabricada con perfil estructural de acero ASTM A500 grado C.

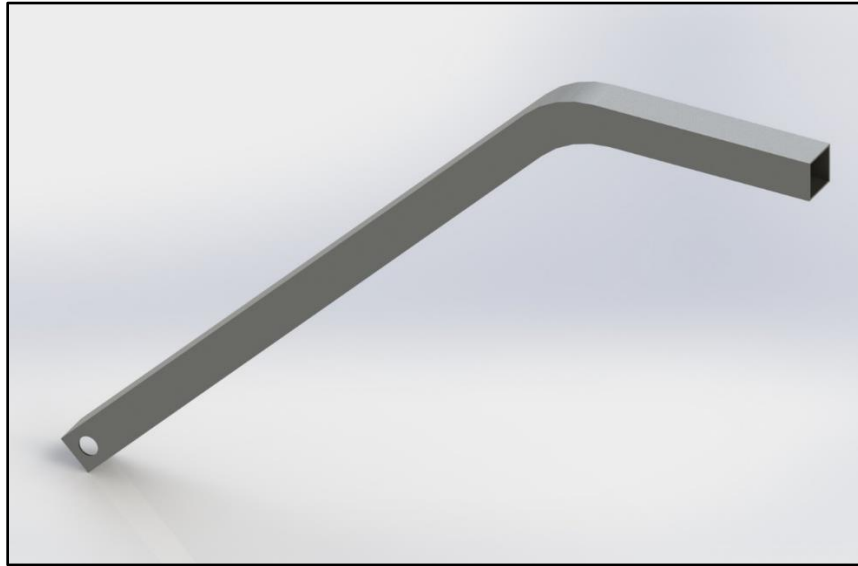


Figura 39. Modelado 3D, brazo.
Fuente: Herrera, L (2023).

Cálculo de las reacciones

Se realiza un DCL al brazo del diseño el cual se ilustra en la Figura 40, en ella, La fuerza F_a del actuador se descompone para encontrar las fuerzas F_{ax} y F_{ay} . Se procede de igual manera para la fuerza del pasador entre el brazo y el mástil F_b , es decir F_{bx} y F_{by} .

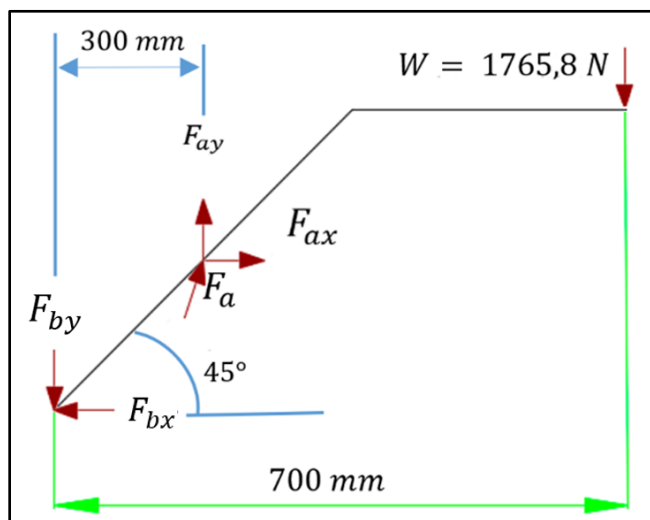


Figura 40. Diagrama de cuerpo libre del brazo superior.
Fuente: Herrera, L (2023)

Se necesita descomponer la reacción del actuador a través de los ejes, sabiendo que el brazo forma con la horizontal un ángulo de 45° en su posición más extendida y que además el actuador forma con respecto al mástil un ángulo de 21° .

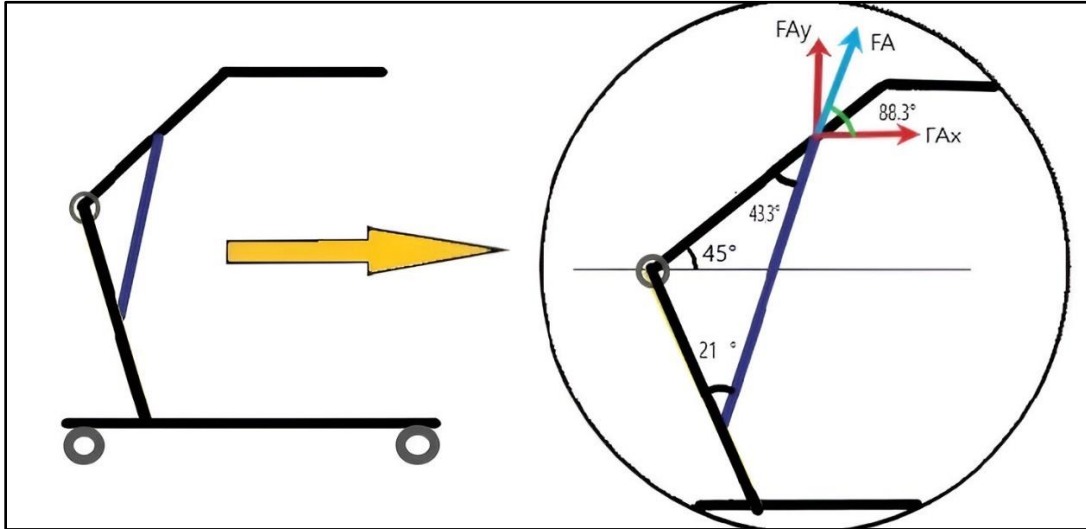


Figura 41. Representación gráfica de los ángulos formados entre mástil y el brazo.
Fuente: Herrera, L (2023).

Se desarrolla la sumatoria de momentos con respecto al punto P, de esta manera se halla el valor de la fuerza F_a , posteriormente se hace uso de las ecuaciones de equilibrio para obtener el resto de las reacciones.

$$+\circlearrowleft \sum M_b = 0$$

$$F_{ay}(0,3 \text{ m}) - F_{ax}(0,3 \text{ m}) - 1765,8 \text{ N} (0,7 \text{ m}) = 0$$

$$F_a (\sin 88,3^\circ) (0,3 \text{ m}) - F_a (\cos 88,3^\circ) (0,3 \text{ m}) - 1765,8 \text{ N} (0,7 \text{ m}) = 0$$

$$F_a (0,29 \text{ m}) = 1236,06 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_a = 4262,27 \text{ N}$$

$$\therefore F_{ay} = 4260,39 \text{ N} \wedge F_{ax} = 126,44 \text{ N}$$

El valor obtenido de F_a representa la fuerza del actuador necesaria para elevar la carga de 180 kg. Tomando en consideración este parámetro debe seleccionarse un modelo comercial que permita cumplir los requerimientos de carga y carrera.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{ay} - F_{by} - 1765,8 N = 0$$

$$4260,39 N - F_{by} - 1765,8 N = 0$$

$$F_{by} = 2494,59 N$$

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$F_{ax} - F_{bx} = 0$$

$$F_{bx} = 126,44 N$$

∴

$$F_b = \sqrt{(2494,59 N)^2 + (126,44 N)^2} = 2497,79 N$$

Obtenidas las reacciones que intervienen en el brazo del dispositivo, se determinan los diagramas de fuerza cortante y momento flector (Véase la Figura 42 y Figura 43, respectivamente) haciendo uso de la herramienta SolidWorks, para ello se define el elemento como una viga en voladizo con una carga equivalente al peso del paciente además de estar articulada en P , el cual representa el punto de unión entre el brazo y el mástil.

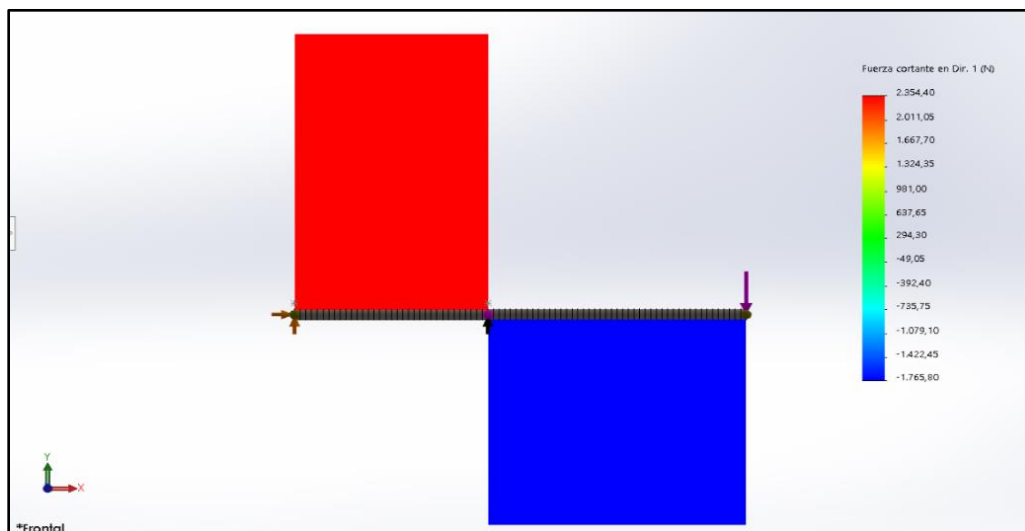


Figura 42. Diagrama fuerza cortante, brazo.
Fuente: Herrera, L (2023).

A partir de la figura anterior se desprende que el tramo que presenta mayores valores de fuerzas cortantes es el comprendido entre el punto que une el brazo con el mástil y el punto de unión del vástago del actuador con el brazo, esto debido a la presencia del punto de apoyo, en este caso de tipo articulado.

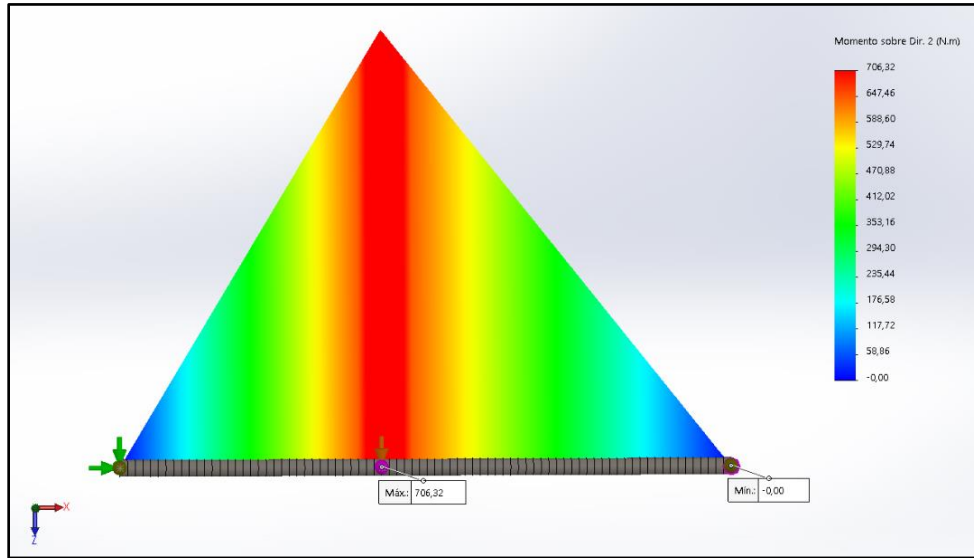


Figura 43. Diagrama de momento flector, brazo.
Fuente: Herrera, L (2023).

Por otro lado, el diagrama obtenido en la Figura 43 ilustra el comportamiento de los valores de momento flector presentes en el elemento, alcanza su mayor magnitud en el punto de unión del brazo con el vástago pertinente al actuador.

Selección del perfil estructural

Una vez hallado el momento flector máximo producido, para seleccionar las dimensiones de la viga se calcula el módulo de la sección mínima requerida, que es la relación entre el momento máximo y el esfuerzo admisible, σ_{adm} .

$$S_{min} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S_{min} = \frac{706,32 \text{ N} \cdot \text{m}}{172,5 \text{ Mpa}}$$

$$S_{min} = 4,09 \text{ cm}^3$$

Este valor, S_{min} , es el mínimo necesario para asegurar que se cumpla con el factor de seguridad antes seleccionado. Se procede a seleccionar del catálogo comercial de Suministro e instalaciones Carabobo, C.A (véase Tabla 2) el tipo de perfil estructural adecuado que cumpla con la condición $S_{catálogo} \geq S_{min}$.

$$\text{Se selecciona el perfil: } 40 \times 40 \times 3 \text{ mm} \rightarrow \begin{matrix} S = 4,51 \text{ cm}^3 \\ I = 9,01 \text{ cm}^4 \end{matrix}$$

Al seleccionar el tipo de perfil para el brazo del equipo se debe cumplir con la condición de que $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm}$. Recordando que para perfiles estructurales $\sigma_{adm} = 172,5 \text{ Mpa}$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S_{catálogo}}$$

$$\sigma_{max} = \frac{706,32 \text{ N} \cdot \text{m}}{4,51 \text{ cm}^3 \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}\right)^3}$$

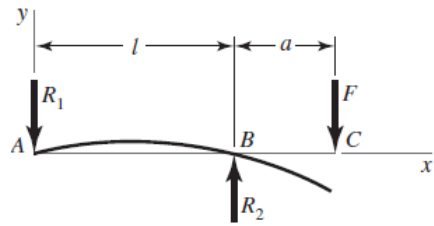
$$\sigma_{max} = 156,61 \text{ Mpa}$$

El valor del esfuerzo máximo es evidente que es menor que el esfuerzo de admisible por lo tanto se cumple la condición establecida asegurando que el diseño no fallará ante las cargas.

Cálculo de deflexión

Para el cálculo de la deflexión que experimenta el brazo del equipo se hará uso del método de superposición. Se asemeja el elemento de estudio a una viga simplemente apoyada con carga en voladizo, con el fin de estudiar el comportamiento de la deflexión ante las cargas que actúan. La Figura 44 proporciona un conjunto de ecuaciones en función a las secciones de la viga que facilitan determinar por ejemplo las ecuaciones que rigen el comportamiento de la fuerza cortante, momento flector y deflexión.

10 Apoyos simples: carga en voladizo



$$R_1 = \frac{Fa}{l} \quad R_2 = \frac{F}{l}(l + a)$$

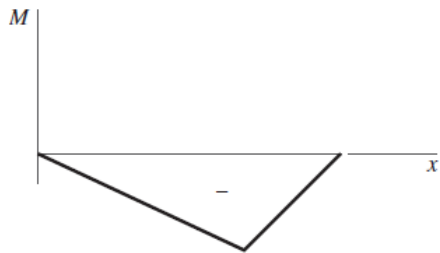
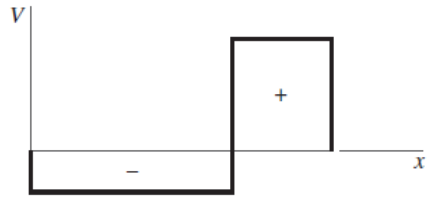
$$V_{AB} = -\frac{Fa}{l} \quad V_{BC} = F$$

$$M_{AB} = -\frac{Fax}{l} \quad M_{BC} = F(x - l - a)$$

$$y_{AB} = \frac{Fax}{6EI}(l^2 - x^2)$$

$$y_{BC} = \frac{F(x-l)}{6EI}[(x-l)^2 - a(3x-l)]$$

$$y_C = -\frac{Fa^2}{3EI}(l + a)$$



(continúa)

Figura 44. Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga simplemente apoyada con carga en voladizo.

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012).

La deflexión máxima que experimenta el elemento se encuentra en el punto C. El valor E que interviene en la ecuación, corresponde al módulo de elasticidad del material seleccionado, en este caso, acero al carbono, para el cual dicho valor es 207 Gpa (véase Tabla 7). Por otro lado, es importante recordar que cuando se seleccionó el perfil estructural con el que se fabricaría el elemento, se recopiló el momento de inercia correspondiente a la sección transversal, es decir $I = 9,01 \text{ cm}^4$ (véase Tabla 2).

Tabla 7. Propiedades físicas de algunos materiales en ingeniería.

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso específico w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/pulg ³	lbf/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro fundido (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Metal Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Plata niquelada	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0
Aleaciones de titanio	16.5	114.0	6.2	42.4	0.340	0.160	276	43.4

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012).

Finalmente, se procede al cálculo de la deflexión máxima

$$y_{max} = y_c = -\frac{Fa^2}{3EI}(l + a)$$

$$y_{max} = -\frac{(1765,8 N)(0,4 m)^2}{3(207 \times 10^9 Pa) \left[9,01 cm^4 \left(\frac{1 m}{100 cm} \right)^4 \right]} (0,3 m + 0,4 m)$$

$$y_{max} = -0,0035 m = -3,5 mm$$

Según el resultado obtenido, se determina que la deflexión no es significativa y por ende no afecta el funcionamiento ni compromete la seguridad del componente. El signo negativo indica que la deformación se produce de manera descendente. En la Figura 45, haciendo uso de la herramienta SolidWorks se calculó la deformación, para lo cual se obtuvo que en el tramo en voladizo es donde se obtienen principalmente los valores de deflexión, siendo mayor en el extremo

derecho con 3 mm. Comparando los valores obtenidos de manera analítica con los generados por el análisis de elementos finitos, puede concluirse que los resultados son muy cercanos.

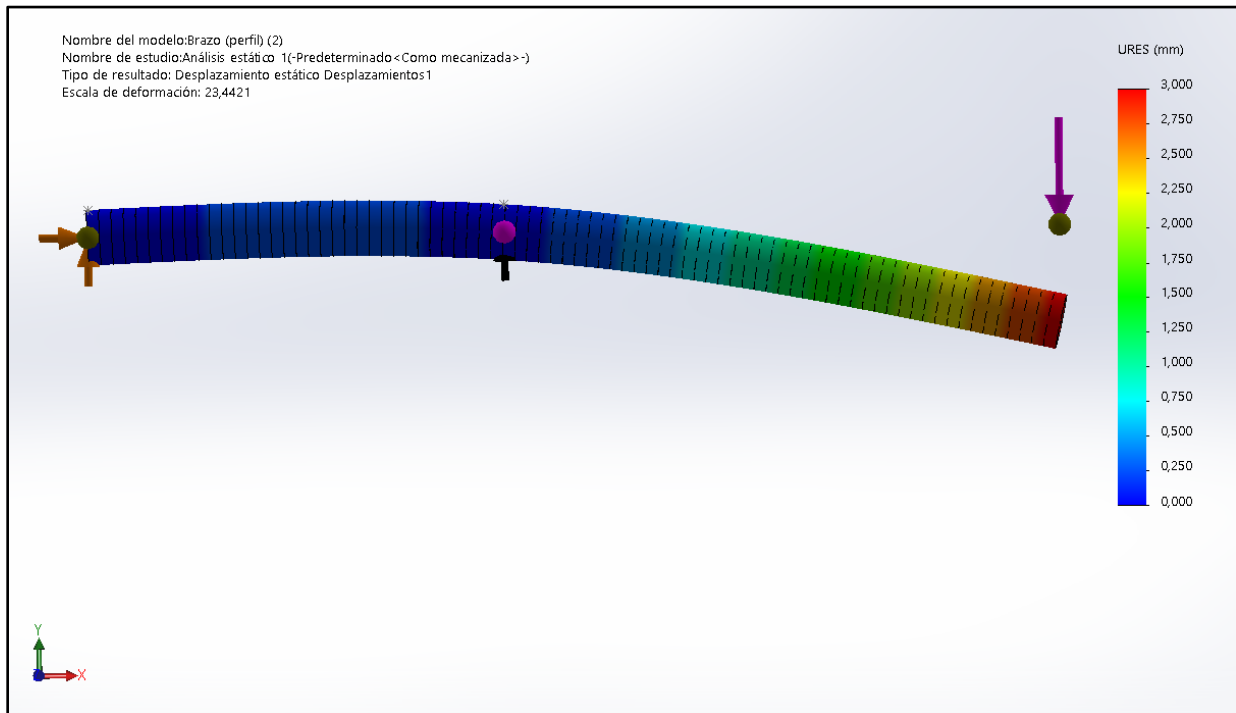


Figura 45. Análisis de deflexión, brazo.
Fuente: Herrera, L (2023).

Análisis de tensiones, criterio de Von Mises

El análisis de elementos finitos es un método computarizado que permite predecir cómo reaccionará un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. El estudio de tensiones para este elemento se realizó gracias al apoyo de la herramienta SolidWorks la cual basa su metodología de estudio en el análisis de elementos finitos.

La Figura 46 ilustra el comportamiento de la pieza bajo las cargas que experimenta. El análisis de elementos finitos del brazo permitió determinar la distribución de tensiones en el mismo bajo la acción de dichas cargas. Los resultados del análisis indican que las tensiones en el brazo son menores que el límite elástico del material, por lo que el brazo es lo suficientemente resistente para soportar las cargas. Es importante destacar que para el análisis se consideró el brazo como una viga simplemente apoyada con carga en voladizo. Esta es una simplificación del problema real, ya que el brazo está sujeto a otras condiciones de contorno y cargas. Sin embargo, esta simplificación es suficiente para obtener una estimación de las tensiones en el brazo.

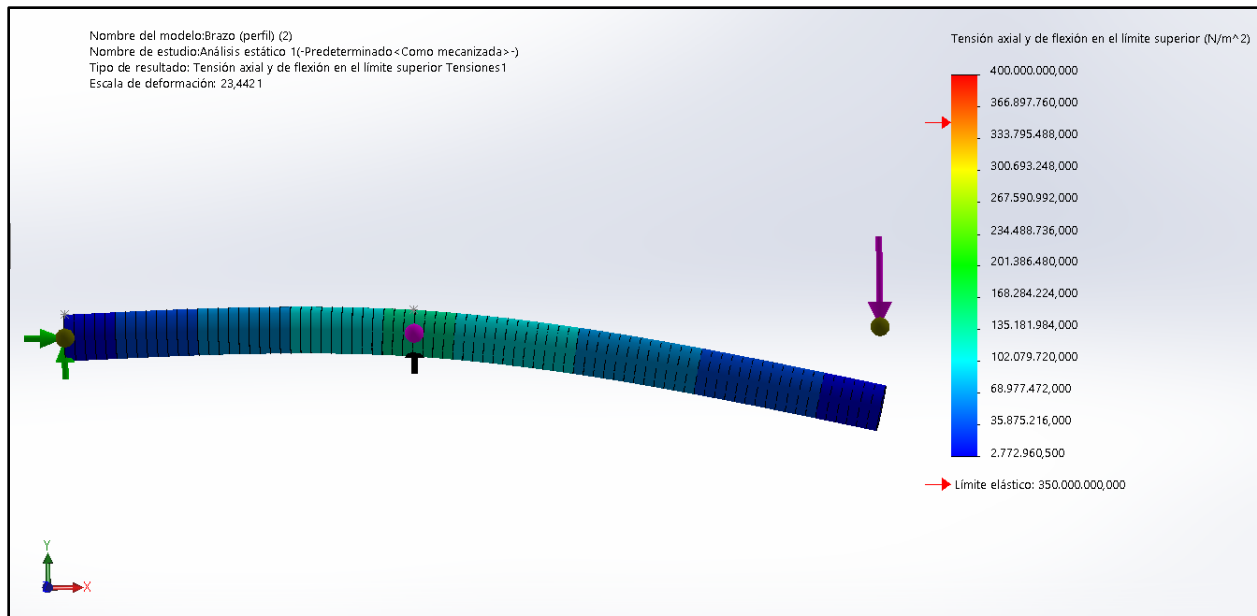


Figura 46. Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, brazo.
 Fuente: Herrera, L (2023).

El diseño tiene una mayor tensión en la unión entre el vástago del actuador y la zona curvada del perfil, debido a la concentración de esfuerzos causada por las condiciones geométricas de redondeo. A pesar de esto, la pieza no se romperá ya que los valores de tensión no superan el límite elástico del material, lo que garantiza que el brazo no sufrirá una deformación permanente.

4.4.9. Diseño del mástil

La Figura 47 representa el mástil del sistema de elevación para personas obesas, se encuentra unido en su base inferior al chasis mientras que, en su extremo superior al brazo, así mismo en él se posiciona la estructura del actuador. Puesto que es un elemento que debe resistir las cargas y esfuerzos que experimente el diseño se fabrica con un perfil estructurales de acero ASTM A500 grado C. Por otro lado, el mástil presenta una ligera inclinación para brindar estabilidad a la estructura además de permitir ampliar la zona de trabajo para poder posicionar al paciente de manera más ergonómica.

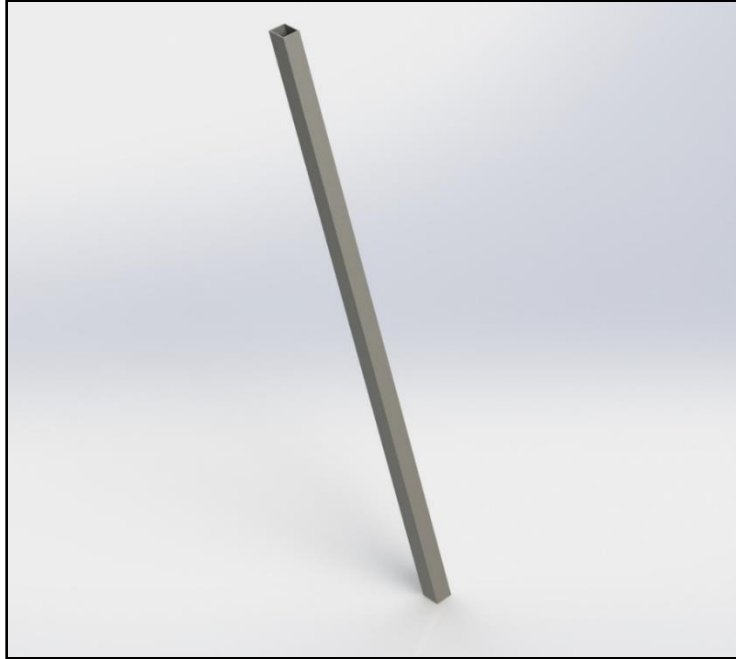


Figura 47. Modelado 3D, Mástil
Fuente: Herrera, L (2023).

Cálculo de las reacciones

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del mástil para realizar la sumatoria de fuerzas en el eje x y y para hallar las fuerzas resultantes F_{mx} y F_{my} respectivamente como se muestra en la Figura 48. Seguidamente se realiza la sumatoria de momentos respecto al punto B, el cual corresponde a la unión entre el mástil y el brazo.

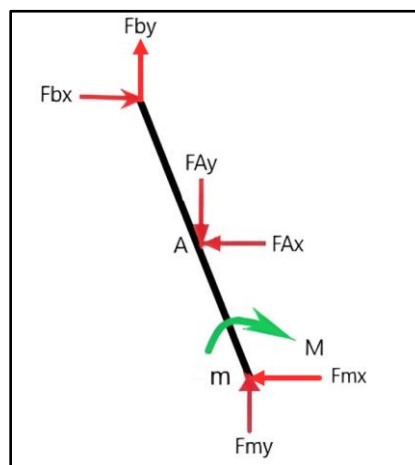


Figura 48. Diagrama de cuerpo libre del mástil.
Fuente: Herrera, L (2023).

Es importante destacar que B representa el punto de unión entre el mástil y el brazo, por otro lado, A corresponde al punto de vínculo mástil-actuador, y finalmente M denota la junta mástil-chasis.

$$+\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{bx} - F_{mx} - F_{ax} = 0$$

$$F_{by} - F_{ay} + F_{my} = 0$$

$$126,44 \text{ N} + F_{mx} - 126,44 \text{ N} = 0$$

$$2494,59 \text{ N} - 4260,39 \text{ N} + F_{my} = 0$$

$$F_{mx} = 0 \text{ N}$$

$$F_{my} = 1765,8 \text{ N}$$

Antes de determinar la sumatoria de momentos, es necesario conocer las distancias que hay entre los puntos B y M, así como también las que existen entre los puntos B y A para ello se usa como apoyo el diseño realizado en SolidWorks, véase Figura 49 y Figura 50, respectivamente.

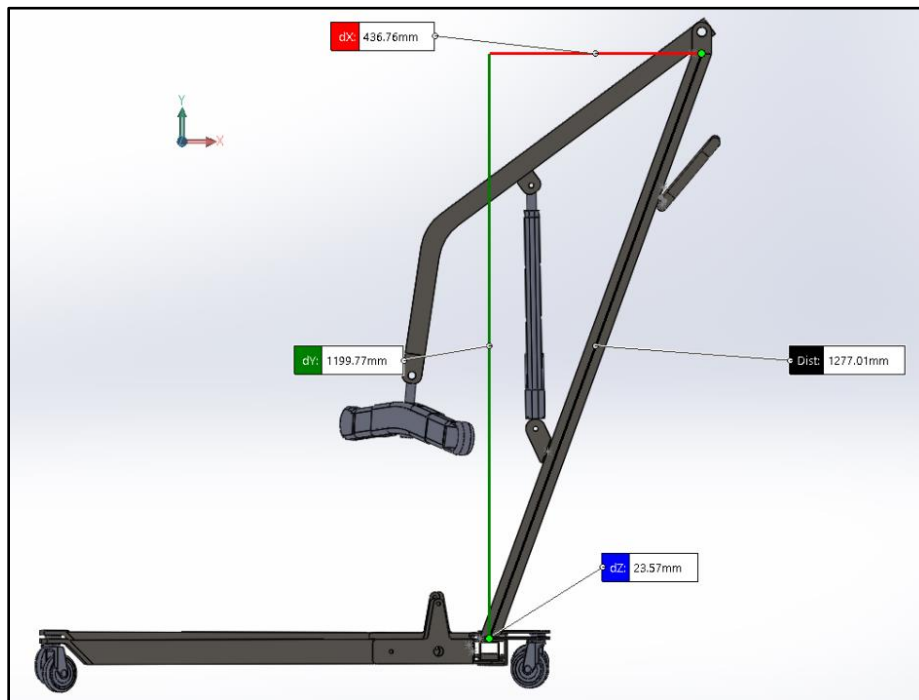


Figura 49. Distancias entre B y M.
Fuente: Herrera, L (2023).

En la figura anterior puede observarse las distancias entre los puntos B y M, medidos a partir del modelado en 3D del diseño, el cual fue realizado en SolidWorks

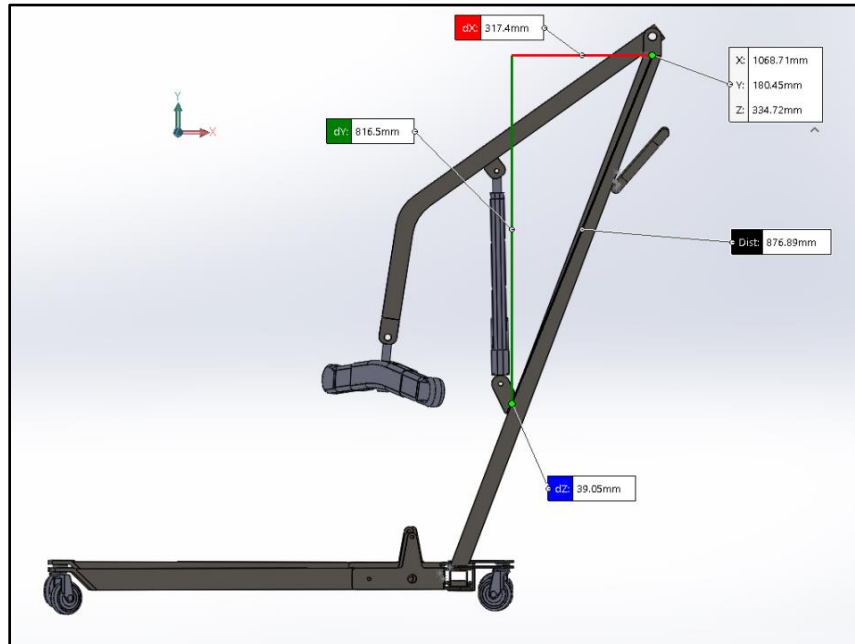


Figura 50. Distancias entre A y B.
Fuente: Herrera, L (2023).

$$+\circlearrowleft \sum M_b = 0$$

$$-F_{ay}(0,318 \text{ m}) - F_{ax}(0,817 \text{ m}) - F_{mx}(1,20 \text{ m}) + F_{my}(0,437) - M = 0$$

$$-4260,39 \text{ N}(0,318 \text{ m}) - 126,44 \text{ N}(0,817 \text{ m}) - (0 \text{ N})(1,20 \text{ m}) + 1765,8 \text{ N}(0,437) - M = 0$$

$$\mathbf{M = -686,45 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

El valor de M que se acaba de obtener dio con signo negativo puesto que se escogió el sentido incorrecto de rotación en el diagrama de cuerpo libre del mástil, el sentido correcto de acción de M es de forma antihoraria.

Para obtener los diagramas de fuerza cortante y momento flector que actúan en el elemento es necesario descomponer las fuerzas que se ilustran en el DCL del mástil, puesto que para la construcción de los diagramas requeridos se deben considerar sólo las fuerzas que actúan de

manera perpendicular a elemento de estudio, para esto se usa como apoyo un nuevo sistema de referencia que sea paralelo al cuerpo del mástil. Se comienza realizando la descomposición para las fuerzas F_{mx} y F_{my} , véase Figura 51.

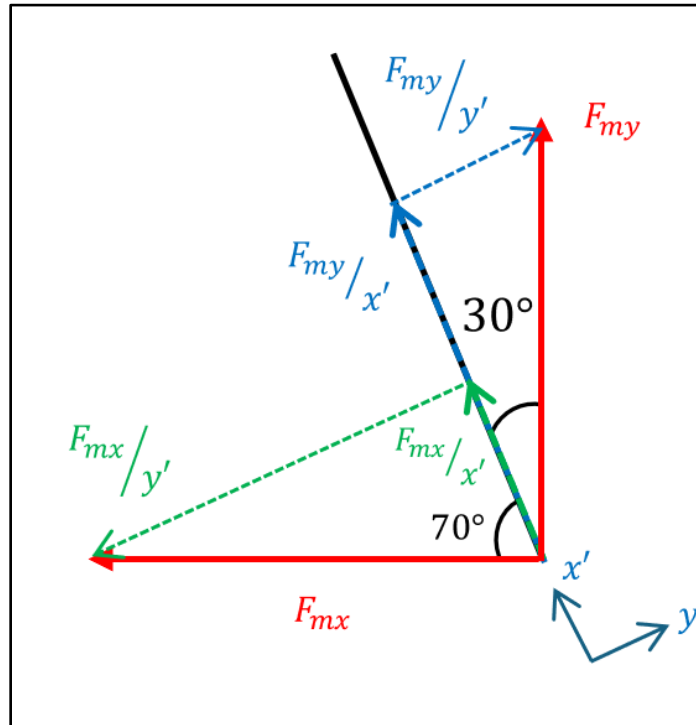


Figura 51. Descomposición de F_{mx} y F_{my} .
Fuente: Herrera, L (2023).

$$F_{mx/y'} = F_{mx} \cdot \sin 70^\circ$$

$$F_{my/y'} = F_{my} \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{mx/y'} = 0 \cdot \sin 70^\circ$$

$$F_{my/y'} = 1765,8 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{mx/y'} = 0 \text{ N}$$

$$F_{my/y'} = 882,9 \text{ N}$$

Seguidamente se procede de manera análoga con la fuerza el actuador, F_a , la cual se determinó cuando se diseño el brazo.

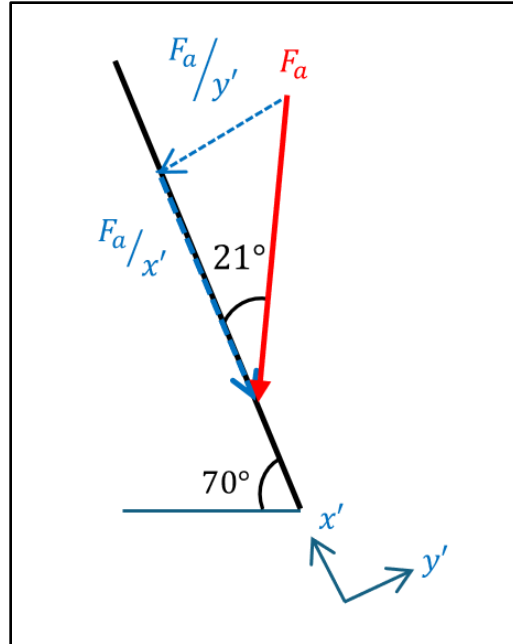


Figura 52. Descomposición de F_a .
Fuente: Herrera, L (2023).

$$F_{a/y'} = F_a \cdot \sin 21^\circ = 4262,27 \text{ N} \cdot \sin 21^\circ \rightarrow F_{a/y'} = \mathbf{1527,46 \text{ N}}$$

Finalmente, se aplica el mismo procedimiento para las fuerzas F_{bx} y F_{by} , véase Figura 53.

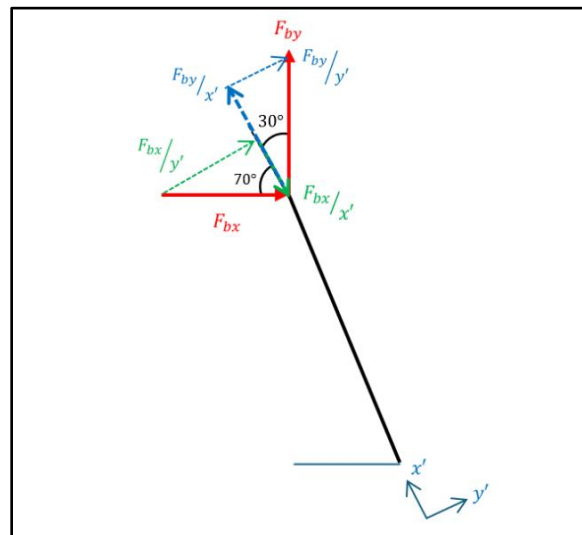


Figura 53. Descomposición de F_{bx} y F_{by} .
Fuente: Herrera, L (2023).

$$F_{bx}/y' = F_{bx} \cdot \sin 70^\circ$$

$$F_{by}/y' = F_{by} \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{bx}/y' = 126,44 \text{ N} \cdot \sin 70^\circ$$

$$F_{bx}/y' = 2494,59 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_{bx}/y' = \mathbf{118,81 \text{ N}}$$

$$F_{by}/y' = \mathbf{1247,29 \text{ N}}$$

Una vez obtenidas todas las reacciones, se grafican los diagramas de fuerza cortante y momento flector, para esto se usa como apoyo la herramienta SolidWorks, véase Figura 54 y Figura 55, respectivamente. Ejecutar los estudios permite conocer la distribución de la fuerza cortante y momento flector a lo largo del brazo. La fuerza cortante tiende a cortar el brazo en una sección transversal mientras que el momento flector tiende a girar el brazo alrededor de su eje longitudinal.

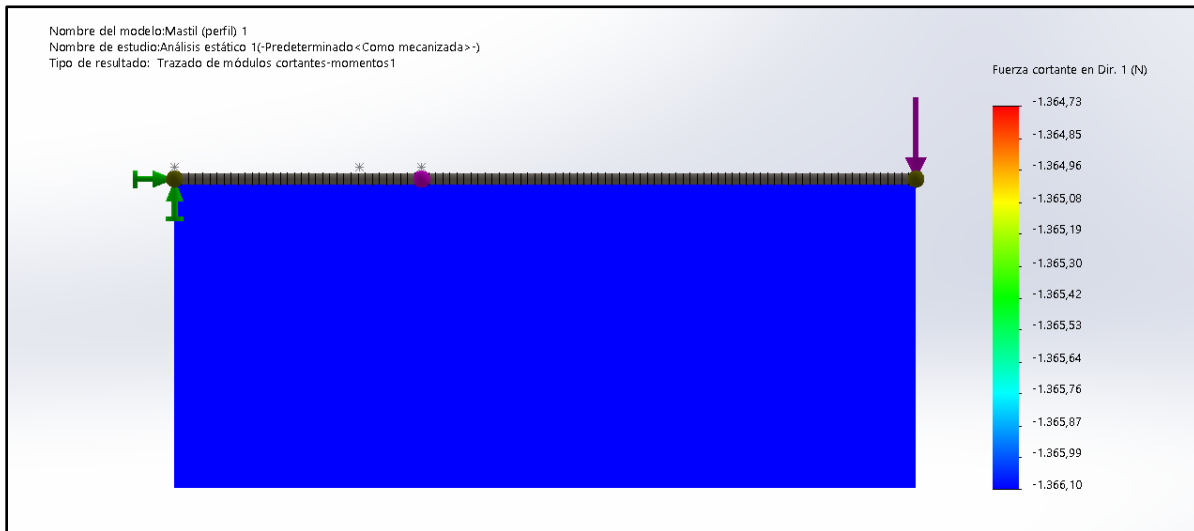


Figura 54. Diagrama de fuerza cortante, mástil.

Fuente: Herrera, L (2023).

Según se observa en la Figura 54, el mayor valor de fuerza cortante es constante y se experimentan a lo largo del todo el mástil.

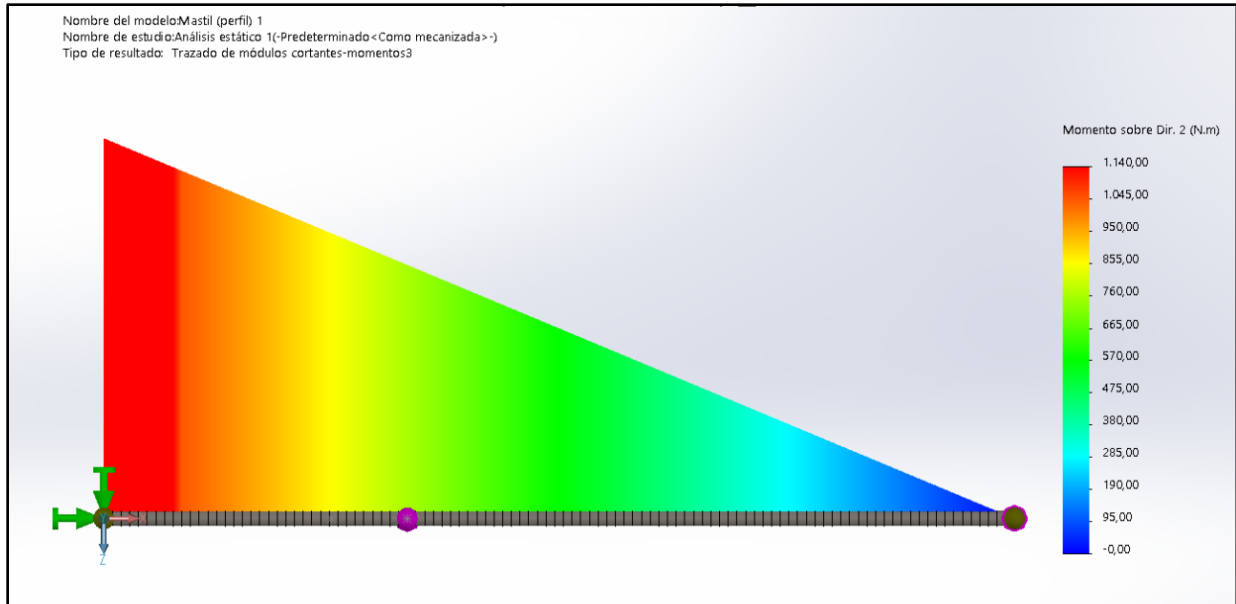


Figura 55. Diagrama de momento flector, mástil.
 Fuente: Herrera, L (2023).

La figura anterior confirma que la condición de empotramiento define el comportamiento del momento flector, ocasionando que este alcance su máximo valor justo en el punto donde se encuentra empotrado con la base del mástil.

Selección del perfil estructural

A partir del diagrama de momento flector, se determina el valor máximo de momento que experimenta la viga. Este valor representa la mayor fuerza de flexión que la viga debe soportar. Con este dato, se calcula la sección transversal mínima requerida para que la viga resista la flexión sin romperse. El cálculo se realiza utilizando la fórmula:

$$S_{min} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S_{min} = \frac{1140 \text{ N} \cdot \text{m}}{172,5 \text{ Mpa}}$$

$$S_{min} = 6,60 \text{ cm}^3$$

Se procede a seleccionar del catálogo comercial de Suministro e instalaciones Carabobo, C.A (véase Tabla 2) el tipo de perfil estructural adecuado que cumpla con la condición $S_{catálogo} \geq S_{min}$.

$$\text{Se selecciona el perfil: } 50 \times 50 \times 2,5 \text{ mm} \rightarrow \begin{matrix} S = 6,64 \text{ cm}^3 \\ I = 16,61 \text{ cm}^4 \end{matrix}$$

El perfil escogido también será usado para la fabricación del chasis o base del mástil, puesto que en este elemento es donde se encuentra empotrado el mástil para resistir las cargas y esfuerzos que se presentan.

Cálculo de deflexión

Al igual que como se hizo con el brazo, para este caso en particular del mástil se procede de manera análoga, es decir haciendo uso del método de superposición; para ello es necesario recordar que el mástil se debe considerar como una viga empotrada con carga en voladizo. Debido a que el caso de estudio ha sido analizado en varios libros de diseño de elementos de máquinas, se calcula la deflexión máxima $y_{máx}$, haciendo uso de la ecuación que ilustra la Figura 56.

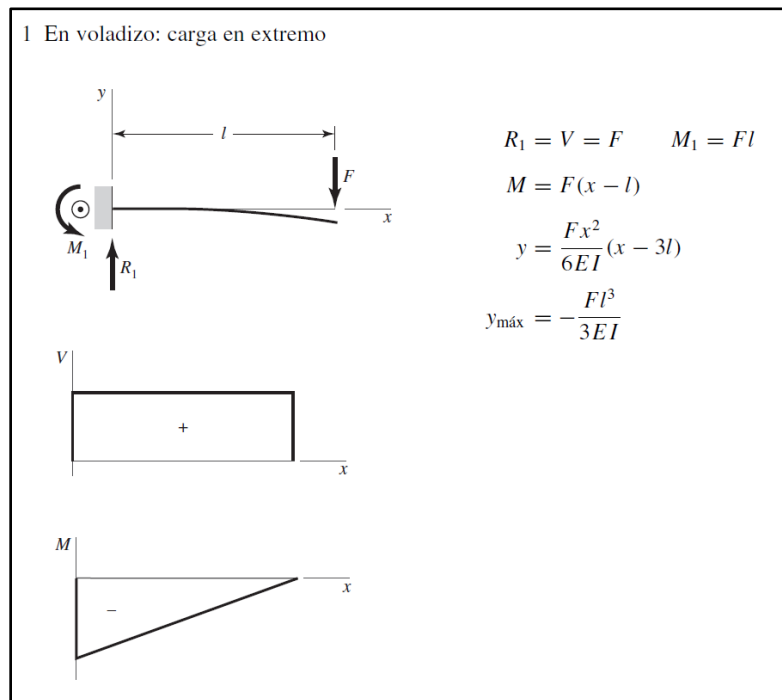


Figura 56. Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga empotrada con carga en voladizo.

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012).

Hay que recordar que el valor E que interviene en la ecuación, corresponde al módulo de elasticidad del material seleccionado, en este caso, acero al carbono, para el cual dicho valor es 207 Gpa (véase Tabla 7). Por otro lado, es importante recordar que cuando se seleccionó el perfil estructural con el que se fabricaría el elemento, se recopiló el momento de inercia correspondiente a la sección transversal, es decir $I = 16,61 \text{ cm}^4$ (véase Tabla 2).

$$y_{max} = \frac{Fl^3}{3EI}$$

$$y_{max} = \frac{126,44 \text{ N}(1,2 \text{ m})^3}{3(207 \times 10^9 \text{ Pa}) \left[16,61 \text{ cm}^4 \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^4 \right]}$$

$$y_{max} = 0,0025 \text{ m} = 2,5 \text{ mm}$$

Se procede a ejecutar el análisis de deflexión haciendo uso de SolidWorks para comparar resultados y posteriormente emitir una conclusión.

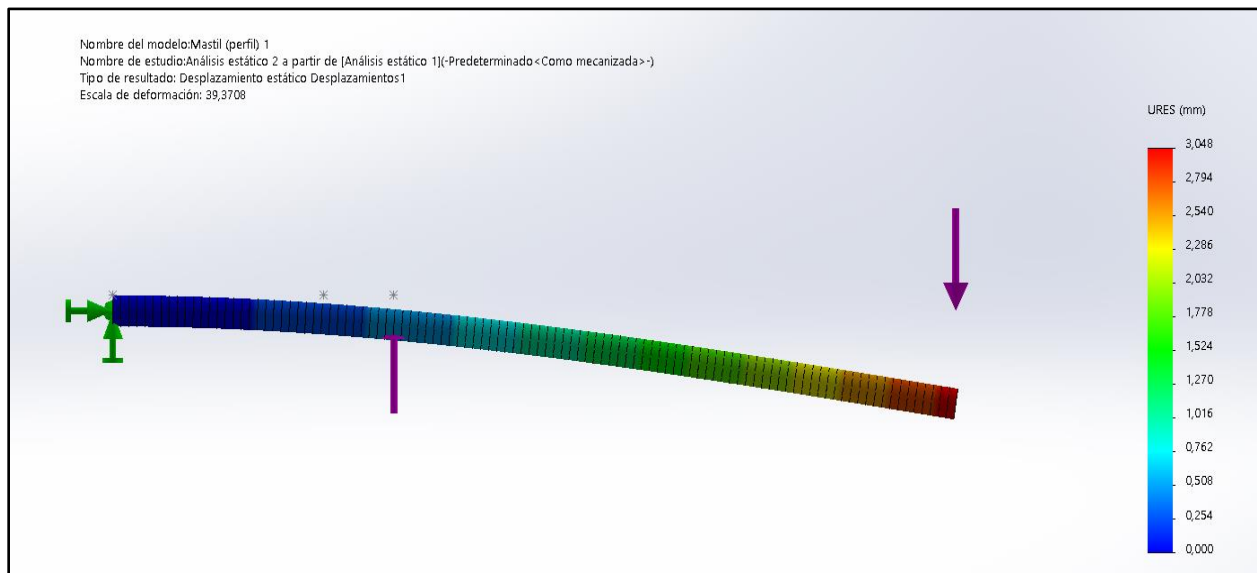


Figura 57. Análisis de deflexión, mástil.
 Fuente: Herrera, L (2023).

A partir de la figura anterior se comparan los resultados con los obtenidos de manera analítica, con lo cual puede concluirse que el valor máximo obtenido no difiere de manera significativa uno con respecto al otro.

Análisis de tensiones, criterio de Von Mises

Se ejecuta el análisis de tensiones con el fin de obtener resultados que predigan el comportamiento del mástil ante los esfuerzos y cargas que actúan en el elemento para así comprobar que la pieza no se verá comprometida.

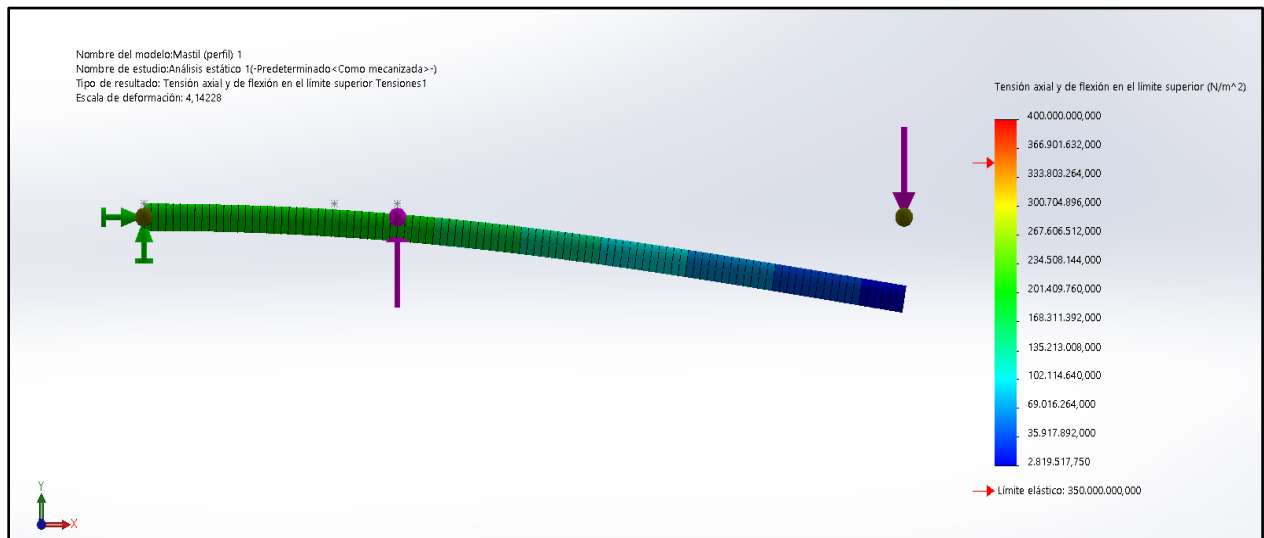


Figura 58. Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, mástil.
Fuente: Herrera, L (2023).

La figura anterior muestra que el mástil resiste los esfuerzos que se generan puesto que en función de la escala de colores producto del análisis de tensiones en SolidWorks en ningún tramo de la pieza se supera el límite elástico del material.

4.4.10. Diseño base del mástil (chasis)

La base del mástil (Figura 59) sirve de cimiento para toda la estructura, es la pieza donde se unen las patas y el propio mástil. Por la necesidad de resistir los esfuerzos y momentos que puedan producirse, se fabricará de acero ASTM A500 grado C, este tipo de acero se caracteriza por su alta resistencia a la tracción y a la compresión, lo que lo convierte en el material ideal para soportar las demandas mecánicas a las que estará sometida la base del mástil.

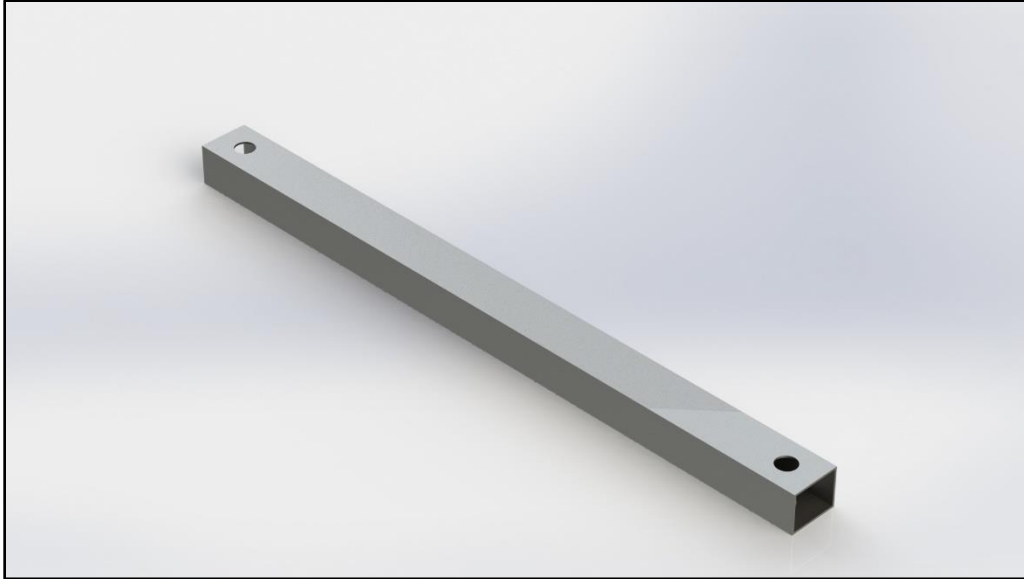


Figura 59. Modelado 3D, base del mástil
Fuente: Herrera, L (2023).

Cálculo de las reacciones

Para el análisis estático de la base, se debe tener en cuenta que $Fp_1 = Fp_2$, debido a que el peso W está en un plano medio de simetría. Se realiza un diagrama de cuerpo libre (ver Figura 60) para realizar la sumatoria de fuerzas en el eje y y hallar las reacciones.

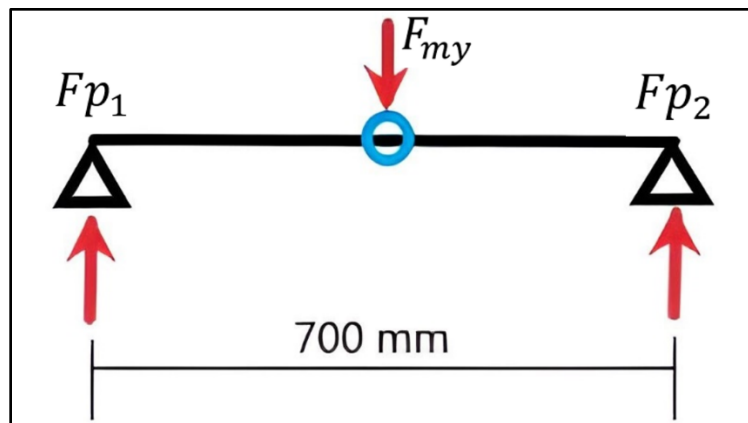


Figura 60. Diagrama de cuerpo libre de la base del mástil.
Fuente: Herrera, L (2023).

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$Fp_1 + Fp_2 - F_{my} = 0$$

$$2Fp_1 = F_{my}$$

$$Fp_1 = \frac{1765,8 N}{2}$$

$$Fp_1 = Fp_2 = 882,5 N$$

Obtenidas las reacciones, se realiza el diagrama de fuerza cortante y momento flector con el fin analizar el comportamiento de la pieza ante las cargas, para ello se asume la base del mástil como una viga apoyada en sus extremos de manera simple con una carga central. El trazado de los diagramas mencionadas se realizará haciendo uso de software SolidWorks, véase Figura 61 y Figura 62, respectivamente.

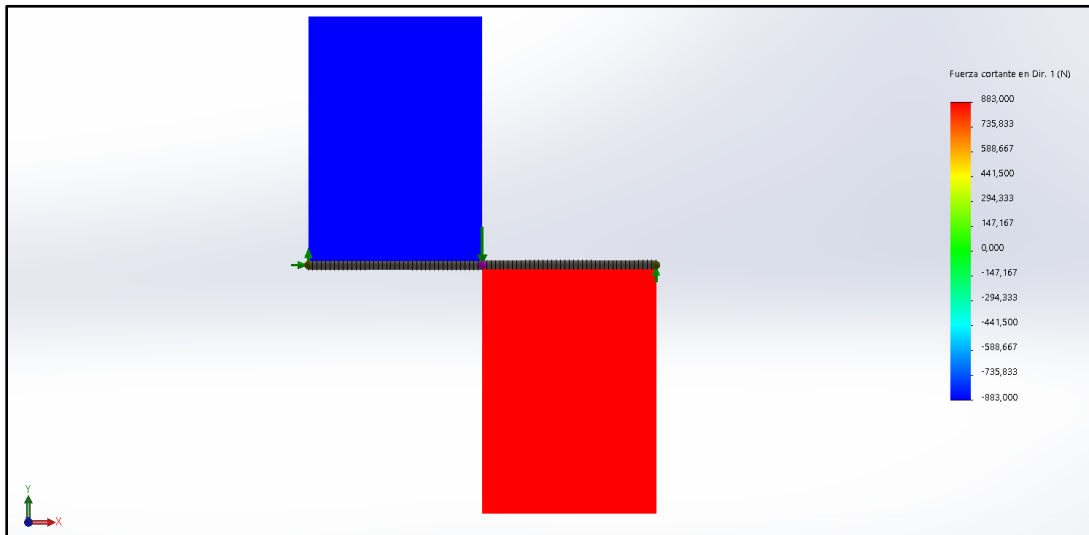


Figura 61. Diagrama fuerza cortante, base del mástil.

Fuente: Herrera, L (2023).

En la figura anterior, se observa que la pieza es simétrica, lo que significa que las magnitudes de fuerza cortante son iguales en ambas secciones de la pieza. Sin embargo, hay una discrepancia en cuanto al sentido de estas fuerzas cortantes en cada sección. Esto significa que, aunque las fuerzas cortantes tienen la misma intensidad en ambos lados de la pieza, actúan en direcciones opuestas.

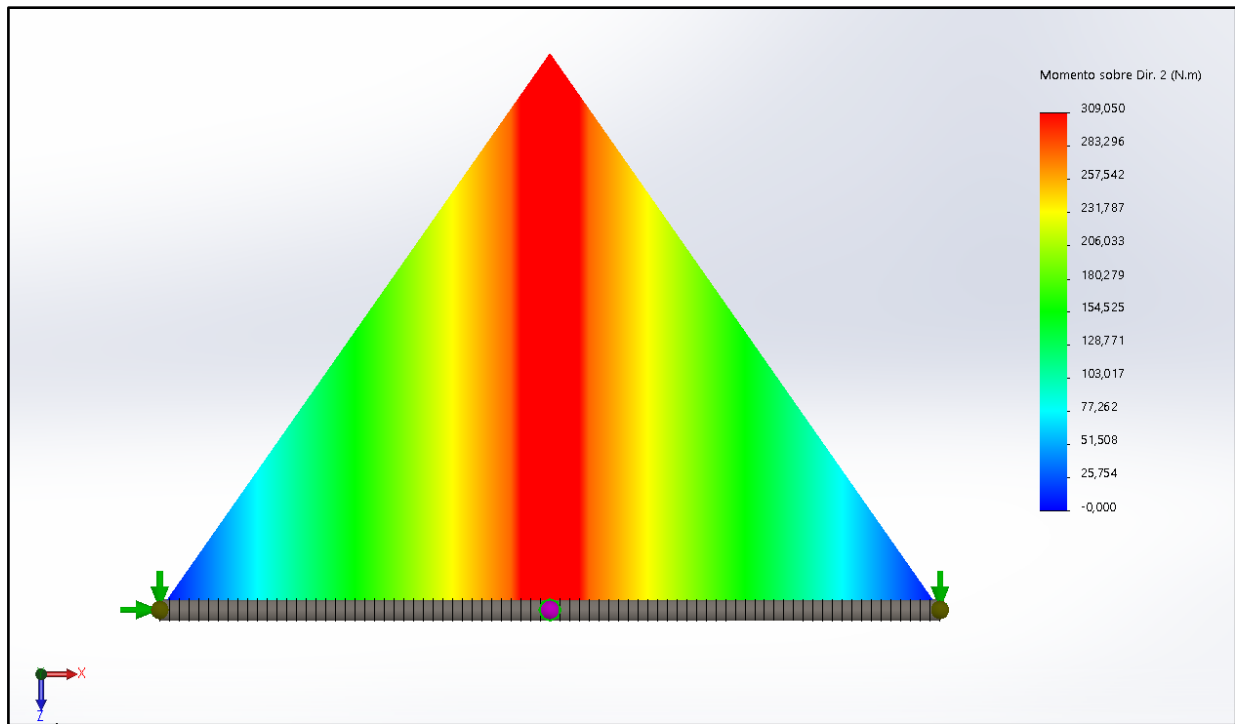


Figura 62. Diagrama de momento flector, base del mástil.
Fuente: Herrera, L (2023).

El gráfico generado de momento flector muestra que los máximos valores se encuentran en el punto de unión del mástil con la base. Partiendo de este valor de $309,05 \text{ N m}$, se calcula el módulo de sección para seleccionar el perfil estructural adecuado.

Selección del perfil estructural

Una vez obtenido, gracias al diagrama de momento flector, el valor de momento más grande que experimenta el elemento se procede a obtener la sección transversal requerida.

$$S_{min} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S_{min} = \frac{309,05 \text{ N} \cdot \text{m}}{172,5 \text{ Mpa}}$$

$$S_{min} = 1,80 \text{ cm}^3$$

Para asegurar el funcionamiento del sistema de recogimiento del equipo es necesario seleccionar un perfil estructural rectangular, para ello se consulta el catálogo comercial representado por la Tabla 3, tomando como referencia el S_{min} calculado.

$$\text{Se selecciona el perfil: } 40 \times 60 \times 1,4 \text{ mm} \rightarrow \begin{aligned} S &= 4,51 \text{ cm}^3 \\ I &= 13,54 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Cálculo de deflexión

Se considera la base del mástil como una viga con apoyos simples en sus extremos experimentando una carga central. En función a lo mencionado, se puede obtener la deflexión máxima (y_{max}) de la pieza haciendo uso de la ecuación que nos presenta la Figura 63. Es importante recordar que el módulo de elasticidad del acero al carbono es 207 Gpa .

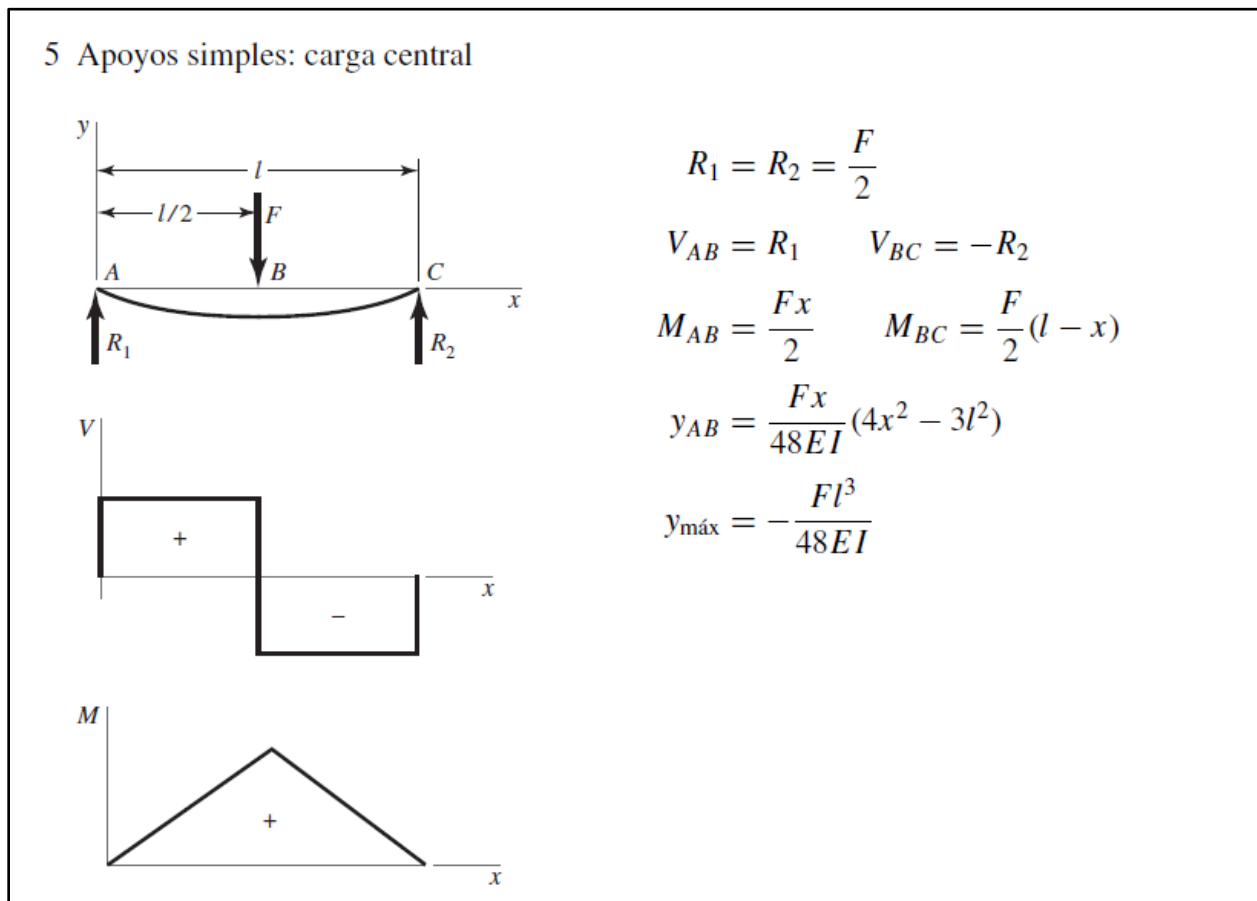


Figura 63. Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga con apoyos simples con carga central.

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012).

$$y_{max} = \frac{Fl^3}{48EI}$$

$$y_{max} = \frac{(1765,8 N)(0,7 m)^3}{48(207 \times 10^9 Pa) \left[13,54 cm^4 \left(\frac{1 m}{100 cm} \right)^4 \right]}$$

$$y_{max} = 0,0004 m = 0,4 mm$$

La Figura 64 muestra el resultado del análisis de deflexión de la base del mástil realizado utilizando el software SolidWorks. Este análisis se llevó a cabo con el objetivo de comparar los resultados obtenidos y determinar la resistencia y estabilidad de la estructura.

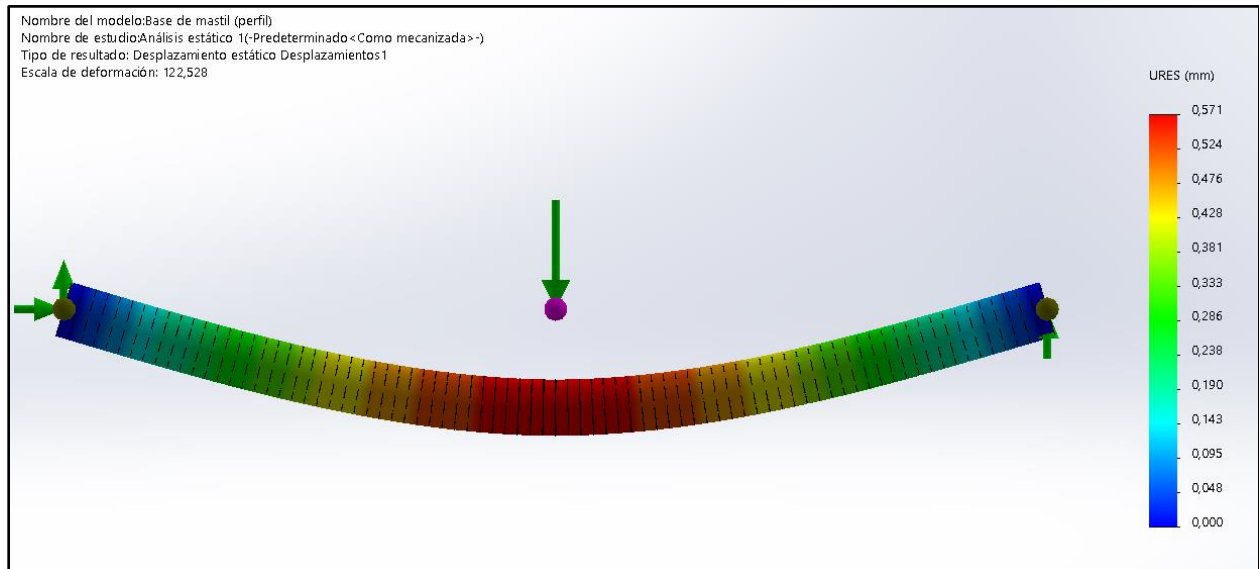


Figura 64 Análisis de deflexión, base de mástil.
 Fuente: Herrera, L (2023).

Los resultados obtenidos a través de ambos métodos son muy similares, lo que lleva a concluir que la deflexión experimentada por la base del mástil es insignificante. Esto significa que la base del mástil apenas se desvía o flexiona.

Análisis de tensiones, criterio de Von Mises

La Figura 65 muestra el análisis de tensiones por el criterio de falla de Von Mises, el estudio se ejecutó haciendo uso de una herramienta de análisis numérico, en este caso SolidWorks.

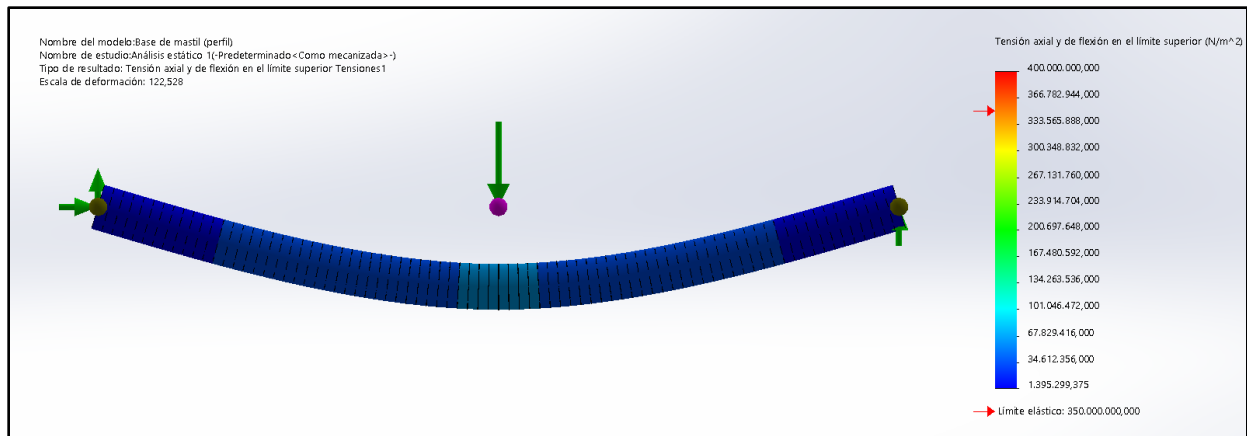


Figura 65. Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, base del mástil.
 Fuente: Herrera, L (2023).

Al observar detenidamente la figura anterior, puede notarse que los esfuerzos aplicados a la pieza no superan el límite elástico del material con el que está fabricada. Esto significa que la pieza no sufrirá ningún tipo de deformación permanente o fractura, ya que se encuentra dentro de los parámetros de resistencia del material. Por lo tanto, puede concluirse que la pieza no presentará fallas debido a los esfuerzos generados en ella.

4.4.11. Diseño de patas

La Figura 66 muestra el elemento que se diseñara, las patas se encargan de soportar el peso del equipo además de permitir la estabilidad. Gracias a las ruedas giratorias que posee en sus extremos, el equipo tiene la capacidad de trasladarse de manera armada mientras soporta el peso del paciente obeso. Debido a los esfuerzos que este elemento estará sometido se fabricará con un acero ASTM A500 grado C. En las patas del equipo se encuentra soldado el sistema encargado de abatir las patas para facilitar el almacenaje.

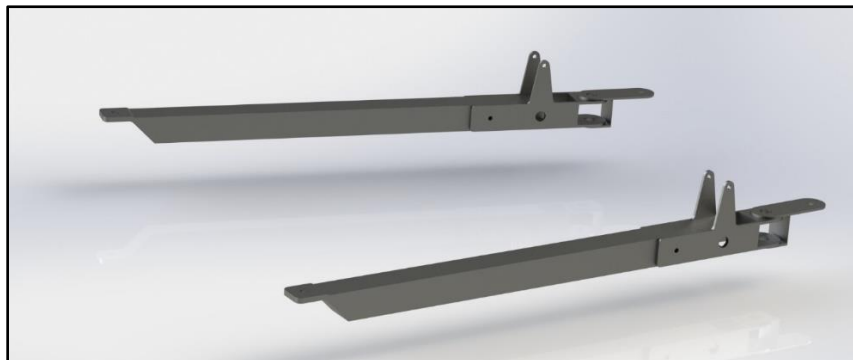


Figura 66. Modelado 3D, Patas.
 Fuente: Herrera, L (2023).

Se comienza el proceso de diseño calculando las fuerzas y reacciones que intervienen en el elemento, puesto que estas magnitudes son necesarias para determinar la sección transversal que debe seleccionarse en función a las condiciones de trabajo y catálogos comerciales.

Cálculo de las reacciones

Se realiza el diagrama de cuerpo libre (Figura 67) para calcular las reacciones que actúan en las ruedas giratorias del equipo. Primero se calcula la sumatoria de momentos alrededor de F_{r1} para hallar F_{r2} y luego la sumatoria de fuerzas respecto al eje y para hallar F_{r1} .

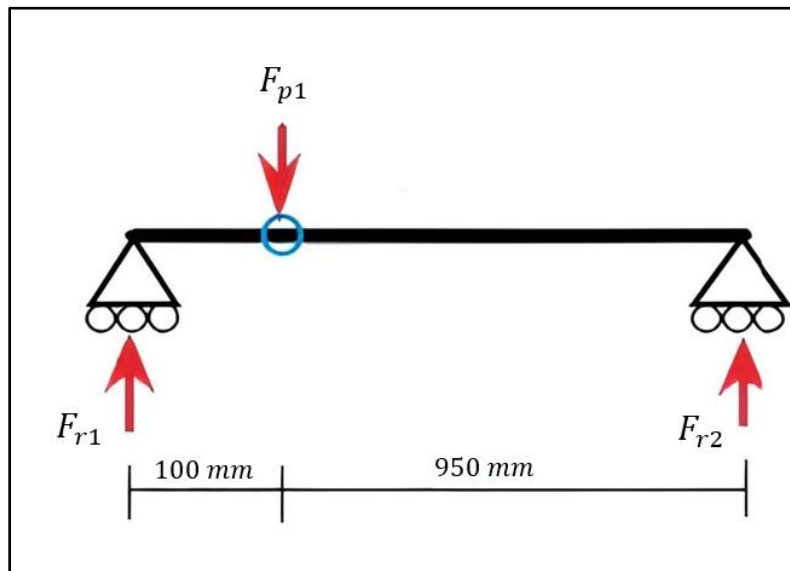


Figura 67. Diagrama de cuerpo libre de las patas.
Fuente: Herrera, L (2023).

$$+\circlearrowleft \sum M_{F_{r1}} = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{r2}(1,50 \text{ m}) - F_{p1}(1 \text{ m}) = 0$$

$$F_{r1} - F_{p1} + F_{r2} = 0$$

$$F_{r2} = \frac{882,5 \text{ N} (1 \text{ m})}{1,50 \text{ m}}$$

$$F_{r1} = 882,5 \text{ N} - 588,33 \text{ N}$$

$$F_{r2} = 588,33 \text{ N}$$

$$F_{r1} = 297,17 \text{ N}$$

Luego de determinar las reacciones en los apoyos, se construyen los diagramas de fuerza cortante y momento flector para comprender cómo la pieza responde a las cargas aplicadas. Para

ello, se considera que las patas actúan como una viga con apoyos simples experimentando una carga puntual excéntrica. Los diagramas se generan utilizando el software SolidWorks, como se observa en las Figura 68 y Figura 69.

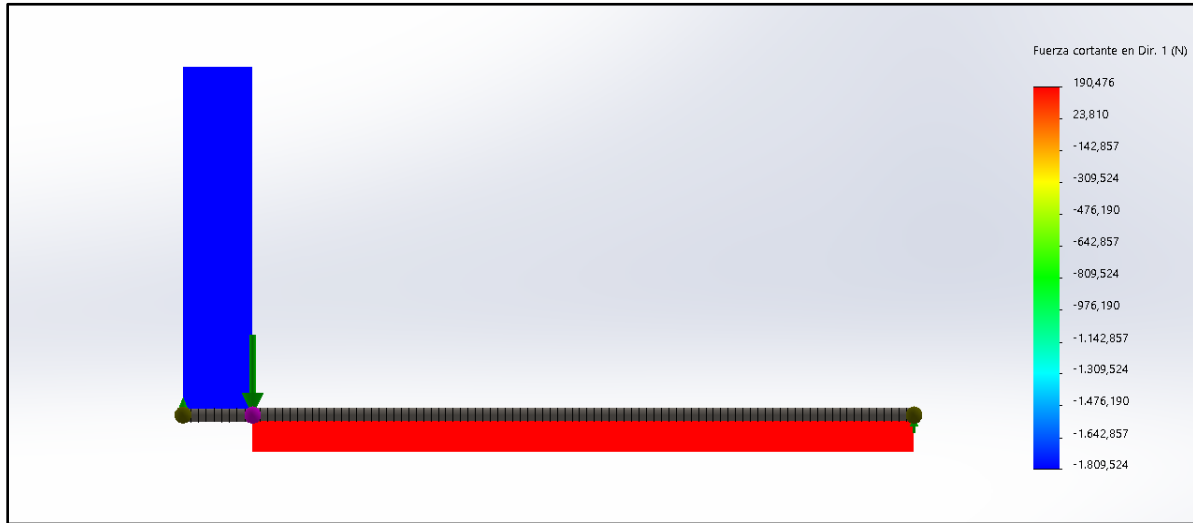


Figura 68. Diagrama fuerza cortante, patas.
Fuente: Herrera, L (2023).

La figura anterior muestra que los mayores valores de fuerza cortante que experimentan las patas se encuentran entre el extremo donde está ubicada la rueda con freno hasta la unión de las patas con la base del mástil; alcanzado un valor máximo de 798,44 N.

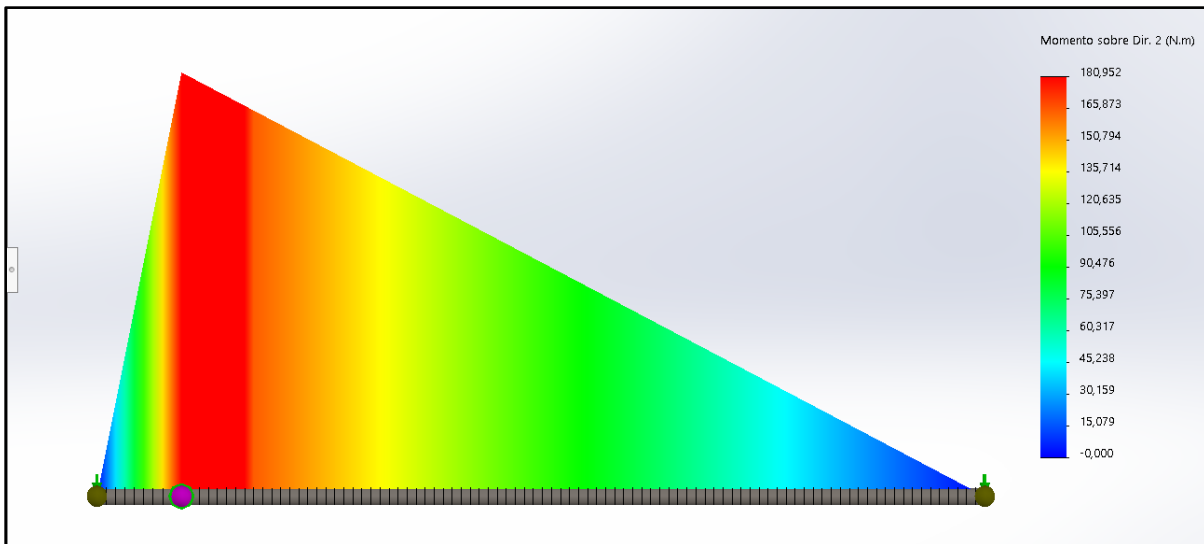


Figura 69. Diagrama de momento flector, patas.
Fuente: Herrera, L (2023).

El diagrama de momento flector generado muestra que el máximo valor se encuentra en el punto donde actúa la fuerza puntal, misma que es generada por la base del mástil. Lo obtenido coincide con la consideración de tratar las patas como una viga con apoyos simples experimentando una carga puntual excéntrica.

Selección del perfil estructural

El siguiente paso es determinar el módulo de la sección mínima requerida. Este valor se calcula dividiendo el momento flector máximo por el esfuerzo admisible del material de la viga. Siendo el esfuerzo admisible la máxima tensión que el material puede soportar sin romperse, por otro lado, el módulo de la sección mínima representa la cantidad mínima de material necesaria en la sección transversal de la viga para resistir la flexión sin fallar.

Con el módulo de la sección mínima como referencia, se pueden seleccionar las dimensiones de la viga, como su altura, ancho y forma. Existen diversos perfiles comerciales de vigas con diferentes propiedades geométricas. Se elige el perfil que mejor se ajuste al módulo de sección mínima calculado y a las necesidades del proyecto.

$$S_{min} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S_{min} = \frac{180,95 \text{ N} \cdot \text{m}}{172,5 \text{ Mpa}}$$

$$S_{min} = 1,04 \text{ cm}^3$$

En función al módulo de sección obtenido se debe seleccionar del catálogo comercial de la Tabla 2 un perfil cuadrado de 25x25x2 *cm* debido a que el módulo de sección de este perfil es de 1,14 *cm*³, es decir, mayor al calculado. A pesar de ello, por criterio de diseño se selecciona un perfil que tenga la misma altura que el perfil escogido para la base del mástil, es decir 50 *mm*.

$$\textit{Se selecciona el perfil: } 50 \times 50 \times 2 \text{ mm} \rightarrow \begin{matrix} S = 5,57 \text{ cm}^3 \\ I = 13,93 \text{ cm}^4 \end{matrix}$$

Cálculo de deflexión

Al considerar a las patas como una viga con apoyos simples experimentando una carga excéntrica, la deflexión que experimenta el elemento se estudia en dos tramos, comprendidos desde el apoyo hasta punto de aplicación de la carga, véase Figura 70.

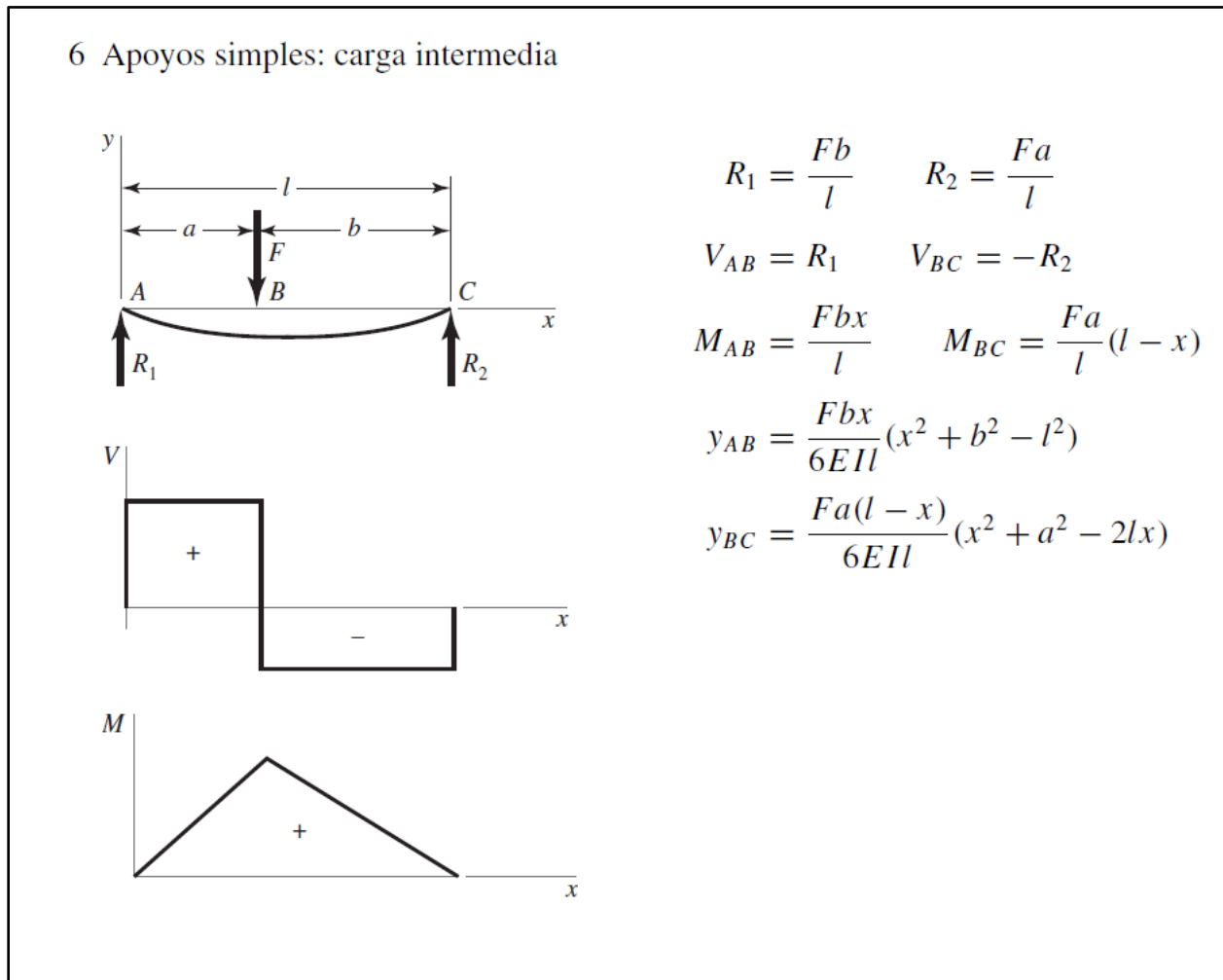


Figura 70. Ecuaciones de cortantes, momento y deflexión de una viga con apoyos simples con carga excéntrica.

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012).

El estudio de simulación de deflexión realizado en SolidWorks (véase figura siguiente) muestra que la máxima deflexión se encuentra en el tramo comprendido entre la carga hasta el apoyo derecho, a partir de este análisis se realizará el cálculo manual haciendo uso de la fórmula denotada como y_{BC} que presenta la Figura 70 con el fin de confirmar el valor obtenido por medio de la simulación.

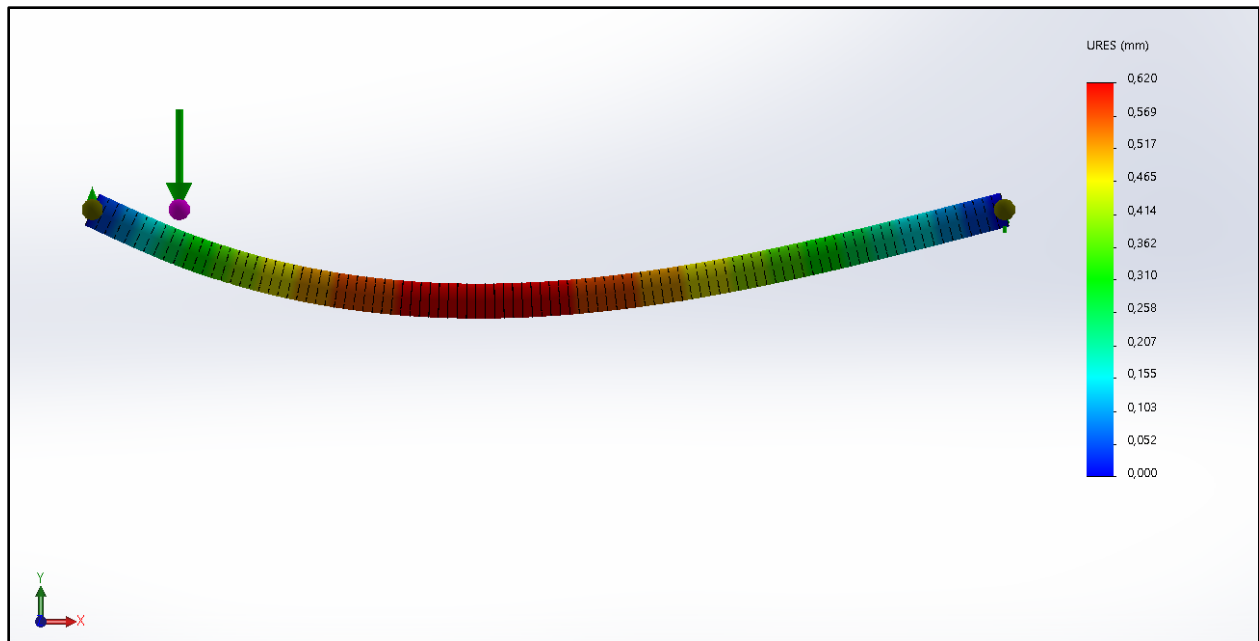


Figura 71 Análisis de deflexión, patas.
Fuente: Herrera, L (2023).

$$y_{BC} = \frac{Fa(l-x)}{6EI} (x^2 + a^2 - 2lx)$$

$$y_{BC} = \frac{(882,5 \text{ N})(0,1 \text{ m})(1,05 \text{ m} - 0,1 \text{ m})}{6(207 \times 10^9 \text{ Pa})(13,93 \text{ cm}^4)(1,05 \text{ m})} [(0,1 \text{ m})^2 + (0,1 \text{ m})^2 - 2(1,05 \text{ m})(0,1 \text{ m})]$$

$$y_{BC} = 0,008 \text{ m} = 0,8 \text{ mm}$$

La deflexión máxima obtenida se aproxima al valor obtenido mediante el programa SolidWorks, lo que permite concluir que los resultados son confiables. Adicionalmente, la deflexión experimentada por las patas se considera despreciable, ya que no se deforma en grandes proporciones.

Análisis de tensiones, criterio de Von Mises

La figura a continuación presenta un análisis de tensiones utilizando el criterio de falla de Von Mises. El análisis se llevó a cabo modelando la pieza o estructura en cuestión en SolidWorks, aplicando las cargas y restricciones necesarias, y luego ejecutando el análisis para obtener las distribuciones de tensiones en todo el cuerpo. El criterio de falla de Von Mises es uno de los

métodos más comunes para evaluar la resistencia de un material frente a tensiones multiaxiales, ya que tiene en cuenta tanto las tensiones principales como las secundarias.

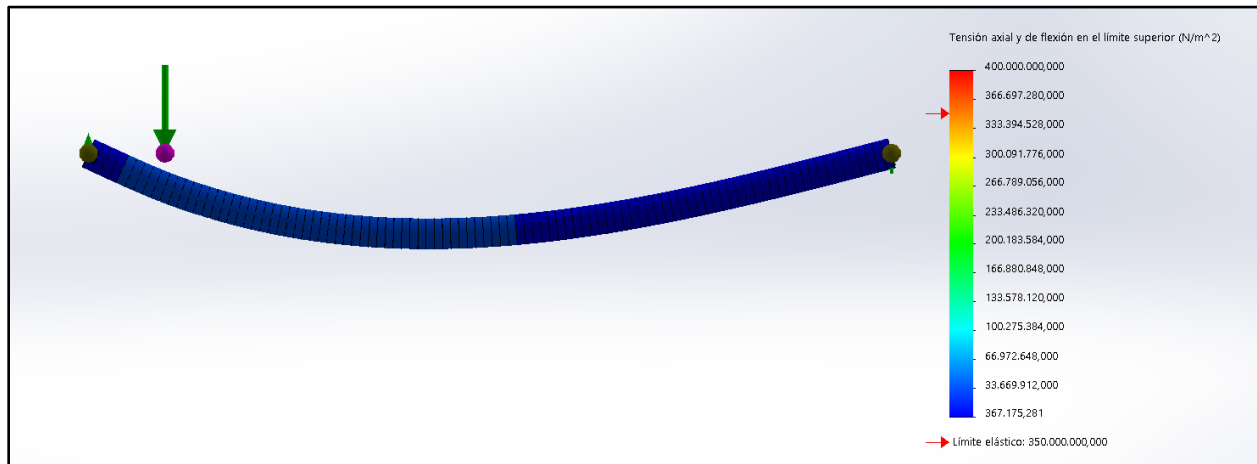


Figura 72. Análisis de tensiones por el criterio de Von Mises, patas.
Fuente: Herrera, L (2023).

Al analizar cuidadosamente la imagen anterior, se puede apreciar que los esfuerzos ejercidos sobre la pieza no exceden su límite elástico, lo que indica que no experimentará deformaciones permanentes ni fracturas, ya que se mantiene dentro de los límites de resistencia del material. En consecuencia, se puede concluir que la pieza no mostrará fallos debido a las cargas aplicadas sobre ella.

4.4.12. Dimensionamiento de pasadores

Para el dimensionamiento de los pasadores se tiene en cuenta que el esfuerzo cortante permisible será igual a:

$$\tau_{perm} = \frac{S_{ycorte}}{N} = \frac{0,577S_y}{N}$$

Debido a que se requiere que el diseño sea de fácil y rápido ensamble, se seleccionarán pernos y roscas de tipo perilla (véase Figura 73 y Figura 74, respectivamente) con el fin de permitir que el diseño sea armado y desarmado de manera manual sin la necesidad de hacer uso de herramientas o llaves especializadas permitiendo así optimizar el tiempo de atención de una emergencia en cuanto al traslado de pacientes con obesidad.



Figura 73. Tornillos tipo perilla
Fuente: Amazon (s/f).



Figura 74. Tuercas tipo perilla
Fuente: Amazon (s/f).

El vástago de los tornillos se encuentra fabricado en acero inoxidable tipo 304 lo que le provee excelentes propiedades anticorrosivas, en la Tabla 8 se representan las propiedades mecánicas de los aceros inoxidable, de la cual nos interesa en especial la resistencia a la fluencia por tensión, el cual en nuestro caso particular tiene un valor de $S_y = 241 \text{ Mpa}$. Por otro lado, el pomo del tornillo este hecho de un plástico de baquelita de alta calidad, suave y sin rebabas, resistente y duradero.

Tabla 8. Propiedades mecánicas de las aleaciones de acero inoxidable.

Aleaciones de acero inoxidable	Condición	Resistencia a la fluencia por tensión (0.2% de deformación remanente)		Resistencia última a la tensión		Elongación en 2 in %	Dureza Rockwell o Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
Tipo 301	recocido en tiras	40	276	110	758	60	85HRB
	rolado en frío	165	1 138	200	1 379	8	41HRC
Tipo 302	recocido en láminas	40	276	90	621	50	85HRB
	rolado en frío	165	1 138	190	1 310	5	40HRC
Tipo 304	recocido en láminas	35	241	85	586	50	80HRB
	rolado en frío	160	1 103	185	1 276	4	40HRC
Tipo 314	recocido en barras	50	345	100	689	45	180HB
Tipo 316	recocido en láminas	40	276	90	621	50	85HRB
Tipo 330	rolado en caliente	55	379	100	689	35	200HB
	recocido	35	241	80	552	50	150HB
Tipo 410	recocido en láminas	45	310	70	483	25	80HRB
	tratamiento térmico	140	965	180	1 241	15	39HRC
Tipo 420	recocido en barras	50	345	95	655	25	92HRB
	tratamiento térmico	195	1 344	230	1 586	8	500HB
Tipo 431	recocido en barras	95	655	125	862	25	260HB
	tratamiento térmico	150	1 034	195	1 344	15	400HB
Tipo 440C	recocido en barras	65	448	110	758	14	230HB
	T y R @ 600 °F	275	1 896	285	1 965	2	57HRC
17-4 PH (AISI 630)	endurecido	185	1 276	200	1 379	14	44HRC
17-7 PH (AISI 631)	endurecido	220	1 517	235	1 620	6	48HRC

Fuente: Norton, R (2011).

Los pasadores pueden estar sometidos a cortante simple o cortante según como actúen las cargas, véase Figura 75 y Figura 76, respectivamente. Es importante destacar que en función a lo escrito por Tassoni (2006) en su libro titulado elementos de máquinas, debe evitarse la utilización de pernos roscados en toda su extensión o longitud; puesto que la rosca, por su geometría es un factor generador de concentración de tensiones, también comenta que para desprestigiar cualquier factor de concentración de tensiones producto de la presencia de los filetes de la rosca se debe tomar como factor de seguridad, N :

$$3 < N \leq 4$$

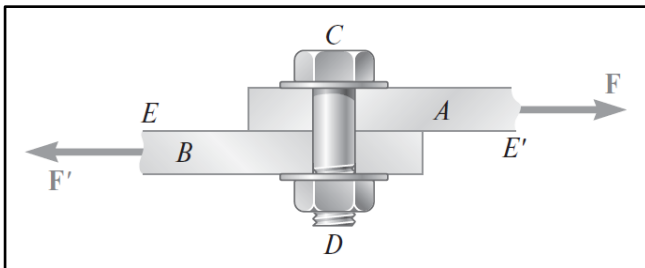


Figura 75. Perno sujeto a cortante simple.
Fuente: Beer, F., DeWolf, J., Johnston, R., & Mazurek, D. (2015)

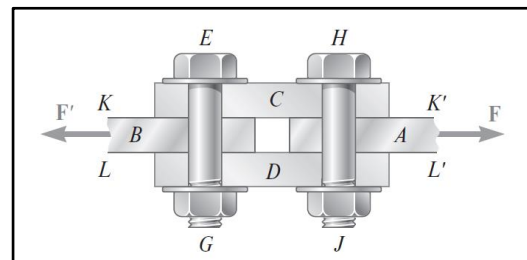


Figura 76. Pernos sujetos a cortante doble.
Fuente: Beer, F., DeWolf, J., Johnston, R., & Mazurek, D. (2015)

Debido a que los pernos que se desea usar para el diseño son roscados en toda su extensión se selecciona como factor de seguridad para el dimensionamiento de los pasadores un valor igual a $N = 4$. Usando este valor y el límite elástico del material se calcula el esfuerzo cortante permisible, el cual es un dato de suma importancia para determinar el diámetro mínimo que debe tener el perno para resistir las cargas y esfuerzos que se generan.

$$\tau_{perm} = \frac{S_{ycorte}}{N} = \frac{0,577S_y}{N}$$

$$\tau_{perm} = \frac{0,577(241 \text{ Mpa})}{4}$$

$$\tau_{perm} = 35 \text{ Mpa}$$

El diámetro requerido de los pasadores se calcula sabiendo que el área de la sección transversal es igual a $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$, de la cual se despeja el diámetro, D.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot A_r}{\pi}}$$

Ahora bien, puesto que para calcular el área de la sección transversal se necesita conocer el diámetro, para ello se recurre a la ecuación de esfuerzo de donde se despeja la variable que representa el área, A.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$A_r = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

Pasadores del brazo

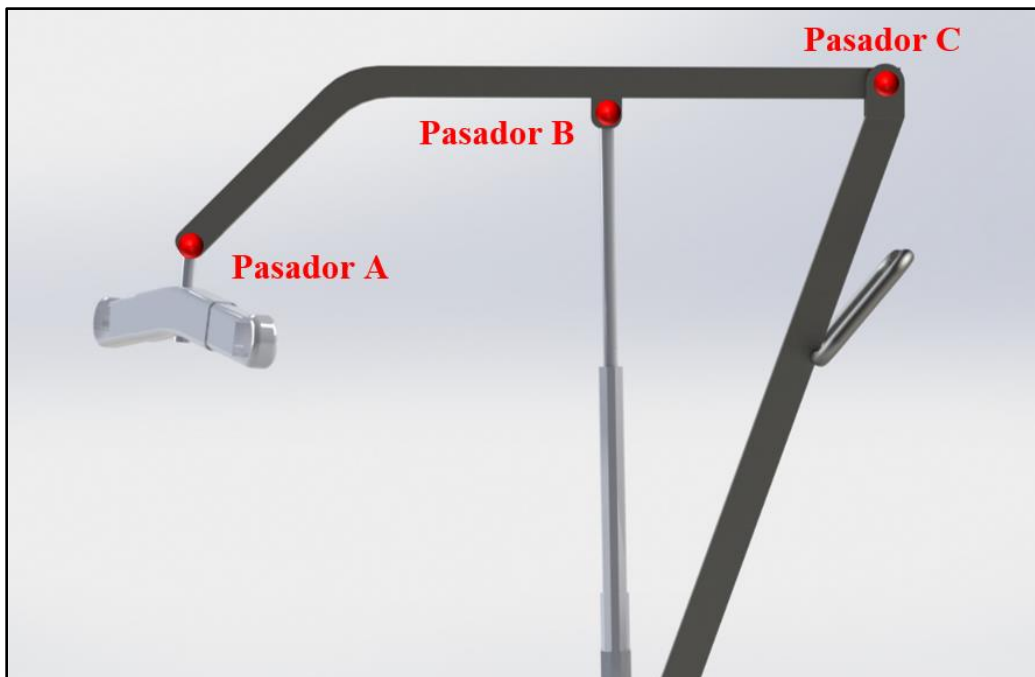


Figura 77. Pasadores del brazo.
Fuente: Herrera, L (2023).

Pasador A

El pasador A, es el encargado de unir el brazo con la percha, con una platina de soporte y es el que soporta el peso vertical del paciente bariátrico, véase Figura 77. El diagrama de cuerpo libre de este elemento se muestra en la Figura 78. A partir de las fuerzas que experimenta el pasador se diseña el mismo para que resista los esfuerzos cortantes, los cuales en este caso es doble.

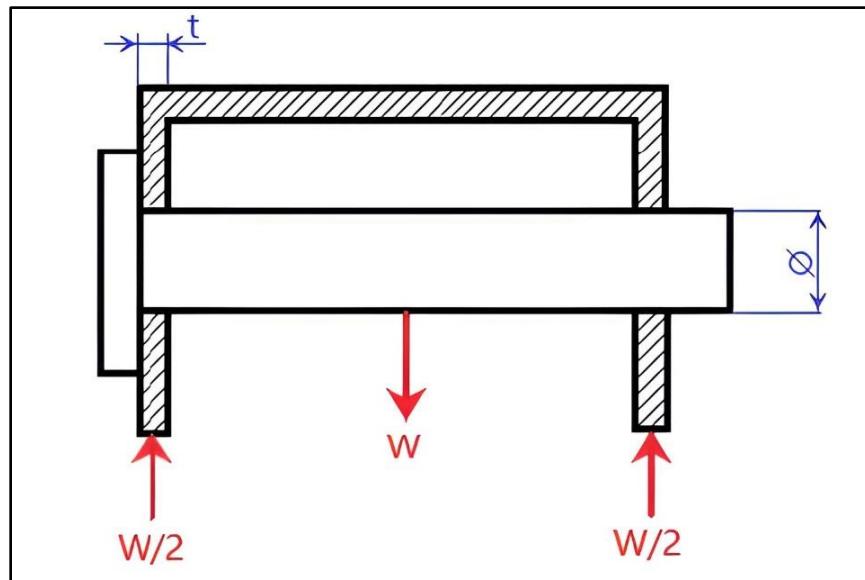


Figura 78. Diagrama de cuerpo libre, pasador A.
Fuente: Herrera, L (2023).

Primeramente, obtenemos el área de la sección transversal, sabiendo que por experimentar un esfuerzo cortante doble el área viene dada como:

$$A_r = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A_r = \frac{1765,8 \text{ N}/2}{35 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$A_r = 2,52 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Con el valor obtenido del área requerida, se calcula el diámetro requerido para posteriormente seleccionar el tornillo adecuado de tal manera que este resista los esfuerzos y momentos que experimenta la pieza.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot A_r}{\pi}}$$

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot (2,52 \times 10^{-5} \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$D_r = 0,0057 \text{ m} = 5,7 \text{ mm}$$

El diámetro del tornillo es un factor crucial en la seguridad del paciente. Un tornillo con un diámetro demasiado pequeño puede no ser capaz de soportar las fuerzas que experimenta el diseño, lo que puede llevar a la falla del tornillo y a la lesión del paciente. Por otro lado, un tornillo con un diámetro demasiado grande puede dañar la pieza u ocasionar su sobredimensionamiento innecesario.

El valor obtenido para el diámetro del tornillo que será usado en el pasador A representa el tamaño mínimo necesario para asegurar que los esfuerzos que experimenta el diseño no ocasionen su falla. Este valor se ha calculado utilizando las propiedades del material del tornillo, las fuerzas que actúan sobre el tornillo y los criterios de seguridad establecidos. Es importante seleccionar un tornillo con un diámetro que sea igual o mayor que el valor obtenido.

Pasador B

El pasador B juega un papel crucial en el sistema al permitir la unión entre el brazo - actuador y el mástil – actuador, por lo cual para el cálculo del diámetro requerido estos valores son iguales para ambos soportes. Esta unión es fundamental para el correcto funcionamiento del actuador, ya que permite la transmisión de fuerzas y momentos entre ambos componentes. El diagrama de cuerpo libre de este elemento se muestra en la Figura 79. A partir de las fuerzas que experimenta el pasador se diseña el mismo para que resista los esfuerzos cortantes, los cuales en este caso es doble.

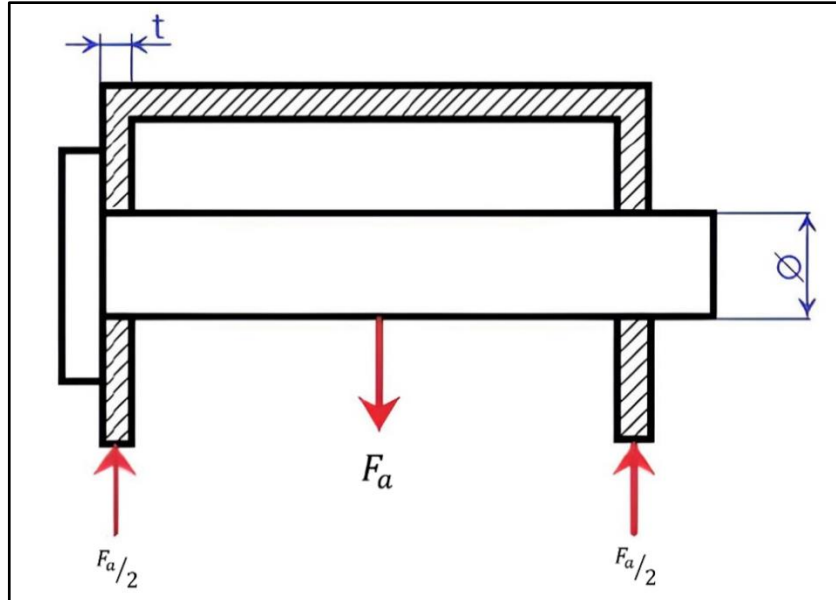


Figura 79. Diagrama de cuerpo libre, pasador B.
Fuente: Herrera, L (2023).

Antes que nada, se necesita calcular el área de la sección transversal, teniendo en cuenta que, al experimentar un esfuerzo cortante doble, el área se expresa de la siguiente manera:

$$A_r = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A_r = \frac{4262,27 \text{ N}/2}{35 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$A_r = 6,08 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Una vez obtenida el área necesaria, se determina el diámetro requerido para elegir un tornillo que pueda soportar los esfuerzos y momentos aplicados a la pieza.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot A_r}{\pi}}$$

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot (6,08 \times 10^{-5} \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$D_r = 0,0088 \text{ m} = 8,8 \text{ mm}$$

Es fundamental elegir un tornillo con un diámetro igual o superior al valor obtenido. Un tornillo más pequeño podría no soportar las fuerzas y provocar la falla del diseño, poniendo en riesgo la integridad del sistema y, en algunos casos, la seguridad del usuario.

Pasador C

El pasador C es un elemento crucial que une el brazo y el mástil. Este pasador permite la transmisión de fuerzas y momentos entre ambos componentes, lo que es fundamental para el funcionamiento del sistema. Las cargas presentes en dicho pasador se muestran en la Figura 80.

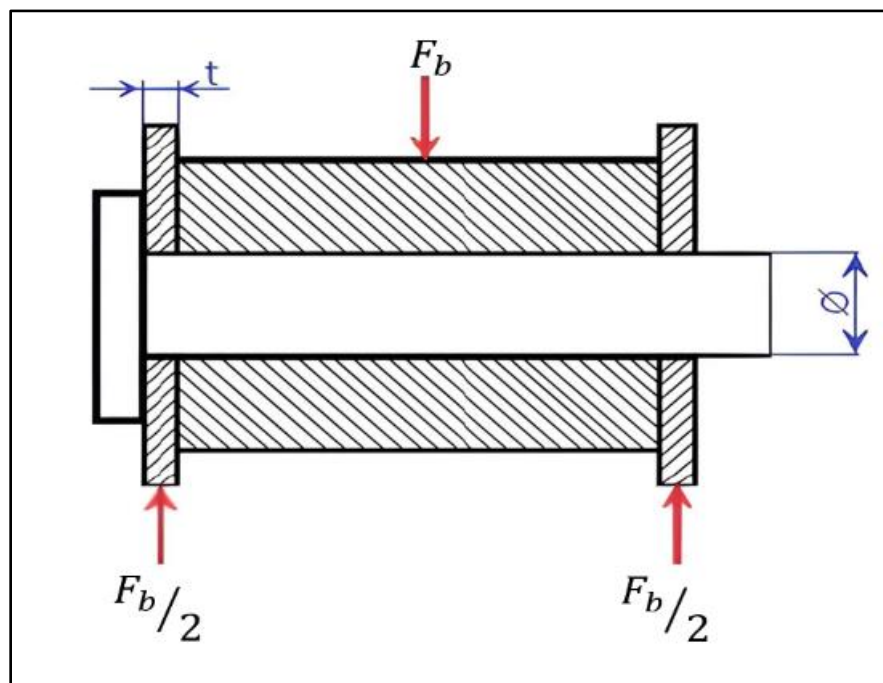


Figura 80. Diagrama de cuerpo libre, pasador C.
Fuente: Herrera, L (2023).

El área de la sección transversal del pasador es un parámetro fundamental en su diseño, ya que determina su capacidad para resistir las fuerzas y momentos que actúan sobre él. Un área insuficiente puede provocar la falla del pasador, lo que puede tener consecuencias graves en el

equipo. Tomando en consideración lo mencionado se determina el área necesaria para el dimensionamiento del tornillo que se ubicará en el pasador C.

$$A_r = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A_r = \frac{2497,79 \text{ N}/2}{35 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$A_r = 3,56 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Con el valor obtenido del área requerida, se calcula el diámetro requerido.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot A_r}{\pi}}$$

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot (3,56 \times 10^{-5} \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$D_r = 0,0067 \text{ m} = 6,7 \text{ mm}$$

En función al resultado anterior, es necesario elegir un tornillo con un diámetro igual o superior al valor obtenido en el cálculo puesto que es fundamental para la seguridad, la integridad y el correcto funcionamiento del diseño. Un enfoque preventivo y una selección cuidadosa del tornillo son esenciales para evitar riesgos y asegurar la confiabilidad del equipo.

Pasadores de la base del mástil

Los pasadores D y E, que unen las dos patas de la base, comparten características idénticas por motivos constructivos y de simetría. Esta simetría facilita el análisis y cálculo del diámetro necesario para ambos pasadores, ya que se pueden considerar como un único caso de estudio. Este análisis permite determinar el tamaño mínimo necesario para ambos pasadores, asegurando la resistencia, la durabilidad y la seguridad de la base.

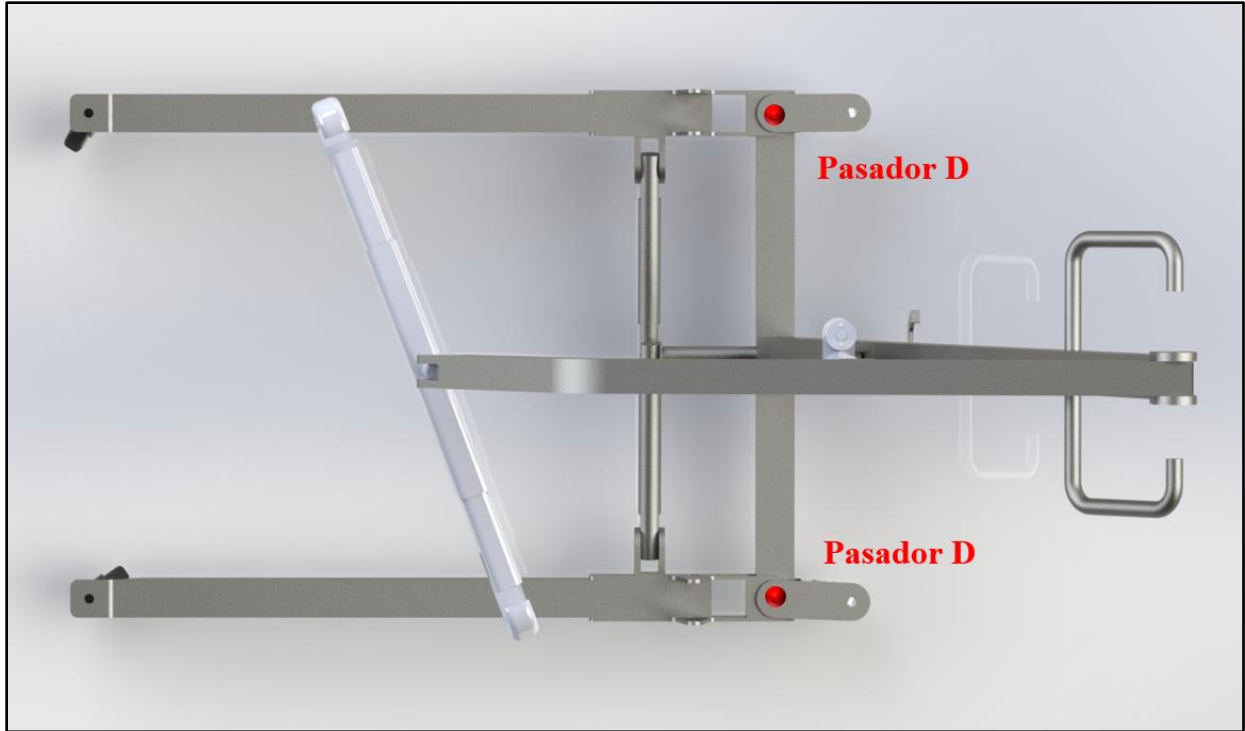


Figura 81. Pasadores de la base del mástil.
 Fuente: Herrera, L (2023).

Como en los casos anteriores es necesario realizar el diagrama de cuerpo libre de los pasadores, este se ilustra en la Figura 82.

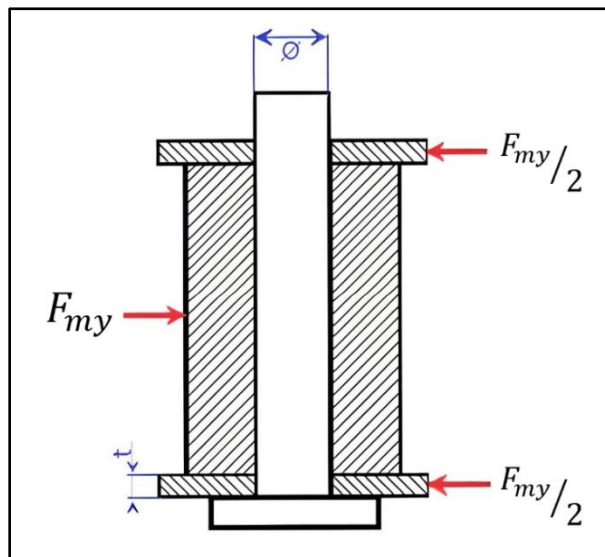


Figura 82. Diagrama de cuerpo libre, pasador D y E.
 Fuente: Herrera, L (2023).

Después de hacer el diagrama de cuerpo libre del pasador que se desea diseñar, es necesario calcular el área de la sección transversal.

$$A_r = \frac{P}{\sigma_{perm}}$$

$$A_r = \frac{1765,8 \text{ N} / 2}{35 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$A_r = 2,52 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Con el valor obtenido del área requerida, se calcula el diámetro requerido.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot A_r}{\pi}}$$

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot (2,52 \times 10^{-5} \text{ m}^2)}{\pi}}$$

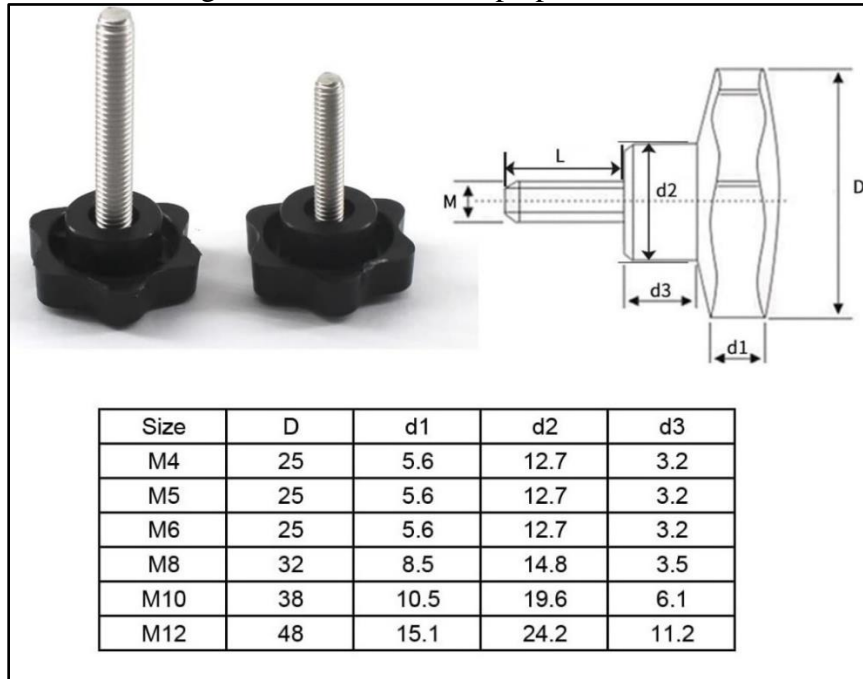
$$D_r = 0,0057 \text{ m} = 5,7 \text{ mm}$$

El diámetro del tornillo no debe ser inferior al valor obtenido en el cálculo anterior. Un tornillo más pequeño compromete la seguridad del diseño, aumentando el riesgo de falla.

Selección de pasadores

En función a los diámetros mínimos requeridos calculados para los pasadores y por razones constructivas, se decide que todos los pasadores serán realizados del mismo diámetro. El dimensionamiento del pasador B dio como resultado el valor más grande de diámetro mínimo, por ende, se seleccionará un tornillo y tuerca de tipo perilla que cumpla con la condición de que $D_B \leq D_{\text{catálogo}}$

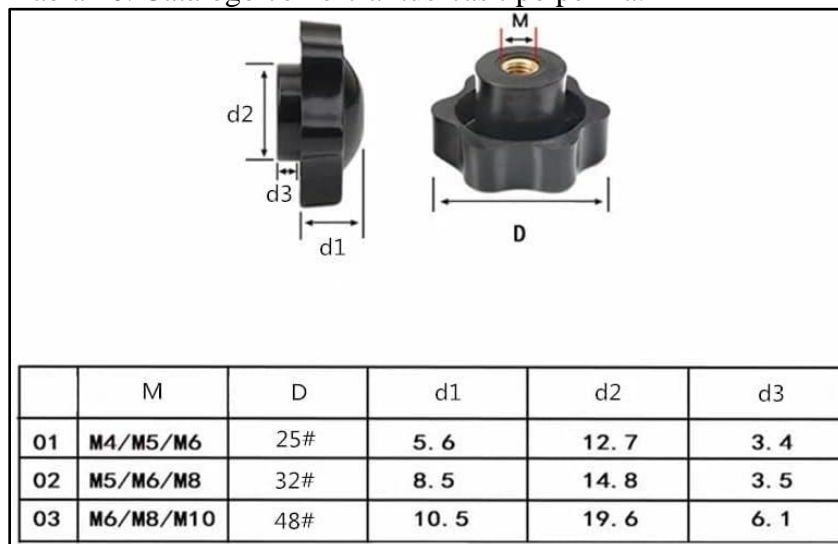
Tabla 9. Catálogo comercial tornillo tipo perilla.



Fuente: Amazon (s/f).

La Tabla 9 representa las medidas comerciales de los tornillos tipo perilla que se pueden adquirir. En función al catálogo y a la condición establecida, se selecciona para todos los pasadores tornillos M10, es decir de diámetro nominal igual a 10 mm, el largo de estos dependerá de las dimensiones de cada pieza donde serán instalados.

Tabla 10. Catálogo comercial tuercas tipo perilla.



Fuente: Amazon (s/f).

En el caso de las tuercas, se eligen aquellas con un diámetro interno de 10 *mm* del catálogo comercial que se muestra en la Tabla 10, de modo que coincida con el diámetro del vástago del tornillo.

4.4.13. Selección de ruedas

Se seleccionan ruedas de poliuretano, ya que estas cumplen un mejor desempeño. Permiten evitar que el equipo presente deslizamientos inesperados. Estas ruedas son de tipo AM (Antimicrobial) que inhiben la propagación de bacterias que son útiles en ambientes médicos y permiten la fácil movilización de los pacientes debido a que también son giratorias, estas poseen sistemas de amortiguamiento que evitan los rayones en el piso y a su vez poseen una alta resistencia gracias a sus componentes de gran calidad. Son ideales para camas hospitalarias, camillas, sillas de ruedas, camas fúnebres y equipos hospitalarios en general.

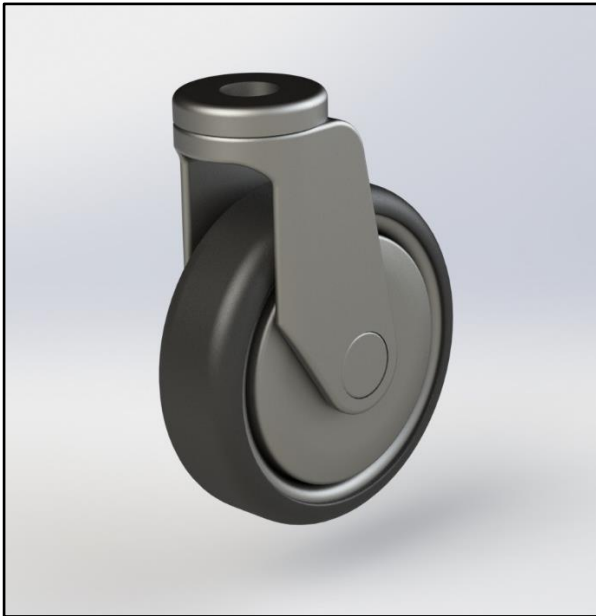


Figura 83. Modelado 3D, rueda giratoria sin freno.

Fuente: Herrera, L (2023).

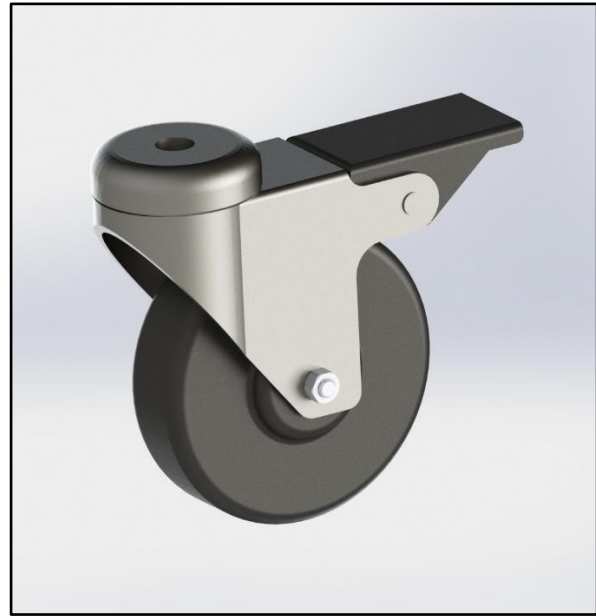


Figura 84. Modelado 3D, rueda giratoria con freno.

Fuente: Herrera, L (2023).

Las ruedas por seleccionar deben soportar un peso total de 234 kg, que se compone del peso del equipo, aproximadamente 27 kg (véase Figura 37) y del peso de un paciente obeso en la condición más crítica de operación (180 kg). El diseño emplea cuatro ruedas ubicadas en las patas, por lo que la carga se distribuye equitativamente. Esto significa que cada rueda debe tener una capacidad de carga mínima de 58,5 kg.

Se seleccionaron dos pares de ruedas del catálogo comercial de la empresa colombiana Colson Group: un par sin freno (Figura 83) y otro con freno (Figura 84). Las fichas técnicas de cada tipo de rueda seleccionada se encuentran en el APÉNDICE D. Las ruedas escogidas tienen una capacidad de carga de 100 kg, lo que garantiza que soportarán el peso del equipo y del paciente en condiciones críticas de operación.

4.4.14. Selección de percha

La percha (Figura 85) en conjunto con el arnés forma una unidad funcional. Desde el punto de vista de la seguridad, la percha es muy importante, es necesaria una adecuada selección de esta, esto dependerá de la función específica a la que vaya a estar sometida (por ejemplo, transportar a un paciente sentado o acostado) y a las condiciones de la persona en cuestión. Es un elemento que soporta el peso del paciente, por lo cual debe de ser elaborado bajo estrictos parámetros de construcción, debido a ello en esta investigación dicho elemento se selecciona a partir de catálogos comerciales de empresas internacionales especializadas en el transporte de pacientes en las instalaciones de salud.

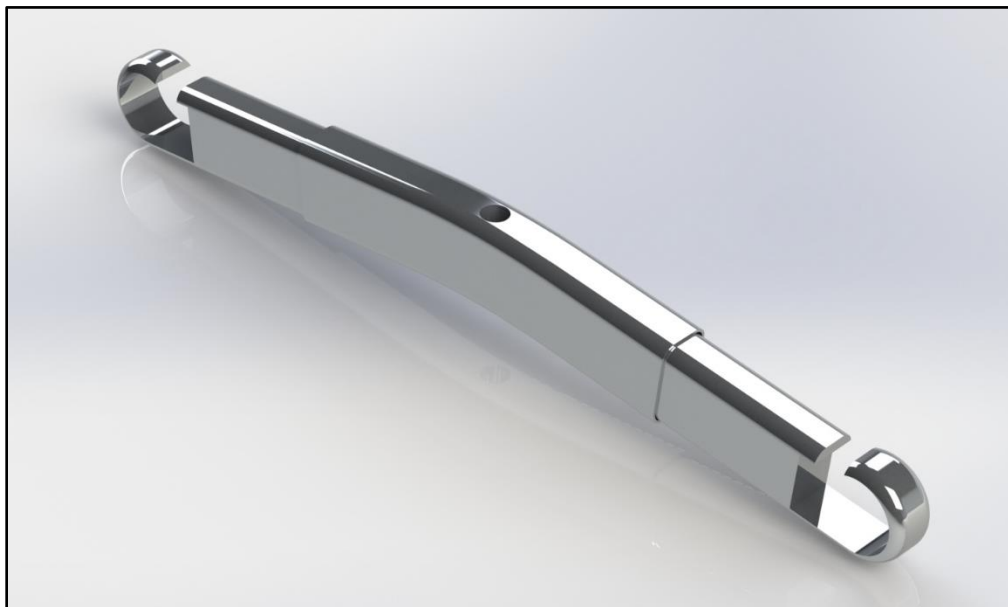


Figura 85. Modelado 3D, percha.
Fuente: Herrera, L (2023).

Para la selección del tipo de percha a usar en el diseño, se toman en cuenta aspectos de seguridad, los cuales son inherentes a la resistencia y rigidez que posee el elemento y que están determinados por el tipo de material usado en su fabricación. Se considera que una percha es segura

cuando el material en la que está construida posee las características y propiedades mecánicas apropiadas, acordes con el valor de las cargas a las cuales será sometida; en cuanto a ergonomía, una percha se considera más o menos ergonómica según la facilidad con la que pueda engancharse en ella el paciente lo que a su vez está determinado por el número de ganchos de sujeción.

Se selecciona la percha Universal SlingBar 450 de Liko (véase Figura 86) comercializada por la filial Hillroom perteneciente a la empresa Baxter International Inc., una compañía multinacional estadounidense líder en productos y dispositivos médicos con más de 85 años aportando innovaciones médicas importantes en el campo de la atención médica.

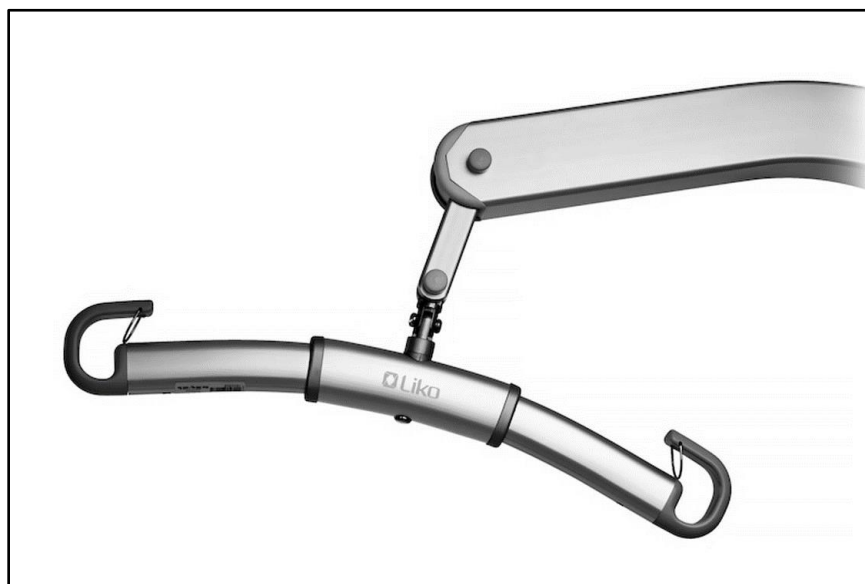


Figura 86. Percha Universal SlingBar 450 de Liko.
Fuente: Hill Room (s/f).

La percha universal slingbar 450 es apropiada para la mayoría de los casos de transferencia de pacientes, además puede ser usada con una gran variedad de arneses. En el catálogo del fabricante, ubicado en el APÉNDICE E, se encuentra la capacidad máxima de carga del producto, la cual es de 300 kg. Esto garantiza que el producto podrá soportar la carga prevista en esta investigación, que se ha definido como una persona obesa con un peso de 180 kg. Está hecha de aluminio anodizado lo cual proporciona características y propiedades mecánicas apropiadas para las condiciones de operación. La SlingBar 450 es una opción popular para su uso en entornos de atención médica domiciliaria y de atención prolongada, ya que es segura y cómoda para los usuarios.


4.4.15. Selección del arnés

El arnés es un aliado fundamental para la seguridad y el bienestar en las transferencias, más que una simple pieza, es un elemento vital que garantiza la seguridad tanto del paciente como del proceso de traslado. Su contacto directo con el usuario y la carga que soporta exige una resistencia excepcional, por ello, su elaboración con materiales de alta tenacidad es fundamental. Están formados por una pieza de tela de malla de hilo de poliéster recubierta con PVC el cual es duradero y de poca fricción por lo cual el arnés es fácil de poner y quitar, los arneses también se encuentran ribeteados en toda su periferia y reforzados en las zonas en las que están cosidos los tirantes de cinta de polipropileno.

Su función principal es prevenir y evitar caídas, brindando protección a la integridad física del paciente. A diferencia de las transferencias manuales, el arnés distribuye las fuerzas de manera uniforme, evitando la incomodidad y el dolor. El arnés dispone de partes de anclaje a nivel del dorso, torso, y a los costados de las caderas, el uso correcto de este elemento de seguridad es proteger la integridad física de las personas que lo usan.

La selección del arnés requerido para esta investigación se realiza a partir del catálogo comercial de Invacare Corporation, quien es un fabricante y distribuidor estadounidense de equipamiento médico domiciliario y para rehabilitación. Se escoge un arnés standard, de tipo universal con apoyo para la cabeza, también llamado tipo hamaca (Tabla 11) puesto que sostiene todo el cuerpo y la cabeza para asegurar una posición ergonómica al ejecutar la transferencia del paciente.

Tabla 11. Catálogo arnés universal estándar.



Invacare *Eslinga Universal Hamaca*

El usuario estará en una posición ligeramente reclinada y cómoda, esta eslinga sujeta todo el cuerpo y la cabeza. La ***Eslinga Universal Hamaca*** está destinada para usuarios que tienen un control limitado de la cabeza, tronco o caderas, o para transferencias hacia o desde una posición acostada. Esta eslinga puede ser utilizada sin los soportes a la altura de la cabeza, tan sólo removiendo los plásticos de fijación.

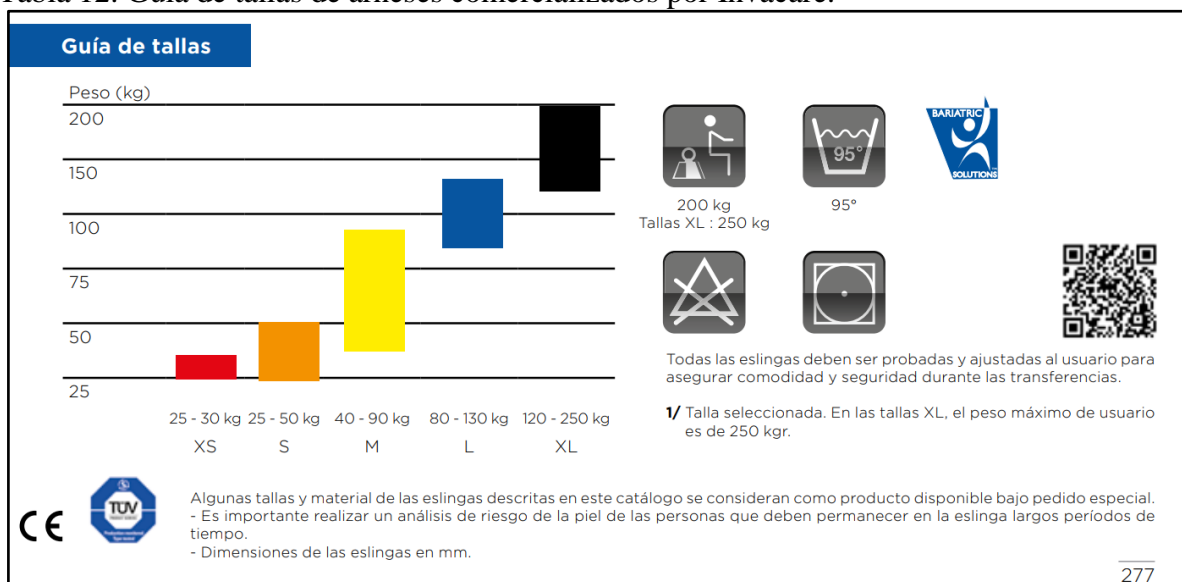
	Tallas	A	B	C	D
Rojo	XS	1040	740	610	340
Naranja	S	1080	840	730	380
Amarillo	M	1420	1000	830	400
Azul	L	1550	1100	920	510
Negro	XL	1680	1150	920	550

Fuente: Invacare. (s/f).

El arnés posee cuatro eslingas las cuales son colgadas en par en los ganchos de la percha, de tal manera que el usuario esté sentado o reclinado ligeramente en el aire mientras es izado. Las perneras algodónadas impiden que el tejido irrite, corte la piel y asimismo que encoja. El arnés standard puede suministrarse en tejido tupido y de malla; eventualmente puede suministrarse con un reposacabezas en forma de luna.

Los arneses están disponibles en tallas diferentes. Es importante elegir la talla correcta para lograr el mayor nivel de comodidad y seguridad. Un arnés que sea demasiado grande aumenta el riesgo de que el paciente se deslice, mientras que uno demasiado pequeño puede producir cortes en la ingle y provocar incomodidad

Tabla 12. Guía de tallas de arneses comercializados por Invacare.



Fuente: Invacare (s/f).

El fabricante proporciona una guía de tallas (Tabla 12) para seleccionar el arnés adecuado en función del peso máximo que soporta. Para nuestro caso, considerando la transferencia de pacientes obesos con un peso de hasta 180 kg como una situación crítica de trabajo, se selecciona un arnés talla XL. Este arnés tiene una capacidad de carga de 120 a 250 kg, lo que lo hace adecuado para pacientes con este rango de peso. Además, las dimensiones de la talla XL se ajustan a la altura máxima establecida para el paciente, que es de 1,70 m.

4.4.16. Selección del actuador

La acción de levantar a los pacientes a distintas alturas, hace que sea necesario seleccionar un actuador que cumpla con ciertos requerimientos como seguridad, velocidad y desplazamiento

máximo, además de tener buena estética y de que pueda ser cómodo y de fácil manejo para el operador; la condición más importante a cumplir es que el mismo debe mantener su posición fija mientras no haya ninguna señal del operador que indique que el mismo debe cambiar de posición (en cualquier distancia de extensión del vástago), por otro lado, la velocidad de desplazamiento debe ser constante y no debe ser brusca, de esta manera el operador puede evitar cualquier incidente con el paciente y detener inmediatamente el ascenso o descenso del actuador según sea el caso.

Para cumplir con lo descrito en el párrafo anterior, el sistema de elevación se diseñará para hacer uso de un actuador lineal electromecánico (Figura 87), teniendo presente para su selección la fuerza necesaria que debe ejercer el actuador para elevar a un paciente con obesidad en la situación más crítica de trabajo, obtuvo al momento del Diseño del brazo un valor de $F_a = 4262,27 N$.

Los actuadores lineales electromecánicos son un tipo de actuador que convierte el movimiento rotativo de los motores en un movimiento de empuje/tracción lineal o recto. Son ideales para todo tipo de aplicaciones en las que se necesite emplear una inclinación, elevación, tracción o empuje de kilos de fuerza. Utilizados en aplicaciones que precisan un movimiento sencillo, seguro y limpio con un control suave del movimiento y una precisión exacta.

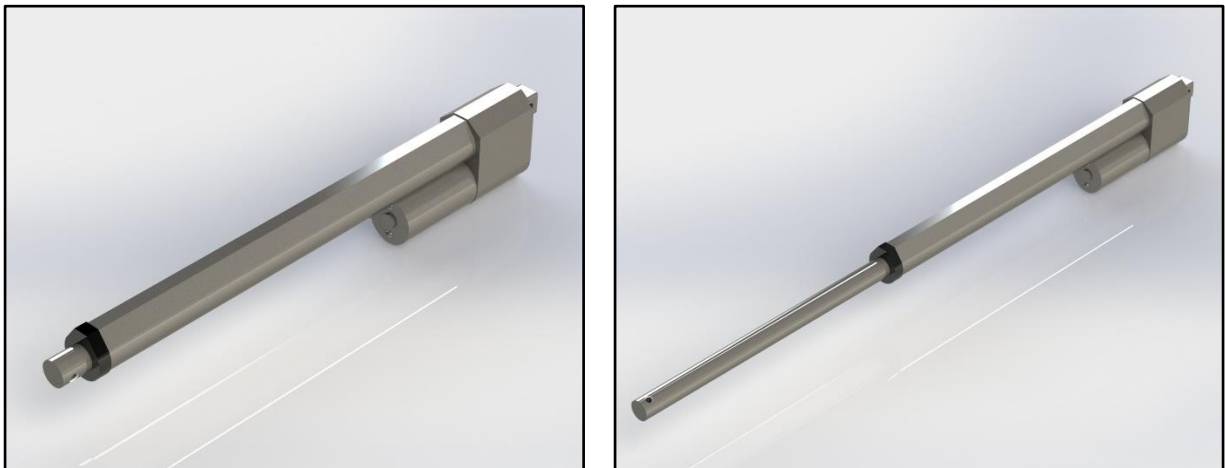


Figura 87. Modelado 3D, actuador electromecánico.
Fuente: Herrera, L (2023).

Se selecciona el actuador lineal LINAK LA33 (Figura 88), con una capacidad de empuje de 5000 N, el cual cumple con la fuerza mínima necesaria para elevar al paciente con obesidad mórbida en la condición más crítica. Posee una carrera de 300 mm o 0,30 m, esto permite al

actuador ascender y descender de forma correcta para cumplir con lo planteado durante el dimensionamiento del sistema de elevación. En el APÉNDICE F se puede observar la ficha técnica del actuador seleccionado, comercializado por la empresa LINAK, la cual es fabricante de primera línea en soluciones y sistemas avanzados de actuadores lineales eléctricos para hospitales, oficinas y viviendas particulares.



Figura 88. Actuador Lineal LINAK LA33.
Fuente: LINAK (s/f).

Para la ubicación del actuador se realizó un análisis geométrico tomando en cuenta su recorrido máximo y mínimo el cual debía coincidir con la distancia máxima y mínima que se deseaba brindar para el diseño del sistema de elevación, véase Figura 89. Se obtuvo como resultado 300 mm medidos a partir del eje horizontal de la unión del mástil con el brazo. Esta distancia también asegura que la carga producida por el peso de la persona se vuelva estable.

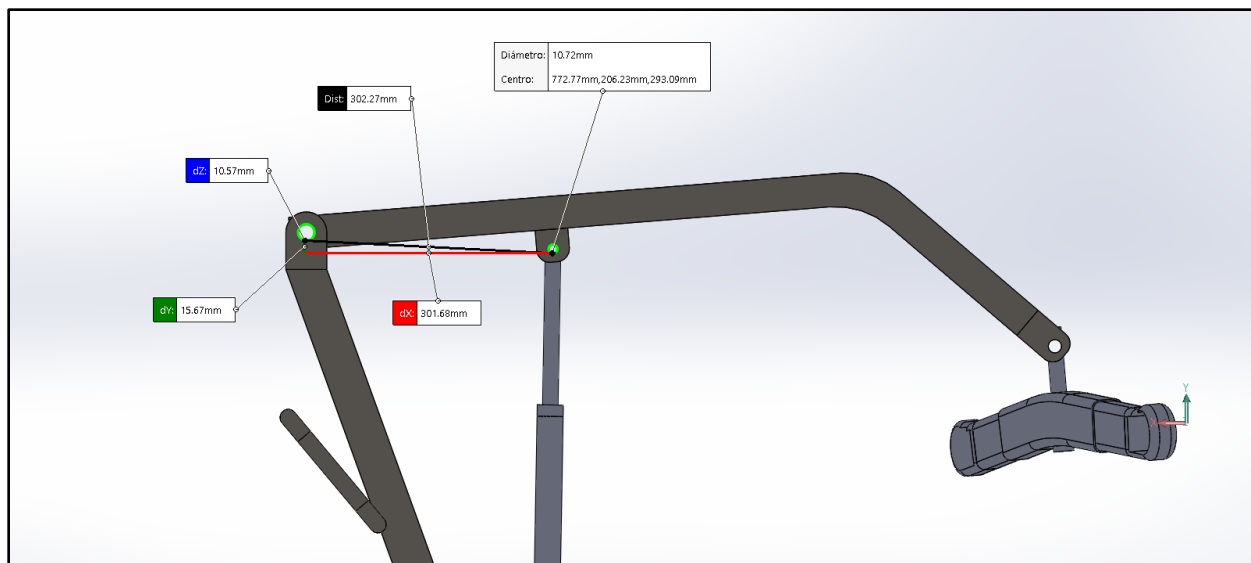


Figura 89. Ubicación del actuador
Fuente: Herrera, L (2023).

El actuador lineal LINAK LA33 incorpora un mecanismo de bajada manual que permite ajustar la altura del actuador en caso de un corte de suministro eléctrico, esto se logra gracias a un tornillo de ajuste manual ubicado en la parte inferior del mismo, cerca del motor. Este tornillo es de tipo Allen, está generalmente cubierto por una tapa de plástico para protegerlo. Girando el tornillo en sentido antihorario, se activa un mecanismo que permite bajar el actuador manualmente, controlando la velocidad de descenso.



Figura 90. Tornillo de ajuste manual
Fuente: LINAK (s/f).

El actuador LINAK LA33 según la ficha técnica suministrada por el fabricante trabaja a diferentes velocidades dependiendo del voltaje eléctrico suministrado al motor y de la fuerza de trajo que este ejerciendo. En nuestro caso el actuador debe ejercer una fuerza cercana a su máxima capacidad, bajo estas condiciones el fabricante informa que la velocidad de operación del actuador es de 10 mm/s, independientemente del voltaje que se le suministre al motor eléctrico. La velocidad mencionada asegura un desplazamiento suave y estable, asegurando así condiciones de seguridad durante el funcionamiento del sistema de elevación.

4.4.17. Selección del suministro eléctrico el actuador

Según el fabricante, el actuador seleccionado es capaz de trabajar con un suministro de voltaje eléctrico variado, 12V, 24V o 48V. Para asegurar el suministro de energía al actuador se hará uso de una batería LINAK BAL50, comercializada por el mismo fabricante del actuador, esta es capaz de proveer una tensión eléctrica igual a 24V. La selección de batería como suministro eléctrico, se debe a que permite libertad de movimiento, puesto que facilita utilizar el equipo en cualquier lugar, sin necesidad de enchufes o cables, lo que facilita la movilidad y la independencia del usuario. La batería BAL50 cuenta con una serie de características de seguridad, como un indicador de nivel de carga y protección contra sobrecarga de energía por parte del suministro eléctrico.

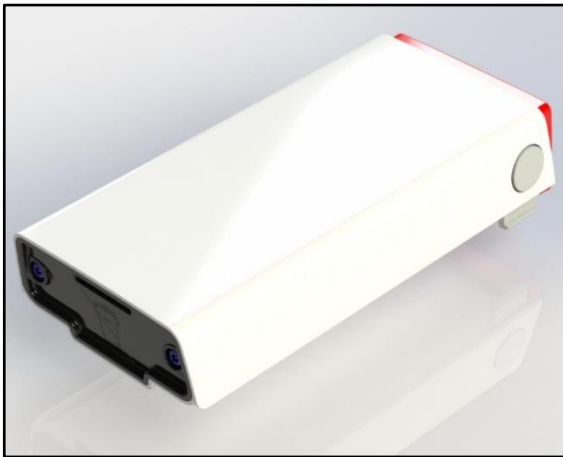


Figura 91. Modelado 3D, batería LINAK BAL50.
Fuente: LINAK (s/f).

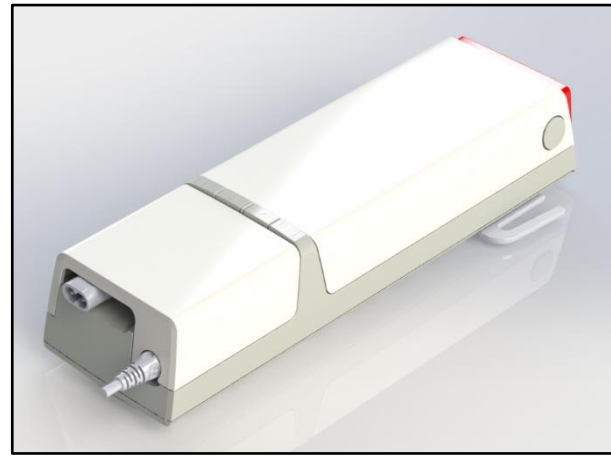


Figura 92. Modelado 3D, base con batería LINAK BAL50
Fuente: LINAK (s/f).

La batería es de fácil conexión y desconexión, lo que permite que sea cargada en una estación de carga. Al acoplarse la batería con la base correspondiente para el modelo seleccionado,

se puede controlar la operación del actuador a través de una botonera que se encuentra en el cuerpo de la base, tiene dos botones con las flechas arriba y abajo que permiten extender y contraer el actuador, respectivamente. La batería cuenta con un sistema de seguridad para casos de emergencia el cual es accionado por un botón rojo, una vez presionado se corta el suministro eléctrico que proporciona la batería al actuador.

En el caso de la batería LINAK BAL50 el fabricante en su ficha técnica asegura que la máxima carga se logra en 4 horas, además comenta que debe hacerse uso del cargador LINAK CHL50, el cual se ancla en la pared. Este está equipado con una entrada de alimentación universal de corriente alterna además de contar con indicadores LED de carga de alta visibilidad que también indican acerca del estado de la conexión con respecto a la fuente de alimentación.



Figura 93. Modelado 3D, cargador de batería LINAK CHL50.

Fuente: LINAK (s/f).

Es importante mantener la batería cargada y en buen estado. La batería debe cargarse después de cada uso y debe revisarse periódicamente en busca de signos de desgaste. Si la batería no se mantiene adecuadamente, puede fallar, lo que podría dejar al usuario varado.

4.4.18. Manual de técnico

Un manual de operación para el sistema de elevación para personas con movilidad reducida por obesidad mórbida es fundamental para garantizar la seguridad y eficacia en el uso de este equipo especializado. La obesidad mórbida puede presentar desafíos adicionales en términos de movilidad y accesibilidad, por lo que contar con un manual detallado que explique cómo utilizar el sistema de elevación de manera adecuada es crucial para evitar accidentes o lesiones. Además, el manual proporciona instrucciones claras sobre cómo operar el equipo correctamente, lo que ayuda a maximizar su vida útil y garantizar su funcionamiento óptimo. Así como también incluir información sobre mantenimiento preventivo y pautas de seguridad para minimizar el deterioro del equipo.

Manual de operación

Colocación arnés

En decúbito (tumbado en la cama)

1. Colocar al usuario en decúbito lateral (de lado).
2. Colocar el arnés sobre la cama.
3. Poner al usuario encima del arnés, colocando y estirando el arnés.
4. Girar al usuario hacia lado contrario, estirando la parte restante del arnés.
5. Girar boca arriba al usuario.
6. Colocar las bandas inferiores por debajo de las piernas, entrecruzando las mismas.

Sentado en silla/sillón

1. Colocar el arnés de arriba-abajo por la parte posterior del usuario, reclinándole levemente hacia adelante hasta la parte de la cintura.
2. Hacer pasar las bandas inferiores por debajo de las piernas entrecruzándolas.

Elevación de la persona

1. Acercar el equipo y descender el brazo elevador.
2. Colocar bandas del arnés en la percha.
3. Presionar la flecha hacia arriba ubicada en la base de la batería para extender el actuador. Al subir el actuador se detiene automáticamente al llegar al límite del recorrido, al bajar actúa de la misma forma.

4. Elevar con suavidad hasta una altura donde no choque con la cama o el reposabrazos de la silla.

Aproximación a la silla

1. Abrir las patas para conseguir aumentar el ancho disponible. Cerrarlas para su traslado.
2. Transportar al usuario hasta el sillón/silla o cama

Colocación de la persona en el sitio de destino

1. Situar a la persona encima de la superficie que se quiera, silla o cama.
2. Descender el brazo del equipo.
3. Sujetar con una mano el arnés, colocando en la posición deseada en la cama o aproximando al respaldo de la silla al mismo tiempo que desciende.
4. Descender completamente al usuario con el brazo de la del equipo.
5. Retirar las eslingas del arnés de los enganches de la percha y retirar el arnés del paciente, de forma a inversa, como se hizo en el punto 1 en la colocación de este.

Ajuste de las patas

Las patas del diseño se pueden ajustar a una mayor o menor anchura para facilitar el acceso a la silla de ruedas, al inodoro...etc. Para pasar a través de puertas o por pasillos estrechos, se recomienda cerrar las patas totalmente. Para ajustarlas, presione con el pie el pedal de ajuste de las patas, situado en la parte posterior del mástil.

- Pedal izquierdo = cierre de patas
- Pedal derecho = apertura de patas

Botón de parada de emergencia

El botón rojo de parada de emergencia está localizado en la parte superior de la base donde se acopla la batería para el suministro eléctrico al actuador, se activa presionándolo. De esta forma, se corta toda la energía suministrada al diseño, sólo se presionándolo nuevamente.

Batería

1. Antes de su primer uso se pone a cargar durante 24 horas, y siempre han de ser cargas completas. Una luz verde significa encendida y una luz amarilla significa que la batería se está cargando, cuando la batería está completamente cargada se

apagará la luz amarilla. La carga completa se consigue en un periodo de tiempo aproximado de 4 a 5 horas.

2. La batería dispone de un LED verde que cambia de color cuando está bajo de carga. Se recomienda cargar la batería antes de que el LED cambie a color rojo.
3. Nunca almacene el equipo durante largos periodos de tiempo sin realizar cargas periódicas. Es necesario recargar la batería por lo menos una vez por semana aun cuando el producto no esté en uso para evitar que pierda su carga.
4. Cuando la batería está en uso y se encuentre al 30% de su capacidad se escuchará una alarma que avisa que la batería se encuentra en este porcentaje y necesita ser cargada.

Manual de mantenimiento del equipo

Se debe realizar un mantenimiento preventivo del equipo para alargar su vida útil y evitar accidentes. El mantenimiento del equipo descrito en esta investigación será el siguiente:

Semanalmente

1. Se comprobará visualmente el estado general del equipo, y la existencia de deformaciones, fisuras, dobleces y/o roturas que puedan poner en peligro la integridad del usuario. En caso de existir y que afecten gravemente a la seguridad y su funcionamiento debe avisarse al equipo de mantenimiento para su reparación.
2. Asegúrese de que las ruedas delanteras y traseras del equipo se mueven con normalidad. Revise también que el accionamiento de freno de las ruedas traseras funcione correctamente.
3. Se revisará el sistema de recogimiento y de apertura del equipo para que trabajen de la forma correcta. En caso de existir algún problema en estos elementos se avisará al equipo de mantenimiento para su reparación.
4. Revisar los elementos de giro, para un correcto funcionamiento y engrasar en caso necesario.
5. Revisar el desplazamiento del actuador eléctrico.
6. Reapretar los tornillos y tuercas que sea necesario
7. Asegurarse que estén colocados todos los pasadores. Asegúrese de que la percha gira y se balancea con libertad de movimientos.
8. Compruebe que la percha está firmemente sujeta al brazo.

9. Compruebe el buen funcionamiento del botón de parada de emergencia.

Mensualmente

1. Es recomendada la limpieza regular con un paño suave húmedo.
2. Engrasar las partes y piezas que sea necesario. Aplique grasa más frecuentemente a las partes que se encuentren en mayor uso
3. Reapretar los tornillos y tuercas que sea necesario
4. Limpie el equipo del exceso de aceite y grasa periódicamente con un trapo húmedo.

4.5. Fase V: Evaluación de la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del sistema diseñado

La determinación de la viabilidad económica, operativa y ambiental de un diseño es crucial para el éxito de cualquier proyecto. Permite evaluar si el diseño es factible de realizar, rentable, eficiente y sostenible a largo plazo. Es recomendable evaluar la factibilidad de un proyecto antes de destinar recursos y esfuerzos en su realización o en la fabricación de un producto, por lo tanto, la viabilidad es un elemento clave que facilita tomar una decisión informada antes de comenzar cualquier proyecto.

4.5.1. Viabilidad técnica

El diseño del sistema de elevación para personas con movilidad reducida por obesidad mórbida es viable desde el punto de vista técnico ya que se ha concebido teniendo en cuenta las necesidades y características específicas de este grupo de pacientes, priorizando su seguridad, comodidad y facilidad de uso. El equipo posee la capacidad de carga suficiente para soportar el peso de estos pacientes y llevar a cabo operaciones de traslado de un sitio a otro con total seguridad. Se ha diseñado con materiales resistentes que soportan las cargas y condiciones de trabajo, minimizando el riesgo de fallos que puedan poner en peligro la integridad física del paciente, tal como lo demuestran los análisis realizados a través de herramientas computacionales basados en el análisis de elementos finitos.

4.5.2. Viabilidad operativa

El diseño planteado en esta investigación tiene muchas ventajas con respecto a los sistemas de traslado convencionales de pacientes. Ofrece la ventaja de poder ser utilizado en diferentes áreas de un centro médico o residencia sin necesidad de instalaciones fijas. Su diseño compacto facilita su almacenamiento y transporte, permitiendo una mayor flexibilidad en su uso. Además,

al ser móvil, brinda la posibilidad de trasladar a los pacientes con mayor facilidad y rapidez, mejorando así la eficiencia en la atención y cuidado de estos.

El uso de un actuador electromecánico radica en su capacidad para proporcionar un movimiento suave y preciso, lo que garantiza la seguridad y comodidad del paciente durante el proceso de transferencia, además, los son más fiables y duraderos que otros sistemas de accionamiento, lo que reduce la necesidad de mantenimiento y reparaciones frecuentes.

El diseño incorpora un innovador sistema de apertura de patas que se acciona con el pie. Este mecanismo facilita la apertura y el cierre de las patas sin necesidad de agacharse o realizar esfuerzos manuales, con el fin de posicionar debajo del brazo sillones o sillas de ruedas. De manera análoga se añade un sistema que permite que el equipo se pliega fácilmente, ocupando menos espacio durante el transporte o almacenamiento, lo que lo hace ideal para espacios reducidos o con limitaciones de almacenamiento.

Como última ventaja que caracteriza al sistema diseñado se menciona que es de fácil montaje y desmontaje sin la necesidad de herramientas especializadas, esto debido a la selección de tornillos y tuercas que pueden ser ajustados con la mano.

4.5.3. Viabilidad ambiental

La estructura del equipo está fabricada con tubos estructurales de acero. Si bien su producción implica el uso de energía además la explotación y refinación de minerales, este proceso no genera un deterioro ambiental a gran escala. Por otro lado, el actuador al ser accionado eléctricamente por una batería no supone un consumo continuo de electricidad, a excepción, durante unas horas, cuando es necesario cargar la batería. Su producción y uso tienen un impacto ambiental mínimo, lo que lo convierte en una opción sostenible para el cuidado del medio ambiente.

4.5.4. Viabilidad económica

Se estableció el costo de los materiales en dólares americanos para asegurar un precio fijo y prevenir la devaluación de los costos. Posteriormente, se realizó una comparación entre el costo total del diseño y el de las grúas comerciales, confirmando la viabilidad económica del diseño presentado en esta investigación.

Cuadro N° 19. viabilidad económica del diseño


DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL	FUENTE CONSULTADA
Tubo estructural 40x40x3 mm	01	25\$	25\$	MercadoLibre APÉNDICE I
Tubo estructural 50x50x2,5 mm	01	25\$	25\$	
Tubo estructural 40x60x1,4 mm	01	37\$	37\$	
Tubo estructural 50x50x2 mm	01	25\$	25\$	
Lamina De Hierro 120x240x3mm	01	50\$	50\$	
Tornillos perilla M10	10	35\$	35\$	MercadoLibre APÉNDICE J
Tuerca perilla agujero pasante M10	10	30\$	30\$	
Rueda giratoria sin freno. Diámetro 3cm. Capacidad 100 kg	02	5\$	10\$	MercadoLibre APÉNDICE K
Rueda giratoria con freno. Diámetro 3cm. Capacidad 100 kg	02	10\$	20\$	
Percha Universal SlingBar 450 de Liko	01	230,28€ = 250\$	250\$	Ortopedia mimas APÉNDICE L
Arnés universal estandar invacare. Talla XL	01	125€ = 140\$	140\$	Ortoencasa APÉNDICE L
Actuador lineal LA33. Marca LINAK	01	420\$	420\$	ebay APÉNDICE M
Pack de batería BAL50	01	49,62€ = 54\$	54,33\$	S/T/S medical APÉNDICE M
Cargador de baterías LINAK CHJ2 para pared	01	205€ = 224,46\$	224,46\$	msp medical APÉNDICE M
			Total	1345,79\$

Fuente: Herrera, L (2023).

El cuadro anterior ilustra el costo total de los materiales para llevar a cabo la construcción del diseño planteado, a ese monto hay que sumarle el correspondiente a la mano de obra encargada de la construcción y los costos de importación del arnés, percha, actuador, batería junto con su cargador. Por otro lado, el cuadro que se presenta a continuación contiene los precios de grúas comercializadas a nivel internacional para el traslado de personas que comparten características similares al diseño de esta investigación. Esta información se presenta con el fin de establecer una conclusión a nivel económico comparado con el diseño planteado.

Cuadro N° 20. Grúas comerciales para el traslado de pacientes

IMAGEN	TÍTULO	DESCRIPCIÓN	COSTO	FUENTE CONSULTADA
	Grúa de bipedestación y elevación Liftey Duo	<ul style="list-style-type: none"> • Largo total: 95 cm • Alturas min. / max: 78-187 cm • Motor: DC24/8000N • Ruedas delanteras: 8 cm • Ruedas traseras: 10 cm con frenos • Peso: 35 kg • Peso máximo 150 kg 	1925,98\$ = 1759,00€	Ortoplanet APÉNDICE N
	Grúa De Techo voyager	<ul style="list-style-type: none"> • Carga operacional segura: 200 kg • Longitud total: 266 mm. • Anchura total: 151 mm. • Altura total, mín-máx: 156 mm. • Rango de elevación: 2400 mm • Velocidad de elevación con carga: 20 mm/s 	2900€ = 3175,30\$	Soluciones diarias APÉNDICE N

IMAGEN	TÍTULO	DESCRIPCIÓN	COSTO	FUENTE CONSULTADA
	Grúa de elevación para grandes pesos Liftey 320	<ul style="list-style-type: none"> • Especial para residencia y centros sanitarios • Eleva pacientes de hasta 320 kg • Fabricada en aluminio de alta calidad y resistencia 	4081,00€ = 4430,11\$	Ortoplanet APÉNDICE N

Fuente: Herrera, L (2023).

En función a las grúas comerciales que se presentadas en el cuadro anterior puede concluirse que el diseño de un sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida planteado en esta investigación resulta mucho más viable económicamente de construir, a pesar de que hay piezas que deben ser importadas con lo cual se asegura que sea posible su accesibilidad por parte de centros de salud y personas para uso en el hogar.

CONCLUSIONES

Diseñar un sistema de elevación para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida es fundamental para garantizar la seguridad y comodidad de estos individuos durante el proceso de traslado. La obesidad es una condición que puede limitar la movilidad y aumentar el riesgo de lesiones tanto para el paciente como para el personal de salud encargado de su cuidado. Por lo tanto, contar con un dispositivo especializado que facilite el movimiento de estos pacientes de manera segura y eficiente, es esencial.

Para el logro del primer objetivo específico “diagnosticar la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal”. Se realizó la recopilación de datos para comprender mejor la problemática de la movilidad reducida por obesidad mórbida. Se implementaron diversas técnicas de recolección de datos, con énfasis en la entrevista, que permitió ampliar y profundizar en el conocimiento de la situación de estudio. Las entrevistas se realizaron principalmente a cuidadores y especialistas bariátricos. La información obtenida fue invaluable para comprender las necesidades, experiencias y desafíos que enfrentan las personas con esta condición en relación con la movilidad. La consulta a especialistas bariátricos brindó información crucial sobre seguridad, ergonomía, funcionamiento y almacenamiento, aspectos fundamentales que se deben tomar en cuenta para el diseño del sistema de elevación.

El segundo objetivo específico “analizar las variables que influyen en el traslado de una persona con movilidad reducida por obesidad mórbida” se centró la investigación en el análisis de los datos recolectados para definir las características y funcionalidades del sistema de elevación para personas con movilidad reducida por obesidad mórbida. Mediante la aplicación de técnicas de análisis, se logró identificar y establecer las variables más relevantes a considerar en el diseño del sistema. Los datos recopilados fueron interpretados y registrados para una mejor comprensión de las necesidades y expectativas de los usuarios. Esta información permitió definir los requisitos técnicos y de diseño del sistema de elevación, asegurando que sea una solución segura, eficiente y que responda a las necesidades específicas de las personas con obesidad mórbida.

El tercer objetivo específico “seleccionar la mejor alternativa del diseño en estudio” generó un conjunto de propuestas de soluciones viables para el traslado de personas con movilidad reducida por obesidad mórbida. Cada propuesta fue cuidadosamente evaluada y analizada aplicando criterios y restricciones al momento del diseño, eliminando así aquellas soluciones que no cumplieran con los parámetros establecidos. Este objetivo permitió identificar la propuesta con

mayor potencial para mejorar el traslado de las personas con movilidad reducida por obesidad mórbida.

Durante el cumplimiento del cuarto objetivo específico “diseñar el sistema seleccionado” se llevó a cabo un proceso de cálculo y análisis de diseño del equipo a través de una metodología técnica, tomando en consideración las variables más importantes para asegurar que el equipo sea capaz de satisfacer la problemática. Siendo entre estas variables la comodidad del paciente, la facilidad de uso del equipo, la capacidad de plegar el equipo para su almacenaje, la seguridad y ergonomía. Se contempla el dimensionamiento del equipo en función de las condiciones espaciales y operativas mínimas, con el objetivo de asegurar un correcto funcionamiento y uso del equipo durante el proceso de transferencia.

Para este cuarto objetivo, se realizaron múltiples estudios computacionales con el fin de asegurar la resistencia del equipo ante las cargas que experimentará, así como también determinar si las mismas causan una deformación en los elementos del diseño. Así mismo se llevó a cabo el diseño de los elementos o piezas que conforman el equipo determinando el perfil estructural adecuado según las fuerzas que experimentaba cada pieza, así como un análisis de la deflexión y tensiones que estas cargas generaban, con el fin de asegurar que la integridad del diseño no se viera comprometida. Por último, se llevó a cabo la selección de los elementos normalizados que forman parte del equipo, en función a las características consideradas para el diseño, principalmente el peso máximo de operación.

En lo referente al último objetivo específico se evaluó la viabilidad técnica, operativa, ambiental y económica del diseño. La viabilidad técnica se comprobó realizando un análisis profundo de los riesgos técnicos asociados al diseño, como la resistencia estructural, la confiabilidad de los componentes y la seguridad del usuario. Por otro en cuanto a la viabilidad operativa el diseño cumple puesto que presenta muchas ventajas con respecto a los sistemas de traslado convencionales de pacientes, entre ellas el uso de tornillos ajustables con la mano, un sistema capaz de plegar el equipo para facilitar su almacenaje, un mecanismo de apertura de patas. En lo referente a la viabilidad ambiental el equipo posee una alta viabilidad ambiental, su producción y uso tienen un impacto ambiental mínimo, lo que lo convierte en una opción sostenible para el cuidado del medio ambiente. Así mismo la viabilidad económica demuestra que existe una factibilidad dado que los costos de construcción del equipo planteado en esta investigación con

referencia a las grúas existentes en el mercado son menores lo cual asegura una accesibilidad para centros de salud y residencias.

Finalmente, este trabajo presenta el diseño de un sistema de elevación innovador para personas con obesidad mórbida. Se ha diseñado tras un análisis exhaustivo de las necesidades del colectivo al que va dirigido, cumpliendo con todos los requisitos de diseño y operación recopilados durante la investigación. El sistema de elevación propuesto ofrece una solución segura, eficaz y accesible para las personas con movilidad reducida por obesidad mórbida. El equipo ha sido diseñado para minimizar el esfuerzo físico del personal médico y para garantizar la comodidad y seguridad del paciente durante el proceso de transferencia. La propuesta presentada en este trabajo representa una mejora significativa en el proceso de transferencia de pacientes con obesidad mórbida, tanto en términos de seguridad como de comodidad, puesto a que es un diseño innovador que tiene un gran potencial para mejorar la calidad de vida de las personas con esta condición.

La utilización del sistema de elevación para el traslado de pacientes obesos tiene un impacto positivo en la autoestima y sensación de independencia del paciente. Al facilitar su movilidad y permitirles realizar actividades cotidianas con mayor facilidad, el equipo les brinda la oportunidad de sentirse más autónomos y capaces. El diseño, también permite que pueda adaptarse a cualquier tipo de espacio bien sea un centro de salud o una vivienda, además su capacidad de ser desarmable fácilmente permite que pueda almacenarse sin ocupar mucho espacio.

RECOMENDACIONES

Luego de delinear la problemática y proponer una solución a través de la definición de objetivos específicos, se presentan una serie de recomendaciones. La implementación de estas recomendaciones es fundamental para garantizar el uso adecuado del equipo, proteger la seguridad del personal y optimizar el rendimiento de este.

- No exceder el límite de peso máximo tomado en cuenta para el diseño, es decir 180 kg.
- Verificar que las ruedas traseras se encuentren bloqueadas por medio del freno antes de elevar al paciente para su traslado.
- Disponer de dos baterías en caso de presentarse una emergencia y que una este sin carga.
- Realizar los ajustes de seguridad asociados a la correcta colocación del arnés, verificando siempre que los brazos del paciente no queden aprisionados por las tiras.
- Durante el traslado del paciente, no conducir el equipo por superficies irregulares que la desequilibren e incluso puedan ocasionar su volcamiento.
- Revisar periódicamente las ruedas y elementos de sujeción (pernos y tornillos), para comprobar que están apretados y que no presentan desgaste.
- En caso de hallar algún componente metálico deteriorado, este se debe reemplazar inmediatamente.
- Engrasar periódicamente todas las partes del equipo en las que hay movimiento, lo que mejora su funcionamiento y evita el desgaste de las piezas por su uso diario.
- Evitar la acumulación de suciedad en el equipo.
- Maniobrar el diseño únicamente usando el asa de agarre. Nunca lo haga empujando el mástil, el brazo de elevación o al paciente.
- Realizar el traslado del paciente siempre con las patas del equipo en posición cerrada y con el brazo de elevación a una altura lo más baja posible.
- No dejar nunca al paciente solo mientras se encuentra suspendido.
- Examinar el arnés antes de su utilización para comprobar que no presente desgastes ni daños; además de acoplar correctamente el mismo a la percha. No utilizar ningún arnés que presente anomalías tanto en las correas de suspensión como en el propio cuerpo del arnés.

- No utilizar el equipo para otros fines que no sean los del traslado de pacientes.
- Revisar el estado de carga de la batería antes de usar el equipo.
- La batería está protegida contra la descarga total mediante una alarma de nivel de voltaje, el pitido de aviso de carga sonará cuando se encuentre en el límite de utilización de esta. No se debe ignorar esta alarma de advertencia.
- Revisar cuidadosamente todas las discapacidades y afecciones de los pacientes, puede ser necesario el uso de arneses distintos dependiendo de las mismas.
- Evitar dejar al paciente suspendido por tiempos prolongados ya que el dispositivo es para traslado mas no para el reposo de los pacientes.

Se recomienda de manera general realizar un mantenimiento preventivo regular del equipo, incluyendo inspecciones físicas periódicas, limpieza, lubricación y calibración puesto que el equipo es usado para el traslado de personas, ante el deterioro de alguno de sus componentes debe prescindirse de su uso para evitar causar lesiones al paciente o personal médico durante su uso.

REFERENCIAS

- Amaya Ríos, J. F., & Martos Flores, P. J. (2020). Diseño de una grúa de elevación y traslado de accionamiento hidráulico con capacidad máxima de 135 kg para adultos mayores en condición de discapacidad motriz, pertenecientes al hogar geriátrico san pedro claver en la ciudad de bogotá. Universidad Antonio Nariño.
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta edición. Editorial Episteme.
- Armisen. (2022). Cómo usar la grúa para pacientes. Armisen Care. <https://armisencare.com/como-usar-grua-para-pacientes/>
- Arráiz, F., & Goncalves, V. (2018). Diseño de un elevador de dos paradas para minusválidos, con una capacidad útil de 225 kg. Universidad Metropolitana.
- AyudaTecnia. (s/f). Grúa de bipedestación: ¿en qué se diferencia del resto? AyudaTecnia, el apoyo forma parte de la solución. <https://ayudatecnia.com/blog/grua-de-bipedestacion-en-que-se-diferencia-del-resto/>
- Ayudas Dinámicas (s/f). Grúa de bipedestación y traslado WAY UP. Ayudas Dinámicas, productos para una mayor independencia. <https://www.ayudasdinamicas.com/p/gruas-de-bipedestacion-y-traslado/grua-de-bipedestacion-o-cambia-panales-y-traslado-de-enfermos-way-up>
- Barboza Vilca, J. Y., & Rodríguez Cruz, L. D. (2012). Aplicabilidad de mecánica corporal y nivel de riesgo de posturas en movilización de pacientes por enfermeras de cuidados intensivos e intermedios de un hospital público, Chiclayo, Perú 2012. <http://www.index-f.com/para/n19/306d.php>
- Baxter Hillrom (s/f). Sistemas de rieles Free Standing. Baxter Hillrom. <https://www.hillrom.lat/es/products/free-standing-rail-systems/>
- Beer, F., DeWolf, J., Johnston, R., & Mazurek, D. (2015). Mecánica de materiales. 6ta edición. Mc Graw Hill.
- Bionity. (2023). La obesidad en la mediana edad aumenta el riesgo de fragilidad en la vejez. Bionity.com. <https://www.bionity.com/es/noticias/1179398/la-obesidad-en-la-mediana-edad-aumenta-el-riesgo-de-fragilidad-en-la-vejez.html>
- Buñi Jiménez, A. F., & Delpino Pérez, E. A. (2021). Diseño y simulación de un modelo de ascensor modular de fácil instalación en zonas residenciales en Valencia estado Carabobo. Universidad José Antonio Páez.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9na edición. McGraw Hill.
- Cauas (2006). Elementos para la elaboración y ejecución de un proyecto de investigación. Investigación en Ciencias Sociales. <http://www.ninvus.cl/>

- Complejo Asistencial de Palencia. (2009). Prevención de riesgos laborales - Movilización manual de pacientes. Fundacionsigno.com.
https://www.fundacionsigno.com/bazar/1/hpalencia_prl_movilizacion_manual_pacientes.pdf
- Damiani, L. F., (1997). Epistemología y Ciencia en la Modernidad: El traslado de la Racionalidad de las ciencias Físico-Naturales a las ciencias Sociales. Caracas. Edición FACES – UCV.
- Domínguez Hernández, C. (2004). Diseño y construcción de prototipo de grúa para manipulación y transporte de pacientes con disfunciones motrices totales o parciales. Escuela de ingeniería de Antioquia.
- Equipamientos tapia. (s/f). Grúa de baño. Equipamientostapia.es.
<https://www.equipamientostapia.es/archivos/productos/4802100grua%201.jpg>
- Equipo UCOM. (2021). 9 consideraciones medicas sobre la obesidad. Cirugía y Obesidad; UCOM - Unidad de Cirugía de la Obesidad y Metabólica.
<https://cirugiyobesidad.es/9-consideraciones-sobre-obesidad/>
- Esclerósis Múltiple Euskadi. (s/f). <https://www.esclerosismultipleuskadi.org/>
- Euroinnova Business School. (2022). Tipos de traslado de pacientes. Euroinnova Business School.
<https://www.euroinnova.edu.es/blog/tipos-de-traslado-de-pacientes>
- García, E., & Saavedra, R. (2019). Diseño y construcción de un equipo de bipedestación. Universidad de Carabobo.
- Gándara González, F. (2014). Herramientas de calidad y el trabajo en equipo para disminuir la reprobación escolar. Conciencia tecnológica.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. 6ta edición. McGraw-Hill.
- Hurtado, J. (2000). El proyecto de investigación. Instituto Universitario de Tecnología Caripito - Sypal.
- Hibbeler, R. (2011). Mecánica de Materiales. 8va edición. Pearson.
- Invacare. (s/f). Catalogo Invacare Eslingas. Invacare Corporation.
https://www.invacare.es/sites/es/files/csv_migration/product_docs/sales_docs/DSAL009819_8P%20Sling%20range_ES.pdf
- Import Aceros. (s/f). Catálogo de productos. Import aceros, somos importadores y distribuidores de material de acero y metalmecánica.
<https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/Catalogo-importaceros-2021-web.pdf>
- LINAK (s/f). Catálogo de productos. LINAK, we improve your life.
<https://www.linak-latinamerica.com/productos/>
- Manros. (s/f). Grúa mini blue flyer con arnés. Ortomanros.
<https://ortomanros.es/gruas-para-enfermos/1839-grua-mini-blue-flyer-con-arnes.html>

- Mangonon, Pat L. (2001). Ciencia de materiales: selección y diseño. 1era edición. Pearson Educación.
- Maploca, C.A. (s/f). Catálogo de productos: lamina de hierro. Grupo Maploca.
<https://maploca.com/productos/laminas#Laminas-Hierro-Pulido>
- Master medical. (s/f). Camilla de Trauma- Serie PK-8000. Master medical.
<https://mastermedical.mx/producto/camilla-de-trauma-pk-8000/>
- Medi Protech. (2018). Handi move mobile hoist 2600. Medi Protech.
<https://medi-protech.com/handi-move-mobile-hoist-2600/>
- Medicalexpo (s/f). Elevador de pacientes de pared CURATOR®. Virtualexpo group.
<https://www.medicalexpo.es/prod/aacurat-gmbh/product-71106-639108.html>
- Mundo Dependencia. (s/f). Grúas de Piscina para Discapacitados Móviles BLUPOOL. Mundodependencia.com.
<https://mundodependencia.com/gruas-de-piscina-para-discapacitados-moviles-blupool/>
- Navas Argüello, E. D. (2020). Desarrollo de un sistema grúa de techo para facilitar el traslado en el hogar de pacientes con distrofia muscular de Duchenne. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Norton, R (2011). Diseño de maquinaria. 4ta edición. Mc Graw Hill.
- Ordón Chitay, É. J. (2012). Técnicas de Movilización y Transferencias de Pacientes. eFisioterapia.
<https://www.efisioterapia.net/articulos/tecnicas-movilizacion-y-transferencias-pacientes>
- Ortopedia mimas. (2021). Como elegir el mejor arnés para grúa de traslado de enfermos y personas con discapacidad. Ortopedia mimas.
<https://www.ortopediamimas.com/blog-de-ortopedia/mejor-arnes-de-grua-para-enfermos/>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Obesidad y sobrepeso. Who.int.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Palella, S. & Martins, F. (2006). Metodología de la Investigación Cuantitativa. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Pavón Solano, L. S. (2016). Diseño y construcción de una grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz. Universidad Técnica Del Norte.
- Pérez, A. (2006). Guía Metodológica para Anteproyectos de Investigación. 3ra Edición. FEDUPEL
- S/T/S Medical. (s/f). Grúa de techo sobre carriles para pacientes. Stsmedical.com.
<https://www.stsmedical.com/211-grua-de-techo-hospitalaria-para-pacientes>
- Sociedad latinoamericana para la calidad. (2010). Diagrama de Causa y Efecto. Fundación Caminando Utopías para la inclusión digital y laboral.
<http://www.caminandoutopias.org.ar/contenidos/notas/editorial/causa.pdf>
- Smith Malizia, A. (2018). Diseño conceptual de plataforma de elevación para personal de mantenimiento de la UNIMET. Universidad Metropolitana.

- Suministros e instalaciones Carabobo, C.A. (s/f). Catálogo de productos siderúrgicos.
<https://www.suministroscarabobo.com/ima/catalogos/siderurgicos.pdf>
- Tamayo y Tamayo, M. (2007). El proceso de la investigación científica; incluye glosario y manual de evaluación de proyectos. 4ta. edición. Limusa.
- Tassoni, D. (2006). Elementos de máquinas. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniera.
- Tecnum. (s/f). Tecnum - Gruas Baño. Tecnum.net.
<http://www.tecnum.net/gruas.html>
- The Engineering ToolBox (2010). Factors of Safety – FOS. Engineering ToolBox.
https://www.engineeringtoolbox.com/factors-safety-fos-d_1624.html
- United Steel Industry. (2018). Tubo ASTM A500, Tubo estructural ASTM A500. United Steel Industry, Member of USI Group.
<https://www.united-steel.com/es/newsshow/363.html>
- Verswyvel, S. (2007). La silla de ruedas: construyamos una ciudad amable para personas en condición de discapacidad. Lider Productos Publicitarios.
https://books.google.co.ve/books/about/La_silla_de_ruedas.html?id=YavttgAACAAJ&redir_esc=y
- Villafranca, D. (2002). Metodología de la Investigación. FUNDACA
- Vilchez, N. (2016). Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniera.
- World Obesity Federation (2023). World Obesity Atlas 2023. World obesity day
https://www.worldobesityday.org/assets/downloads/World_Obesity_Atlas_2023_Report.pdf
- Winnicare (s/f). Catálogo de arneses. Winnicare Spain.
https://www.winnicare.es/pdf/catalogue_sangles_ES.pdf

APÉNDICES

APÉNDICE A



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA	
<ul style="list-style-type: none">• Indique su función dentro de la empresa• Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas• Responda de manera objetiva• En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario	

Nº	Guion de entrevista
1	Desde su experiencia en el área de la medicina ¿Qué dificultad implica el traslado de una persona con obesidad? Por ejemplo, de una camilla a una silla de ruedas, levantar a una persona obesa del piso, entre otras
2	En su opinión ¿Qué características considera necesarias para asegurar condiciones de comodidad por parte del paciente y personal médico en el uso de un sistema de elevación para personas obesas?
3	En función de su experiencia ¿Qué tipo de mecanismo de accionamiento considera adecuado para el diseño de un dispositivo de elevación para personas obesas? Considerando facilidad de uso, velocidades de ascenso y descenso, esfuerzo físico implicado
4	Desde su experiencia ¿Qué medidas de seguridad adicionales considera usted, se pueden implementar en el diseño para prevenir accidentes o lesiones durante su uso?
5	En su experiencia ¿qué tipo de arneses y correas son más cómodos y seguros para el traslado de personas?
6	A su juicio ¿Cómo se podría hacer funcional el dispositivo tanto para personas obesas como para discapacitados?
7	En su experiencia ¿cómo describiría la situación que se presenta en el traslado de pacientes obesos por parte del personal médico?

APÉNDICE B



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): Wilmer Sanz F.

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de Medicina Bariátrica e Ingeniería Mecánica, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: **Diagnosticar la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal**, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guion de entrevista y el formato de validación.

AUTOR:

Herrera Liscano, Leonardo José
C.I.: 26.364.533

TUTORA:

Rodríguez Aguirre, Yndira
C.I.: 11.547.002



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		

Fecha: 09/10/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	<i>Ing. Electricista Especialista en Docencia para la Educación Superior Magister Scientiarum en Instrumentación</i>
--	--



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): FREDY BARBASAXI

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de Medicina Bariátrica e Ingeniería Mecánica, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: **Diagnosticar la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal**, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

~

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guion de entrevista y el formato de validación.

AUTOR:

Herrera Liscano, Leonardo José
C.I.: 26.364.533

TUTORA:

Rodríguez Aguirre, Yndira
C.I.: 11.547.002



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
2	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
3	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
4	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
5	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
6	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
7	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		

Fecha: 09/10/2023

Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING. MECÁNICO ESP. EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL MSc. EN MANUFACTURA Y MATERIALES Dr. EN EDUCACIÓN
--	--



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): GIOVANNI PIZZELLA P

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de Medicina Bariátrica e Ingeniería Mecánica, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: **Diagnosticar la situación actual en cuanto al traslado de personas obesas en centros de salud a nivel nacional y estatal**, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industria y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guion de entrevista y el formato de validación.

AUTOR:

Herrera Liscano, Leonardo José
C.I.: 26.364.533

TUTORA:

Rodríguez Aguirre, Yndira
C.I.: 11.547.002



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	X			X		
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5	X			X		
6	X			X		
7	X			X		

Fecha: 09/10/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING MECÁNICO, HSC ING. MECÁNICA
--	---------------------------------

APÉNDICE C

CATALOGO COMERCIAL MARCOS PARA PUERTAS Y VENTANAS OCI-METALMECANICA, C.A.



[Inicio](#) [Productos](#) [Servicios](#) [Contáctanos](#)

Marcos para Puertas y Ventanas

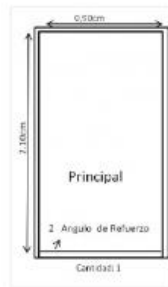


Marcos para Puertas y Ventanas en OCI-Metalmecánica son desarrollados con troquelería, proceso único para este rubro, destinados a la Gran Misión Vivienda Venezuela y al mercado de la construcción, con materia prima nacional de espesores

0,70, 0,90 y 1,10 mm de espesor de 1 y 2 batientes y medidas 70 cm, 80 cm y 90 cm de ancho o según requerimiento de los clientes.

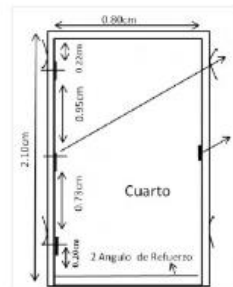
Acabado Superficial: Fondo anticorrosivo. Otros tipos de recubrimiento bajo especificaciones del cliente.

Marcos para Puertas y Ventanas a su Disposición:



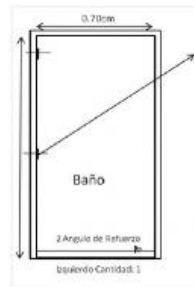
Marco para Puerta Principal
(Cant.: 1 Derecha)

Fabricación de marco metálico para puertas en paredes $e=15$ cm de una batiente calibre 18 según detalle en plano. Incluye aplicación de dos manos de fondo anticorrosivo. Dimensiones 2,10 m x 0,90 m.



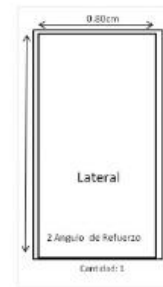
Marco para Puerta de Cuartos
(Cant.: 1 izquierda y 2 derecha)

Fabricación de marco metálico para puertas en paredes $e=10$ cm de una batiente calibre 18 según detalle en plano. Incluye aplicación de dos manos de fondo anticorrosivo. Dimensiones 2,10 m x 0,80 m.



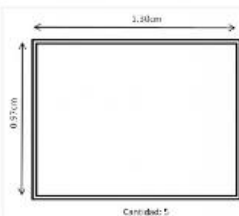
Marco para Puerta de Baños
(Cant.: 1 izquierda y 1 derecha)

Fabricación de marco metálico para puertas en paredes $e=10$ cm de una batiente calibre 18 según detalle en plano. Incluye aplicación de dos manos de fondo anticorrosivo. Dimensiones 2,10 m x 0,70 m.



Marco para Puerta Lateral: Cant.: 1 derecha)

Fabricación de marco metálico para puertas en paredes $e=15$ cm de una batientes calibre 18 según detalle en plano. Incluye aplicación de dos manos de fondo anticorrosivo. Dimensiones 2,10 m x 0,80 m.



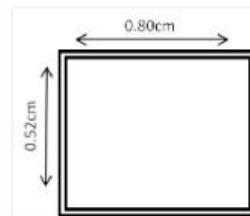
Marco para Ventana Principal
(Cant.: 5 pzas)

Fabricación de marco metálico para ventanas en paredes $e=15$ cm de una batiente calibre 18 según detalle en plano. Incluye aplicación de dos manos de fondo anticorrosivo. Dimensiones 0,97 m x 1,30 m.



Marco para Ventana de Cocina
(Cant.: 1 pza)

Fabricación de marco metálico para ventanas en paredes $e=15$ cm de una batientes calibre 18 según detalle en plano. Incluye aplicación de dos manos de fondo anticorrosivo. Dimensiones 0,40 m x 0,97 m.



Marco para Ventana de Baños
(Cant.: 2 pzas)

Fabricación de marco metálico para ventanas en paredes $e=15$ cm de una batientes calibre 18 según detalle en plano. Incluye aplicación de dos manos de fondo anticorrosivo. Dimensiones 0,80 m x 0,52 m.

APÉNDICE D

FICHA TÉCNICA RUEDA GIRATORIA SIN FRENO

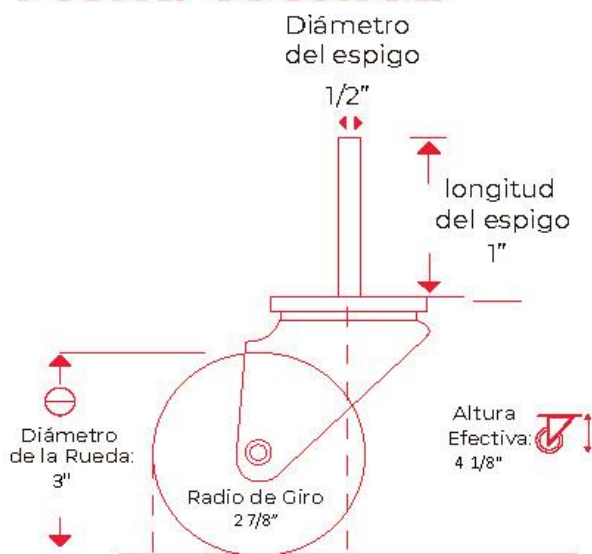


ROD 3-PG-023-E 1/2-F00/BP-3/8-PL-GR-TZ
Código: 7018450 - SERIE 23

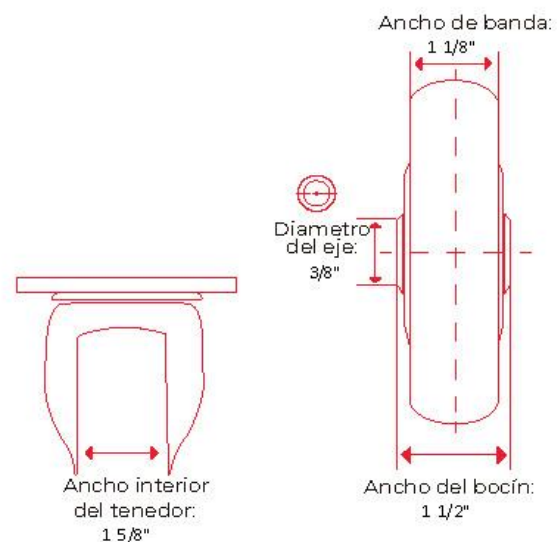
TAMAÑO TENEDOR	3"
MATERIAL DEL TENEDOR	Acero/ Galvanizado
FRENO	NO
MATERIAL DE LA RUEDA	Rin de PP/Banda de poliuretano
COLOR DE LA RUEDA	Rin gris/ Banda gris
CAPACIDAD DE CARGA kg	100
DUREZA DE LA BANDA	95 +/- 5 Shore A
SUPERFICIE DE LA BANDA	Plana
RODAMIENTO DE LA RUEDA	Balínера de Precisión
PROTECCION DEL PISO	Media
DIAMETRO DEL EJE DE LA RUEDA	3/8"
DIAMETRO DE LA RUEDA	3"
DIAMETRO DEL ESPIGO	1/2"
LONGITUD DEL ESPIGO	1"
ALTURA EFECTIVA	4 1/8"
RADIO DE GIRO	3 13/16"
LONGITUD DE LA PLATAFORMA	N/A
ANCHO DE LA PLATAFORMA	N/A
PERFORACIONES ANCHO	N/A
PERFORACIONES LARGO	N/A
RODAMIENTO DEL TENEDOR	esferas
ANCHO INTERIOR DEL TENEDOR	1 5/8"
ANCHO DE BANDA	1 1/8"
LONGITUD DEL BOCIN	1 1/2"
NUMERO DE LONAS	N/A
TIPO DE GRABADO	N/A



Ficha técnica



Todas las medidas son de referencia



FICHA TÉCNICA RUEDA GIRATORIA CON FRENO

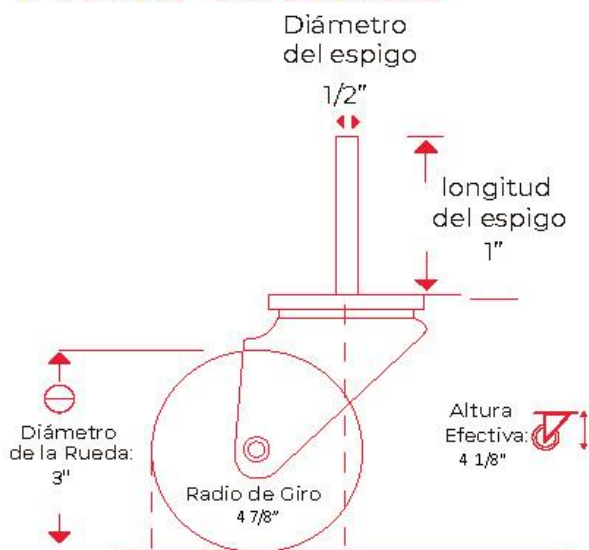


ROD 3-PG-023-E 1/2-FTO/BP-3/8-PL-GR-TZ
Código: 7018460 - SERIE 23

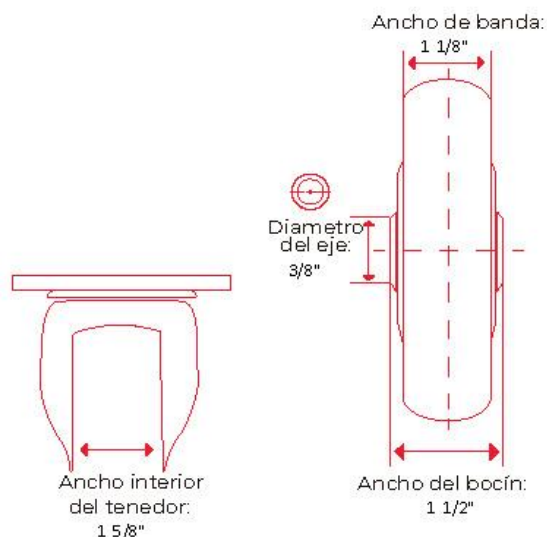
TAMAÑO TENEDOR	3"
MATERIAL DEL TENEDOR	Acero/ Galvanizado
FRENO	SI
MATERIAL DE LA RUEDA	Rin de PP/Banda de poliuretano
COLO R DE LA RUEDA	Rin gris/ Banda gris
CAPACIDAD DE CARGA kg	100
DUREZA DE LA BANDA	95 +/- 5 Shore A
SUPERFICIE DE LA BANDA	Plana
RODAMIENTO DE LA RUEDA	Báilnera de Precisión
PROTECCION DEL PISO	Media
DIAMETRO DEL EJE DE LA RUEDA	3/8"
DIAMETRO DE LA RUEDA	3"
DIAMETRO DEL ESPIGO	1/2"
LONGITUD DEL ESPIGO	1"
ALTURA EFECTIVA	4 1/8"
RADIO DE GIRO	3 13/16"
LONGITUD DE LA PLATAFORMA	N/A
ANCHO DE LA PLATAFORMA	N/A
PERFORACIONES ANCHO	N/A
PERFORACIONES LARGO	N/A
RODAMIENTO DELTENEDOR	esferas
ANCHO INTERIOR DELTENEDOR	1 5/8"
ANCHO DE BANDA	1 1/8"
LONGITUD DEL BOCIN	1 1/2"
NUMERO DE LONAS	N/A
TIPO DE GRABADO	N/A



Ficha técnica



Todas las medidas son de referencia



APÉNDICE E

PERCHAS COMERCIALIZADAS POR BAXTER INTERNATIONAL INC.

Liko SlingBars



LIKO™ UNIVERSAL SLINGBAR™ 450 (LSS393510) Max. load 300kg

Universal 450 is the sling bar that is appropriate in most cases and with most slings. It is the sling bar installed on most lifts on delivery (does not apply to Viking XL).



LIKO™ UNIVERSAL SLINGBAR™ 350 (LSS393480) Max. load 300kg

Universal 350 is ten centimetres narrower than Universal™ 450 and is commonly used for lifting children. For adults using an adult-sized sling in combination with Universal 350, the arms are held on the outside of the sling.



LIKO™ UNIVERSAL SLINGBAR™ 600 (LSS393540) Max. load 300kg

Universal 600 allows plenty of space for the upper body and is mainly intended for use with our Comfort Slings Plus™ Mod. 300/310 and 350/360, or with slings the intention of which is to overlap the leg supports, i.e. when both leg supports are placed in parallel under the patient's thighs, for example, when using the Amputee Sling™ Mod. 70/75.



LIKO™ UNIVERSAL TWINBAR™ 670 (LSS393560) Max. load 300kg

Universal TwinBar™ 670 is an appropriate model for large adults and for patients who want to alleviate pressure around their shoulders. TwinBar™ 670 is intended for use with slings with "crossed" leg supports, e.g. Soft Original HighBack Sling™ Mod. 26 or Universal Sling™ Mod. 00. Load must be applied to all four hooks during each lift.



LIKO™ SLINGBAR MINI™ 220 (LSS393460) Max. load 205kg

SlingBar Mini™ 220 is an especially small sling bar which has been developed mainly for patients who prefer to sit "snugly bound" in their sling. Normally, the reason is that the sling should be as tight as possible, so that it feels extra safe and secure.



LIKO™ SLING CROSS-BAR 450 (LSS393580) Max. load 300kg

Sling Cross-Bar 450 is a smaller four-point sling bar that enables a reclined sitting posture. Sling Cross-Bar 450 is most suitable for use in combination with high back or head support slings. It is symmetrical and is also recommended for use with small sling sizes. It is excellent in combination with Silhouette Sling™ Mod. 22, Soft Original HighBack Sling™ Mod. 26 in sizes medium and smaller. LiftPants™ Ambulation Support Mod. 92 works well together with Sling Cross-Bar 450.



LIKO™ SLING CROSS-BAR 670 (LSS393600) Max. load 300kg

Sling Cross-Bar 670 is a sling bar with four-point suspension. It is wide across the shoulders and provides a comfortable, reclined sitting posture. Cross-Bar 670 works best with slings with high back or head support, e.g. Universal Sling™, Mod. 00 and Soft Original HighBack Sling™ Mod. 26, both models in size medium or larger, and Comfort Sling Plus™ Mod. 300/310 and Comfort Sling Plus High™ Mod. 350/360, in all sizes. The Comfort Sling Plus High™ Mod. 350/360 together with Cross-Bar 670 is an excellent solution for patients who have undergone hip surgery or people with a limited ability to bend at the hips.



LIKO™ UNIVERSAL SIDEBARS™ 450 (LSS393630) Max. load 300kg

Universal SideBars™ are an alternative to Liko's Cross-Bars to achieve a four-point suspension. The SideBars are easily attached to and disconnected from a Universal SlingBar™. When loaded, the SideBars adapt to the sling, which usually means that they hang somewhat diagonally, thereby providing more space for the patient's shoulders. In combination with Comfort Sling Plus High™ Mod. 350/360, the SideBars are an excellent alternative for patients who have undergone hip surgery or people with a limited ability to bend at the hips. Universal SideBars are delivered together with a practical storage bag which can be hung on the wall or on a mobile lift.



APÉNDICE F

FICHA TÉCNICA ACTUADOR LA33

TECHLINE[®]
IMPROVING FLEXIBILITY

Linear Actuator LA33 Data Sheet



LINAK.COM/TECHLINE

LINAK[®] 
WE IMPROVE YOUR LIFE

Introduction

The actuator LA33 combines compact design and high power in a solution fit for use in industrial settings and for demanding applications that require customized interfaces, faster, silent operation or to work in rough and extreme environments.

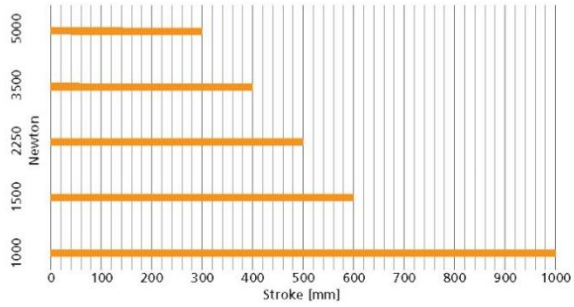
Features

- 12, 24 or 48 VDC permanent magnetic motor
- Maximum load from 500 N - 5,000 N depending on gear ratio and spindle pitch
- Maximum speed up to 70 mm/sec. depending on load and spindle pitch
- Stroke length from 100 to 600 mm (1000 mm with maximum 1000 N as special item)
- Heavy duty aluminium housing for harsh conditions
- Highly efficient acme thread spindle
- Protection class: IP66 for outdoor use (dynamic), furthermore the actuator can be washed down by a high pressure cleaner (IP69K – static)
- Hand crank for manual operation
- Integrated brake, high self-lock ability
- Endplay – 2.5 mm maximum
- Non rotating piston rod eye
- Built-in endstop switches
- Noise level: 73 dB (A) measuring method DS/EN ISO 8746 actuator not loaded
70 dB (A) measuring method DS/EN ISO 8746 actuator not loaded (Plastic gear)
- Self-lock (with shorted power cables)

Options in general

- Exchangeable cables in different lengths
- Adjustable magnetic sensors for Endstop Reached signals (code no. 1017031)
- Hall effect sensor
- IC options including:
 - IC (Integrated Controller)
 - IC with I/O
 - IC Integrated Parallel Controller
 - LIN bus communication and CAN bus communication (see CAN bus user manual)
 - Analogue or digital feedback for precise positioning
 - Proportional control
 - Endstop Reached
 - PC configuration tool

Load vs. stroke length

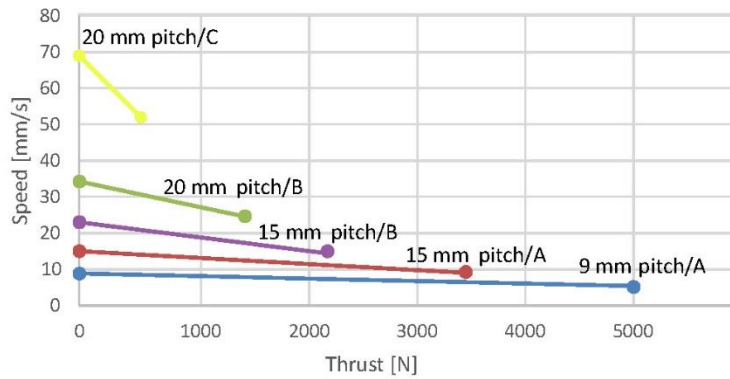


- For applications operating only in pull the limitations are 600 mm stroke and 5,000 N load
- 1000 mm with maximum 1000 N in push and 1500 N in pull available as special item. (For plastic gears there is no difference between push and pull loads).
- Safety factor 2

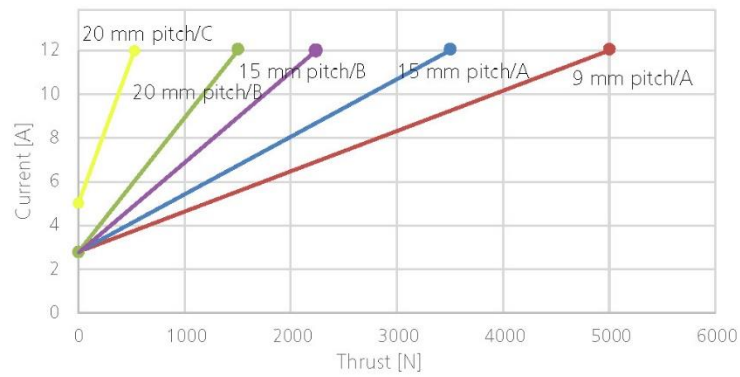
Speed and current curves 12 V

The values below are typical values and made with a stable power supply and an ambient temperature of 20° C.

LA33 12 V - speed vs thrust



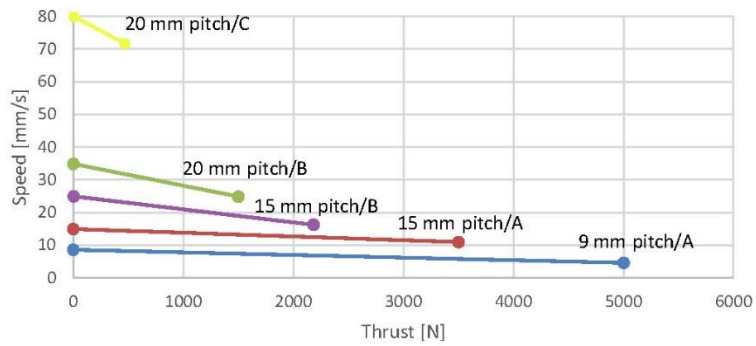
LA33 12 V - current vs thrust



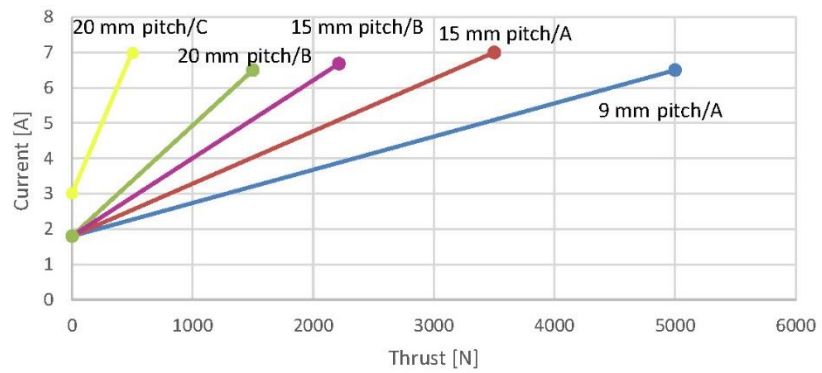
Speed and current curves 24 V

The values below are typical values and made with a stable power supply and an ambient temperature of 20° C. The performance is reduced at low temperatures (below -5° C).

LA33 24 V - speed vs thrust

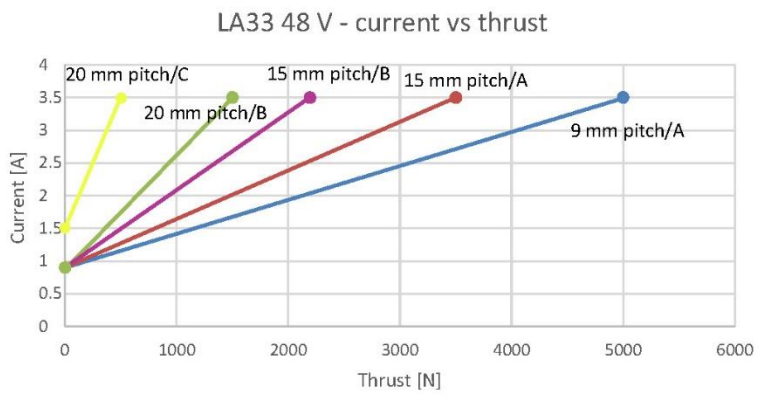
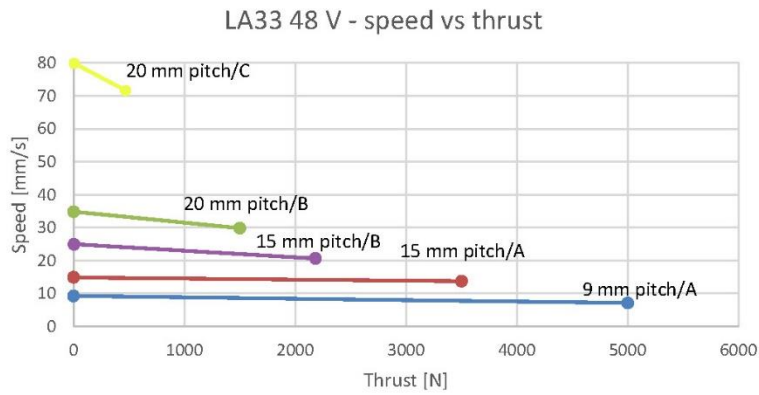


LA33 24 V - current vs thrust

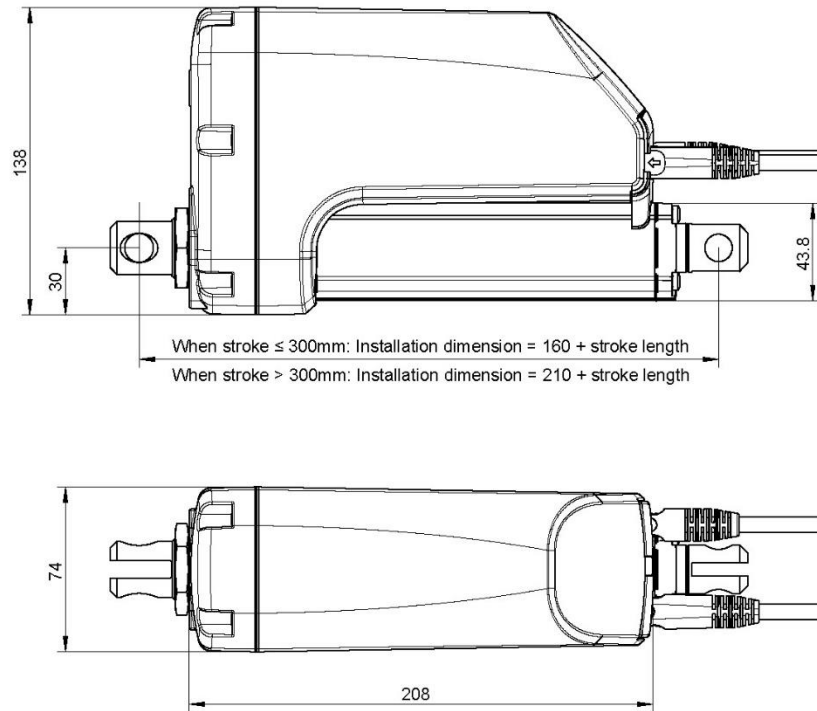


Speed and current curves 48 V

The values below are typical values and made with a stable power supply and an ambient temperature of 20° C. The performance is reduced at low temperatures (below -5° C).



Built-in dimensions:



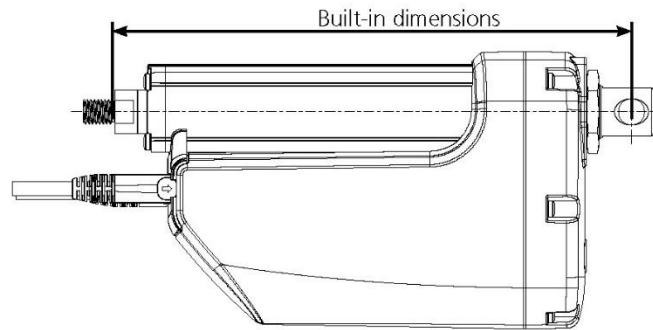
Stroke and built-in tolerances:

Endstop options	Descriptions	Stroke tolerance	Example for 200mm stroke	BID tolerance	Example for 360mm BID
All	With built-in limit switches or Integrated Controller	+/-2mm	198 to 202mm	+/- 4mm	356 to 364mm

Built-in dimensions:

Back fixture	Piston rod		"1 and A" / to the centre of the hole		"2 and B" / to the centre of the hole		"5" / from the surface		"C and D" / to the centre of the hole	
	Stroke <= 300	Stroke > 300	Stroke <= 300	Stroke > 300	Stroke <= 300	Stroke > 300	Stroke <= 300	Stroke > 300	Stroke <= 300	Stroke > 300
	160	210	160	210	157*	207*	171	221		

* These built-in dimensions are measured according to the illustration below.



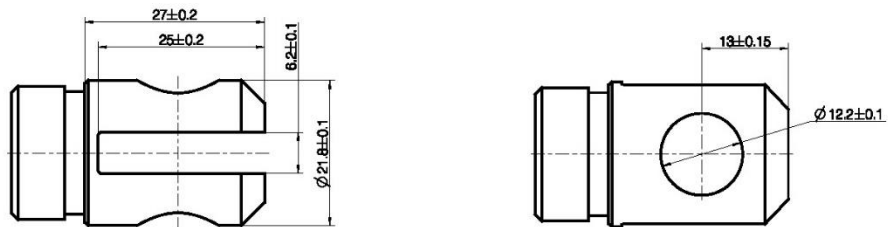
Piston Rod Eyes:

Please note, that when ordering AISI 304 piston rod eye and back fixture - stainless steel screws and nuts are not automatically included.

Option "1" and "A"

Piston 0331036, Zinc coated steel

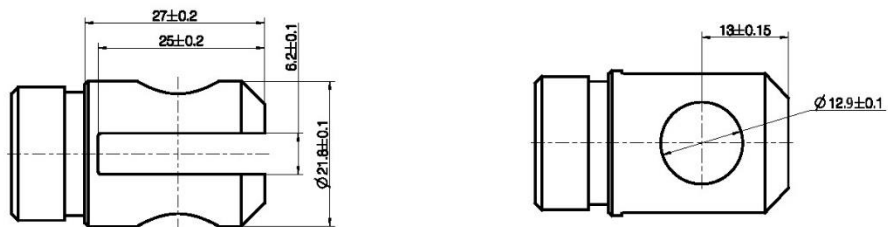
Piston 0331140, Stainless steel AISI 304



Option "2" and "B"

Piston 0331014, Zinc coated steel

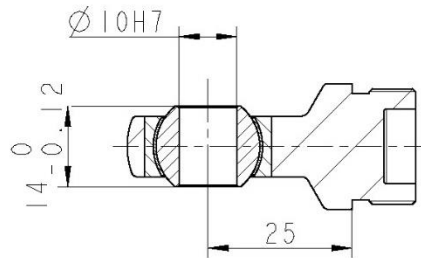
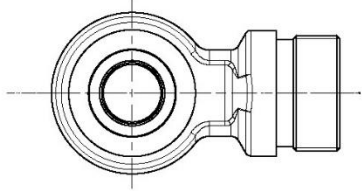
Piston 0331139, Stainless steel AISI 304



Piston Rod Eyes:

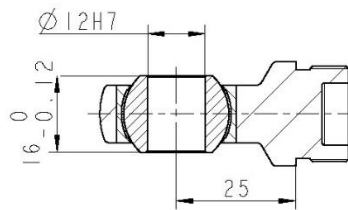
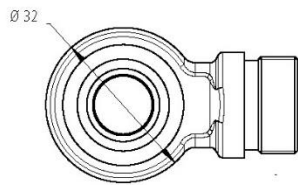
Option "C"

Piston 0351043, Stainless steel AISI 304



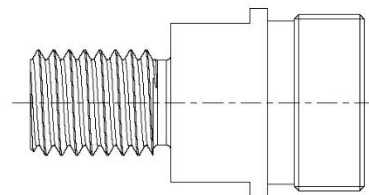
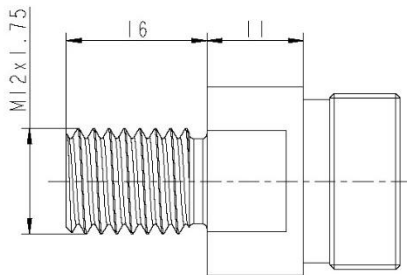
Option "D"

Piston 0351035, Stainless steel AISI 304



Option "5"

Piston 0231094, Stainless steel AISI 304



The Piston Rod Eye is only allowed to turn 0 - 90 degrees

Back fixtures:

Option "1" and "2"

LINAK P/N: 0331160, Zink coated steel

Option "A" and "B"

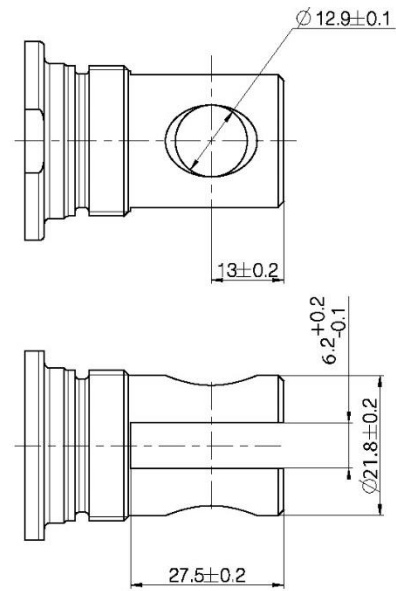
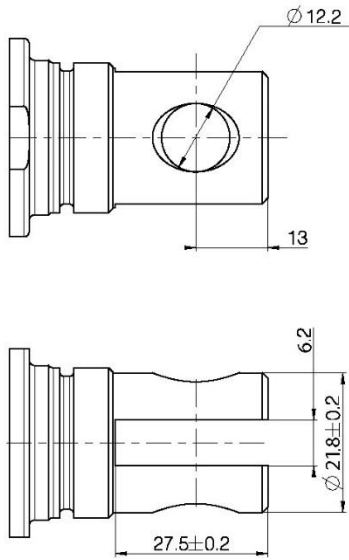
LINAK P/N: 0331158, Stainless steel AISI 304

Option "3"

LINAK P/N: 0331159, Zink coated steel

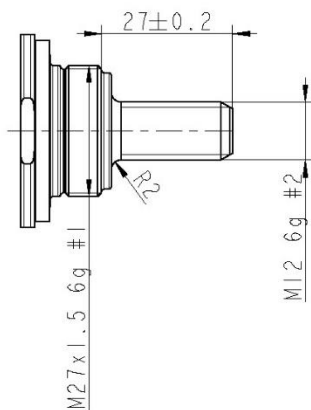
Option "C" and "D"

LINAK P/N: 0331157, Stainless steel AISI 304



Option "5"

LINAK P/N: 0331156, Stainless steel AISI 303



Back fixture orientation:



NB. All with tolerance of $\pm 4^\circ$

Manual Hand Crank

The manual Hand Crank can be used in the case of power failure.



The cover over the Allen Key socket must be unscrewed before the Allen Key can be inserted and the Hand Crank operated.

Hand Crank Torque: 6-8 Nm

Hand Crank rpm: Maximum. 65



- The power supply has to be disconnected during manual operation.
- If the actuator is operated as a Hand crank, it must only be operated by hand, otherwise there is a potential risk of overloading and hereby damaging the actuator
- Actuators with absolute positioning must be initialised after use of the manual hand-crank, because their positioning will be displaced when the power is disconnected
- After using the hand crank the ingress protection will be lower - even if the cover is properly mounted

APÉNDICE G

FICHA TÉCNICA BATERÍA LINAK BAL50

MEDLINE[®] CARELINE[®]
IMPROVING EFFICIENCY IMPROVING EFFICIENCY



Battery BAL50
Data sheet

LINAK.COM/MEDLINE-CARELINE

LINAK[®] 
WE IMPROVE YOUR LIFE

BAL50

The BAL50 Li-Ion battery pack is a part of the LIFT50 product series specially developed for patient lifts.

LIFT50 is a complete system consisting of the control box COL50, a battery BAL50 and an external charger CHL50 in a flexible solution. Combined with one or more actuators and a hand control, you have a complete system for modern patient lifts and sit-to-stand lifts.

The BAL50 is a next generation Li-Ion battery technology for high performance and improved return on investment (ROI) due to long lifetime. Packaged in a light, small and ergonomic package for fast and single-handed battery exchange.

The environmental footprint of lithium ion batteries is low due to less waste as only one battery is to be scrapped instead of previously 5 batteries. This also means that less transportation is necessary because of the lower battery weight which is only half the weight of lead acid batteries.



Feature highlights:

- LINAK Li-Ion battery
- Small and light-weight in an ergonomic package for fast and single-handed battery exchange.
- Readily available emergency stop – Brand new concept
- Li-Ion batteries will give you much faster return on investment (ROI)
- IPX6 Washable

Features and options:

- Capacity: 2.85 Ah
- Weight: 0.9 kg
- Cycles per charge (lifts/lowerings): Approx. 40 cycles*
- Charging time (approx.): 4 hours
- Chemistry: NMC
- Energy: 73.25 Wh
- Voltage: 25.70 V
- IP rating: IPX6 Washable**
- Colour: Signal white RAL 9003

* Number of lifts and lowerings with a fully charged battery under the following conditions: Normal speed (COL50 and LA44), thrust up to 6,000 N
Stroke: S = 200 mm. The actuator does not reach the end position at any time.

** IPX6 Washable can only be guaranteed if a minimum interval of 24 hours between each wash is observed.

Usage:

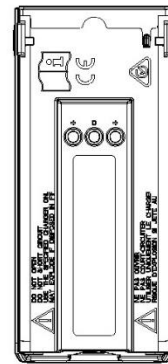
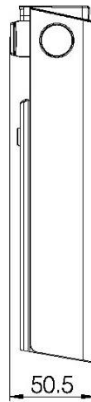
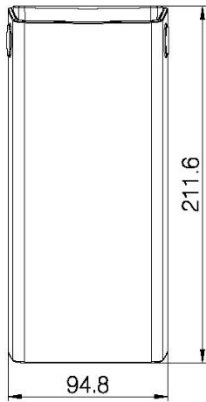
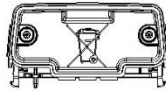
- Compatibility: COL50 and CHL50
- Duty cycle: Max. 10% (or 2 min. continuous use followed by 18 min. without use) at max. discharge current (10 A)
- Charging: Via external wall charger CHL50 or via COL50 with integrated charger
- Charging state: Maximum 30% when shipped from LINAK
- Recharging during storage: First recharge of the battery must be no later than 12 months after production date stated on the label. Hereafter the battery must be recharged at least every 12 months.
- Operating temperature: +5 °C to +40 °C
- Charging temperature: +5 °C to +40 °C
Charging at elevated temperatures can impact the charging time
- Charging time: Approx. 4 hours
- Storage temperature: +10 °C to +40 °C (+10 °C to +25 °C recommended) The batteries must be stored in an applicable storage room without direct sunlight.
- Relative humidity: 20% - 80% – non-condensing
- Atmospheric pressure 700 to 1060 hPa
- Meters above sea level: Max. 3000 meters
- Approvals: IEC 60601-1
ANSI/AAMI ES60601-1
CSA CAN/CSA-C22.2 NO. 60601-1
IEC 60601-2
IEC62133-2

**Ordering example
BAL50**



Remark: NMC = LiNiMnCoO2 = Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide

Dimension drawing



Drawing no.: 1039w4000

APÉNDICE H

FICHA TÉCNICA LINAK CHL50

MEDLINE[®] CARELINE[®]
IMPROVING EFFICIENCY IMPROVING EFFICIENCY



Charger CHL50
Data sheet

LINAK.COM/MEDLINE-CARELINE

LINAK[®] 
WE IMPROVE YOUR LIFE

CHL50

The CHL50 charger is an important part of the LIFT50 family. It functions as a wall charger when mounted on the wall, but also as a more mobile charger simply placed horizontally on its back on any surface.

The CHL50 is equipped with universal power input for worldwide use and is provided with very visible charging indicators.



Features and Options:

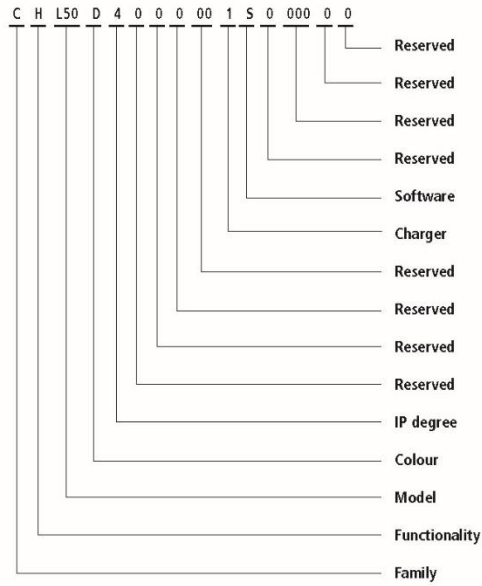
Functional and elegant design with ergonomic battery handling

- Charging time BAL50 battery pack: Approx. 4 hours
- Mains voltage: 100-240 VAC/50-60 Hz
- LED indication: Visible LED indicators
- Charging current: Approx. 650 mA
- Protection class: IPX4 (only when mounted vertically)
- Colour: Signal white RAL 9003
- Mains cable: Exchangeable mains cable

Usage:

- Usage temperature: +5 °C to 40 °C
- Storage temperature: -10 °C to 50 °C
- Relative humidity: 20% to 80% - non-condensing
- Atmospheric pressure: 700 to 1060 hPa
- Height above sea level: Max. 3000 meters
- Nominal current draw: Max. 350 mA
- Power consumption (standby): < 0.5 W
- Power consumption (charging): Max. 25 W
- Approvals: IEC 60601-1
ANSI/AAMI ES60601-1
CAN/CSA-22.2 No. 60601-1
IEC 60601-1-2
PSE

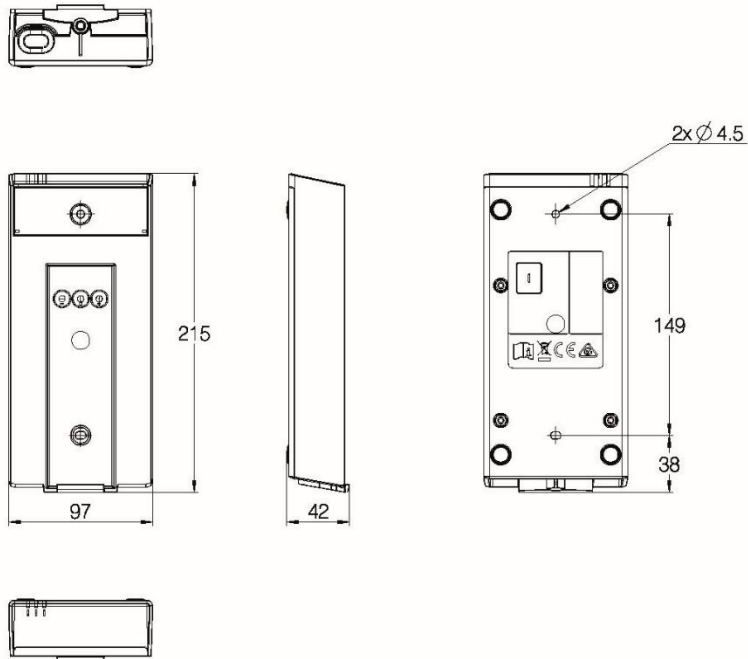
Ordering example
CHL50



S = Standard software
1 = Internal 100-240VAC +15%/-10%


4 = IPX4
D = Signal White RAL 9003
L50 = LIFT™ 50 series
H = Charger
C = Control Box

Dimension drawing





Drawing no.: 1039W4001

APÉNDICE I




Nuevo | 1 vendido

Tubo Estructural 40x40 3mm 
6mts

U\$S 25 
Bs. 903,25


[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Valencia (Valencia), Carabobo
[Ver formas de entrega](#)


Cantidad: **1 unidad**  (3 disponibles)


[Comprar ahora](#)

Vendido por [ACEROINDUSTRIAL AINCA](#)
+100 ventas




Nuevo | 2 vendidos

Tubo Estructural 80 X 40 X 
2.5mm X 6mts

U\$S 37 
Bs. 1.336,81


[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Mun. Libertador (Noreste), Distrito Capital
[Ver formas de entrega](#)


Cantidad: **1 unidad**  (2 disponibles)


[Comprar ahora](#)

Vendido por [INVERSIONES020216](#)
MercadoLider | +1000 ventas




Nuevo | 2 vendidos

Lamina De Hierro 3mm 

U\$S 50 
Bs. 1.806,50

[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Mun. Libertador (Oeste), Distrito Capital
[Ver formas de entrega](#)

Cantidad: **1 unidad**  (98 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Vendido por [HIERROVENTAS 2022](#)
+100 ventas

APÉNDICE J



Nuevo

Qtqgoitem Maquinaria Tornillo Roscado M10 X 20 Mm Perilla 46

U\$S 34 

Bs. 1.228,42

[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor

Guacara (Guacara), Carabobo

[Ver formas de entrega](#)

Cantidad: 1 unidad  (10 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Vendido por VANESSALAU2010
+25 ventas



Nuevo

Manija Sujecion Gripandl Perilla Tornillo M6 Roscado Forma

U\$S 28⁸⁰ 

Bs. 1.040,54

[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor

Guacara (Guacara), Carabobo


[Ver formas de entrega](#)

Cantidad: 1 unidad  (10 disponibles)


[Comprar ahora](#)

Vendido por YISNET
+100 ventas


APÉNDICE K




Nuevo | +5 vendidos

Rueda Giratoria Espiga 3cm 

Rueda 3 PLG Continenta Industrial


5.0  (3)

U\$S 5 

Bs. 180,65


[Ver los medios de pago](#)


Envío gratis a todo el país
Mun. Libertador (Noreste), Distrito Capital
[Ver formas de entrega](#)

Cantidad: **1 unidad**  (898 disponibles)


Comprar ahora

Vendido por **ZIO Empresas**
MercadoLíder | +10mil ventas


 30 días de garantía de fábrica.



Nuevo

Rueda Pivotante Industrial 

Poliuretano C Freno 4 PuLG M12

U\$S 10 


Bs. 361,30

[Ver los medios de pago](#)

Envío gratis a todo el país
Pto. La Cruz, Anzoátegui
[Ver formas de entrega](#)

¡Última disponible!

Comprar ahora

 Tienda oficial **Herramientas certificados**
+5mil ventas

APÉNDICE L



¿Alguna duda?
955 973 107
Lunes a Viernes
09:00 a 19:00 h

 Carrito
0,00 €

-6,00 €





Percha SlingBar

Referencia: 70200001

Desde: 252,00 €
(Impuestos incluidos)

★ ★ ★ ★ ★
8/10

Ver 1 opinión del producto

En este momento 3 personas están viendo este producto

Sling Bar es una percha de aluminio de dos puntos, para usar con las grúas de traslado. Está disponible en tres medidas.

Ver las especificaciones técnicas

Opciones de producto


TALLAS *Requerido

Selecciona TALLAS


*Para otros accesorios o repuestos, consúltanos.

258,00 €
252,00 €
(Ahorra 6,00 €)


Cantidad



Tu espacio de Salud

 669 258 648

BAÑO
HOGAR
MOVILIDAD
REHABILITACIÓN
PARAFARMACIA
PEDIATRÍA
ESPECIALES XXL
OUTLET



Arnés UNIVERSAL ESTANDAR Invacare

75,00 €

Impuestos incluidos

~~125,00 €~~ -50,00 €

Arnés UNIVERSAL STANDARD Invacare

Características:

Dorso lumbar con piernas separadas.

Este arnés sujeta todo el cuerpo incluyendo los hombros, sin embargo, debe ser utilizado en pacientes que tengan control de cabeza.

El arnés puede ser utilizado en transferencias para o desde una posición sentada siendo muy fácil su colocación.

Este arnés tiene, a la altura de la espalda, un segmento reforzado para asegurar una mejor distribución del peso y comodidad del usuario.

Tallas: (Color filo según talla):

Talla S: Naranja. Ref 1485882-60124089

Talla M: Amarillo. Ref 1485883-60124090

Talla L: Azul. Ref 1485884-60124091

Talla XL: Negro. Ref. 1485885-60124092

Talla

Talla S


1

+

-

Añadir al carrito

APÉNDICE M



Pasa el cursor por encima para ampliar

Actuador lineal barco Linak 330206-00 | LA33 18 1/4 pulgadas 3500N 24V 9A

ver título original

Estado: **Nuevo**

Cantidad: 4 disponibles

Precio: **USD370,63**
Aproximadamente 339,79 EUR
 Costaba ~~USD416,44~~
 Ahorra USD45,81 (11% de descuento)

¡Cómpralo ya!

Añadir a la cesta

Añadir a la lista de seguimiento

Envío: **No se realizan envíos a Venezuela. Ver detalles**
Ubicado en: Pleasant Prairie, Wisconsin, Estados Unidos

Entrega: **Variable**

Devoluciones: **No se aceptan devoluciones. Ver detalles**

Pagos:

Compra con confianza

Garantía al cliente de eBay

Si no recibes el artículo que has pedido, te devolvemos el dinero.

[Más información](#)

Información del vendedor

greatkessKipper (184328)

99,7% de votos positivos

[Guardar vendedor](#)

[Ver otros artículos](#)

[Contactar con el vendedor](#)

[Visitar tienda](#)

Registrado como vendedor profesional

¿Quieres vender uno? [Véndelo tú mismo](#)

Inicio > REPUESTOS > Repuestos GRÚAS MÓVILES > PAR de baterías de repuesto para caja LINAK BAJ1

OFERTA



PAR de baterías de repuesto para caja LINAK < > BAJ1

Par de baterías de repuesto para caja de baterías LINAK BAJ1

Para equipo JUMBO de grúas de pacientes
solamente las baterías sueltas
abra la caja y cambielas usted mismo.

49,62 € (impuestos inc.)

Referencia:


[Favorito 0](#) [Añadir para comparar 0](#) [A lista de deseos](#)

- 1 +

Añadir al carrito

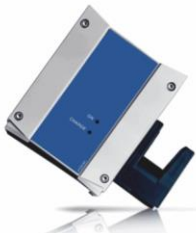
También le pueden interesar estos productos

0 sugerencias



EN € Eur

Spare Parts Medical Products Disposables Battery Technology Chemicals
About MSP



Linak

Linak CHJ2 Jumbo Charger SLA 24V/DC 650mAh EU

Product number: MSP-C-LN-00104
 Manufacturer: Linak
 Replaces OEM Product Number: CHJ2
 EAN/GTIN: 8719925310836
 See all specifications

incl. VAT **€205.64**
 Excl. VAT **€169.95**

Suited for region

AUS EU UK **USA**

- 1 + Add to shopping cart

Shipping within 24h

Important information

APÉNDICE N

ortoplanet BUSCAR PRODUCTOS Mi cuenta

MOVILIDAD - GRÚAS PARA ENFERMOS BAÑO Y ASEO PERSONAL - LESIONES Y REHABILITACIÓN - HOGAR Y DESCANSO - DEPORTE Y ELECTROMEDICINA - ANTIESCARAS - 0,00€

Qué es Ortoplanet | Cómo comprar | Financia tus compras | Formas de pago | Envío gratuito | IVA súper reducido | Blog | Contacto

Inicio / Movilidad / Grúas para enfermos / Grúa de bipedestación y elevación Liftey Duo



Grúa de bipedestación y elevación Liftey Duo

1.468,00€ ~~1.759,00€~~

ENVÍO GRATIS PENÍNSULA
 Disponible en: 48/72 horas
 Garantía 2 años | 15 días de devolución (+Info)

- 2 en 1 grúa de elevación y elevación
- Ideal para uso doméstico
- Sólo 52 cm de ancho
- Muy segura y fácil de usar
- Gran relación calidad precio

alma 3x
 489,34 € hoy, después 2 mensualidades de 489,33 € (sin intereses)

Arnés universal de elevación talla M
 (+120,70€)

Arnés universal de elevación talla L
 (+120,70€)

1x Grúa de bipedestación y elevación Liftey Duo 1.468,00€

Subtotal 1.468,00€

SOLUCIONES DIARIAS AYUDAS TÉCNICAS Bienvenido, Identificate MI CUENTA Carrito: 0,00 €

MOVILIDAD Y TRANSPORTE ASEO E HIGIENE CAMAS Y MOBILIARIO VIDA DIARIA TEXTIL Y ANTIESCARAS REHABILITACIÓN Y SALUD PEDIATRÍA PROFESIONAL

MOVILIDAD Y TRANSPORTE GRÚAS ELÉCTRICAS GRÚAS ELÉCTRICAS Grúa de Techo Portátil Sin Instalación Voyager - Sunrise Medical

Grúa de Techo Portátil Sin Instalación Voyager - Sunrise Medical Model VOYAGER



Ver más grande

Voyager constituye una solución única en grúas de techo portátiles para el hogar, residencias de ancianos y hospitales. Ya sea para su uso continuado en casa, emergencias o soluciones provisionales, o en los casos en que una grúa fija de techo no es adecuada.

*** Arnés no incluido

¡Llámenos y consulte nuestro Stock y Ofertas Especiales!

2 900,00 €

o solo **283,66 €/mes** en 12 cuotas **SEGURO**
 Coste único incluido de 42,00 € por cuota

¡GASTOS DE ENVÍO GRATIS!

ENVÍO GRATIS **2 AÑOS DE GARANTÍA ESPAÑOLA** **PRECIO MÍNIMO GARANTIZADO**

Opciones de Producto

Opciones de Entrega
 Entrega en Portal

2 900,00 €

Cantidad:

Añadir al carrito

Grúa de elevación para grandes pesos Liftey 320

4.081,00€

ENVÍO GRATIS PENÍNSULA

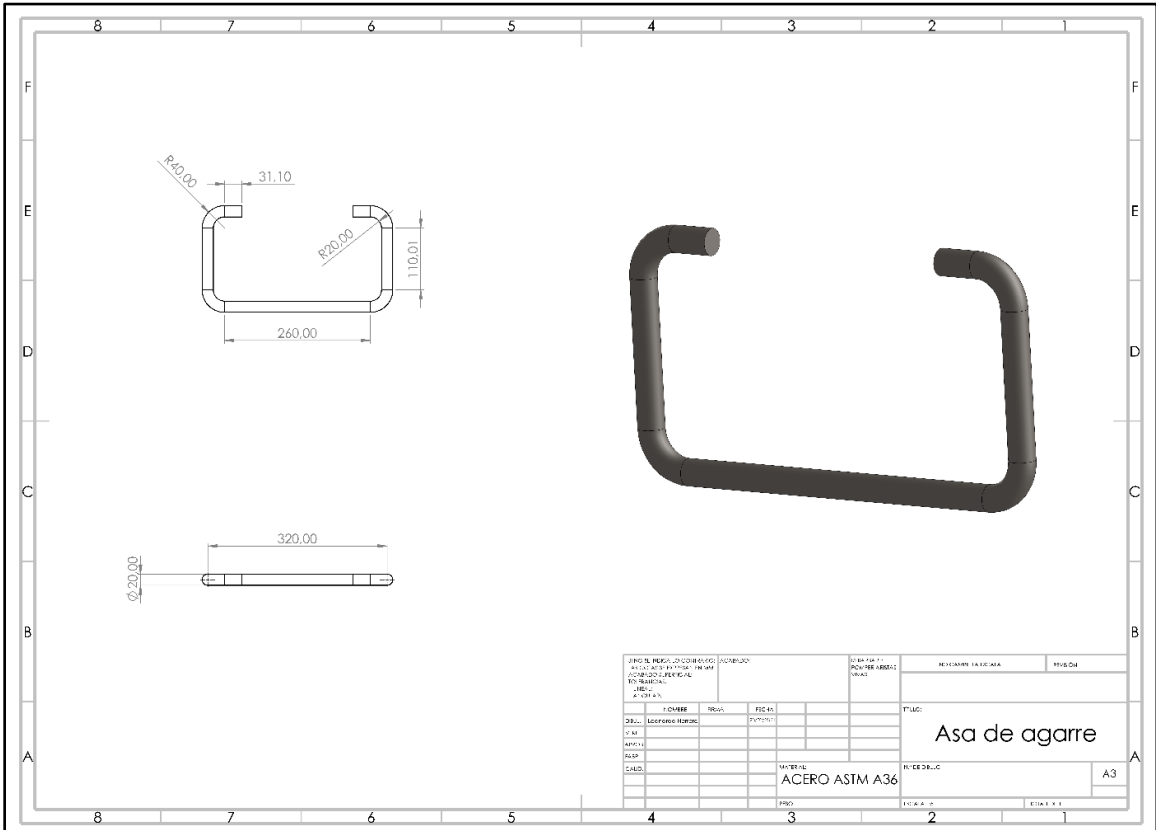
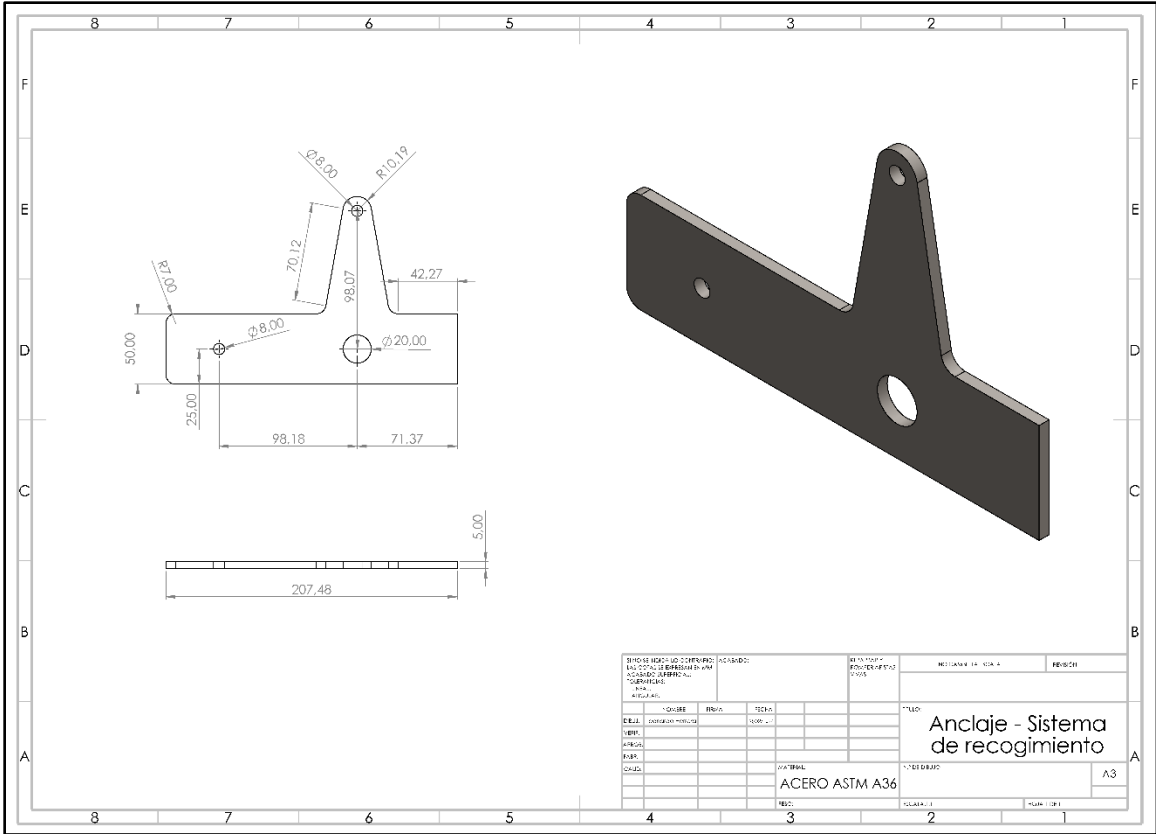
Disponible en: 48/72 horas

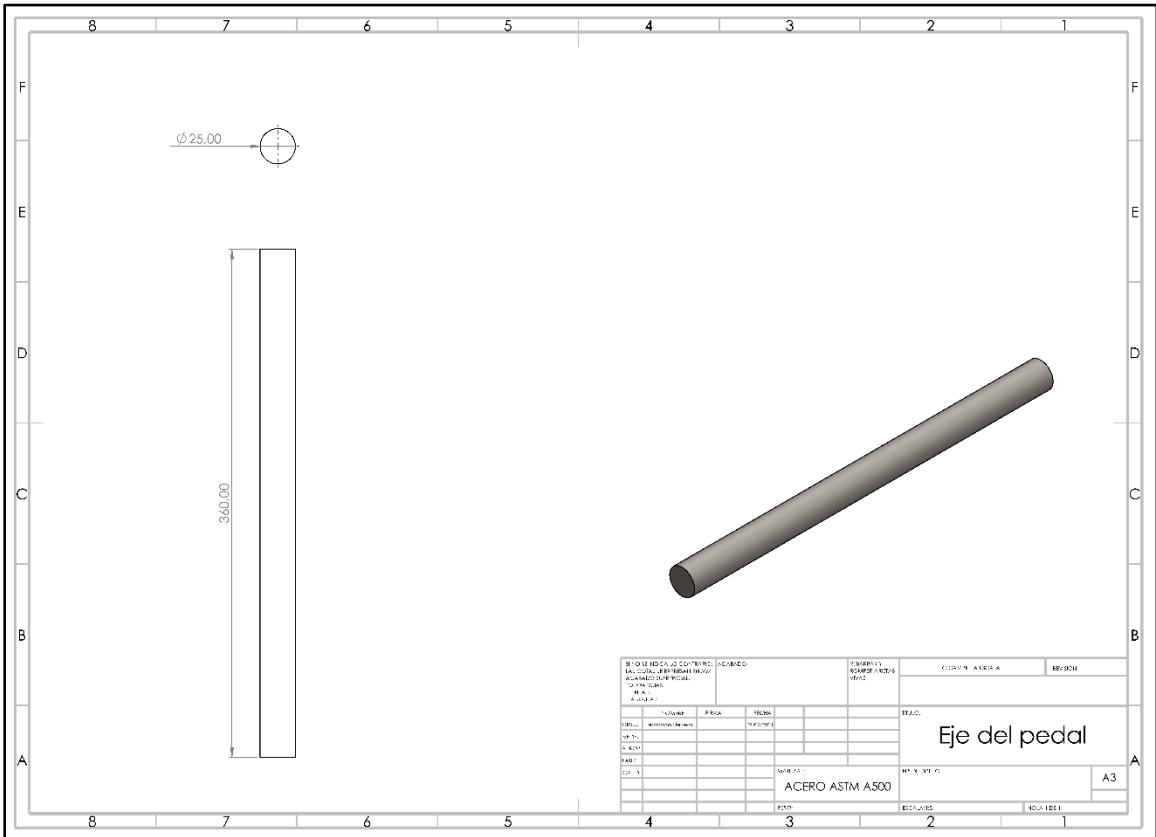
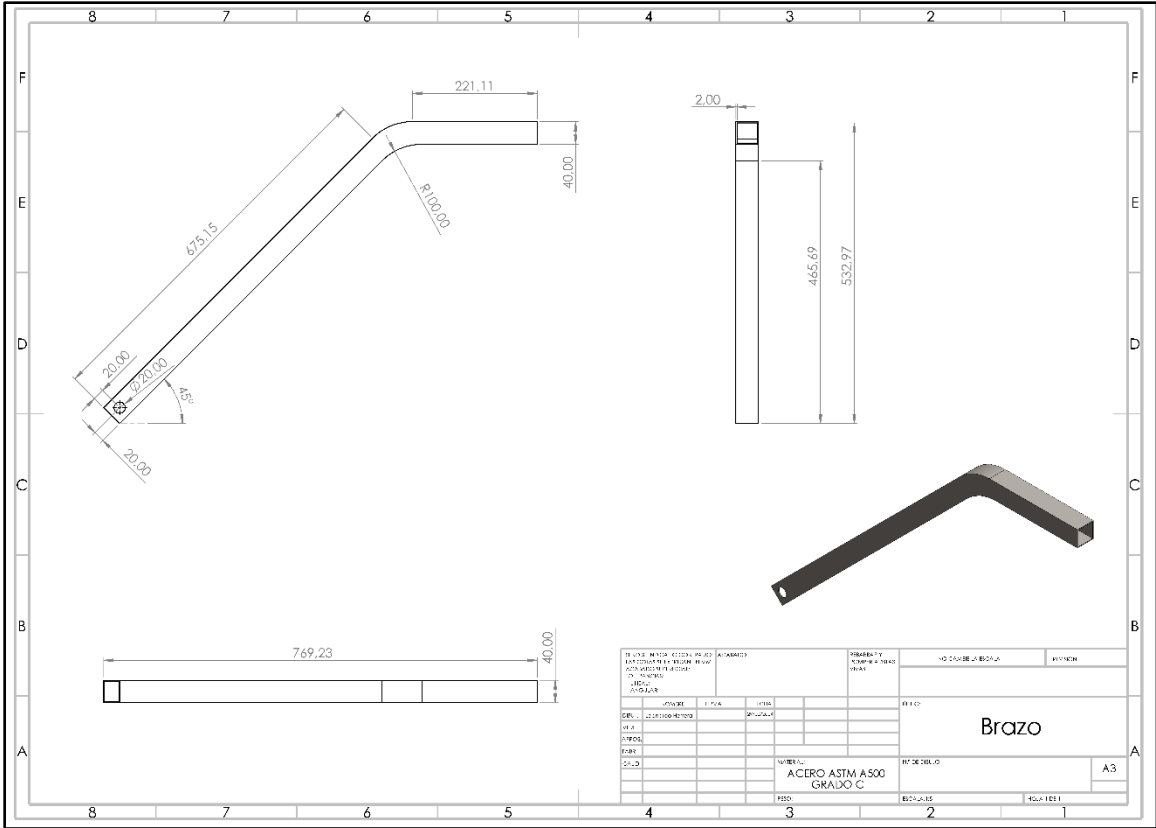
Garantía 2 años | 15 días de devolución (+info)

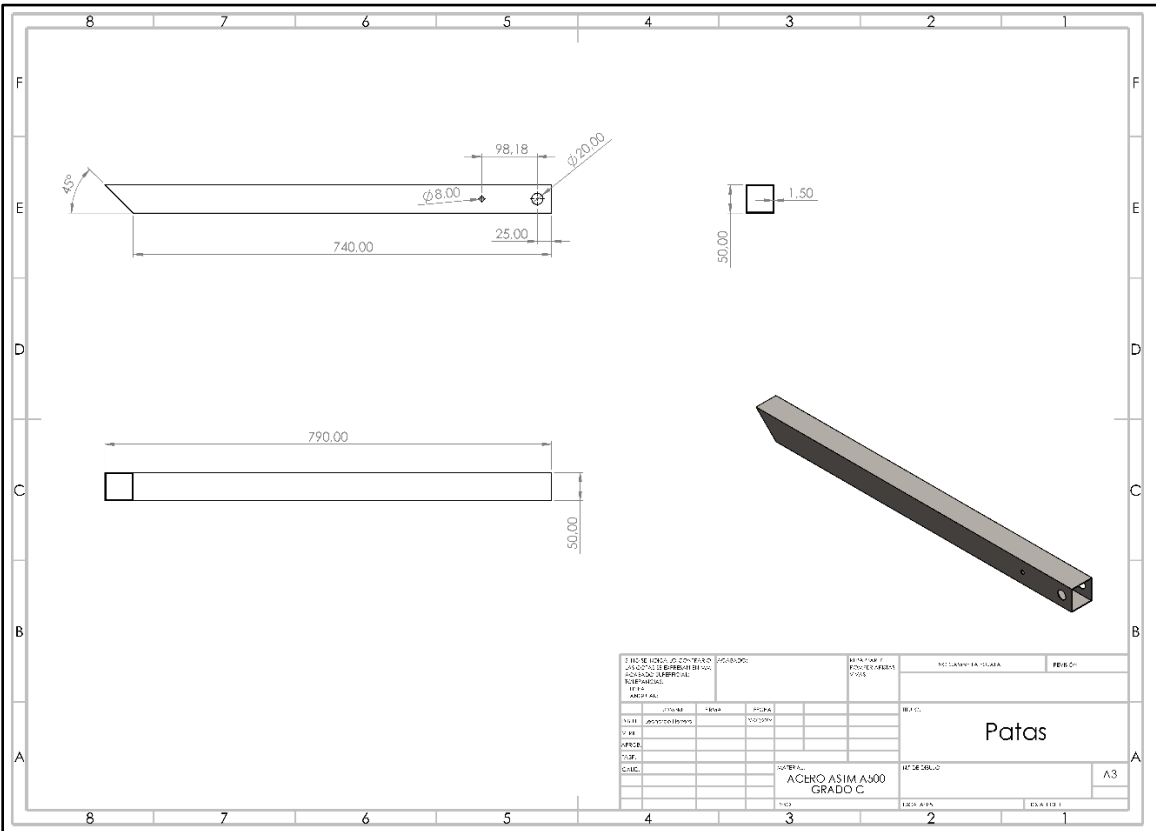
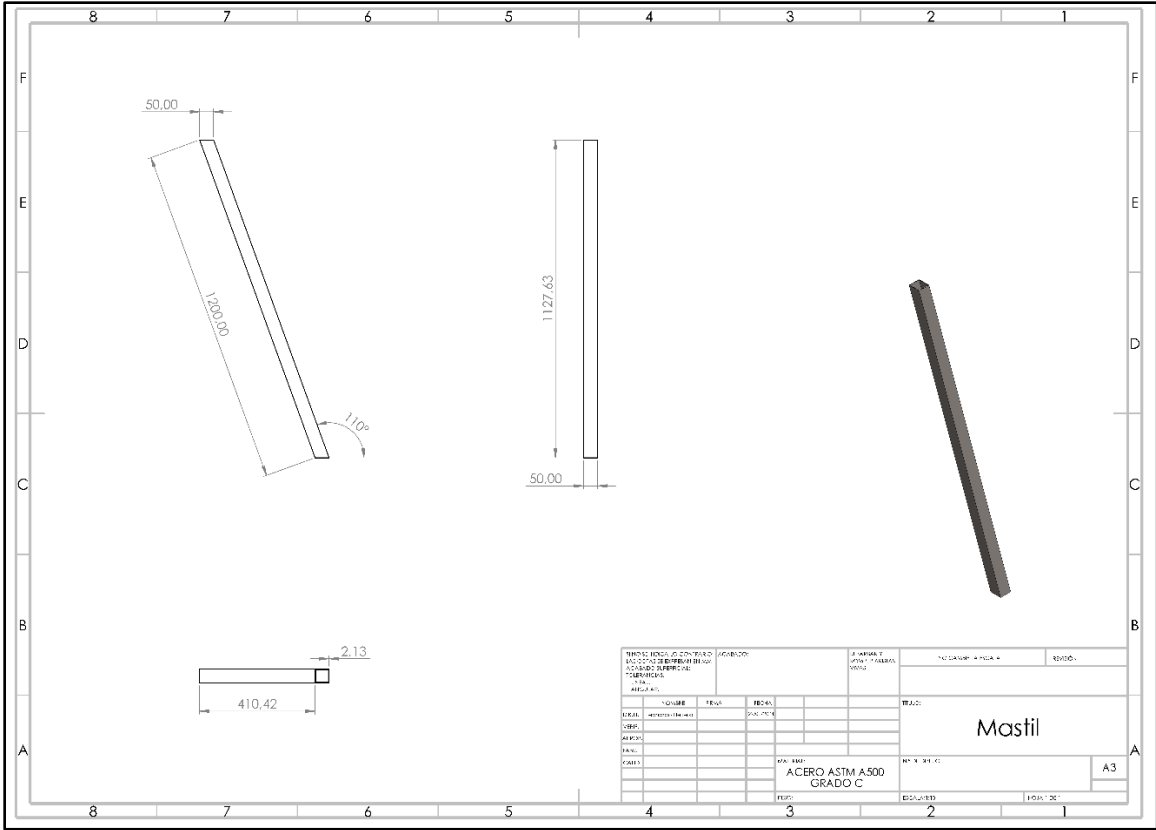
- Especial para residencia y centros sanitarios
- Eleva pacientes de hasta 320 kg
- Fabricada en aluminio de alta calidad y resistencia
- Muy económica y fácil de usar

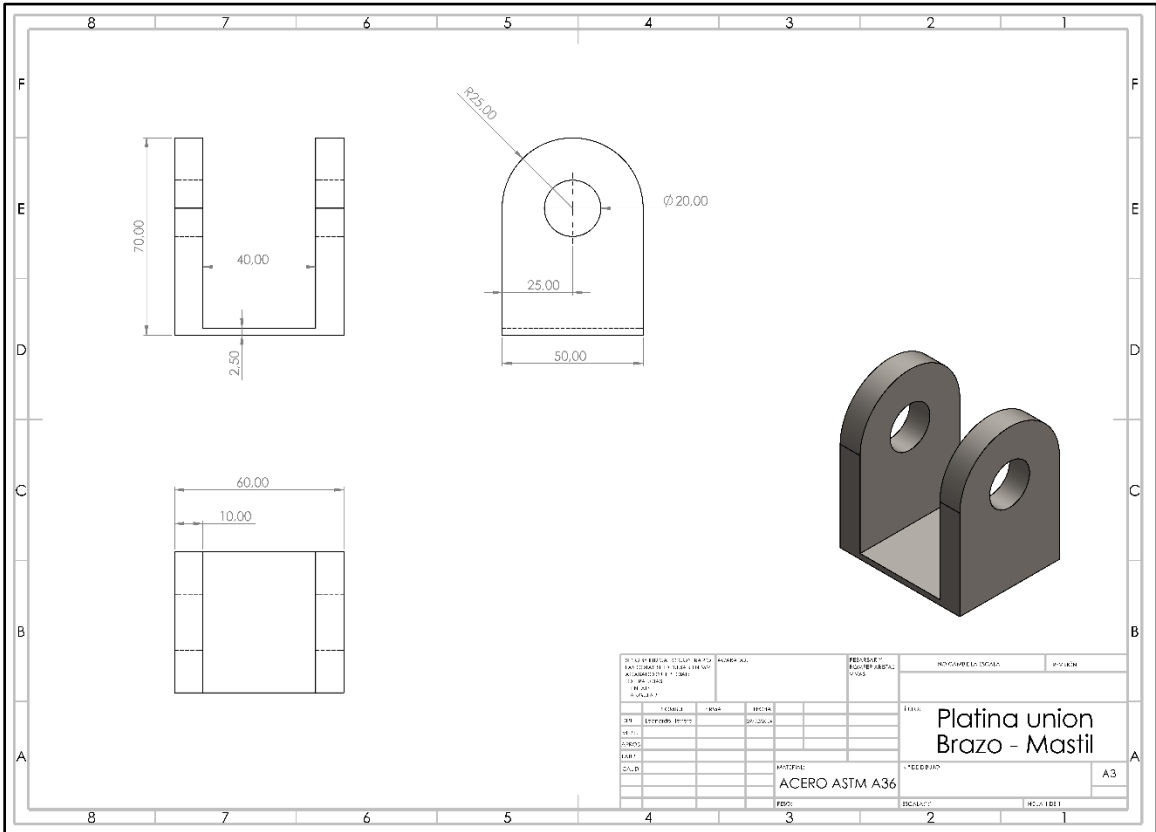
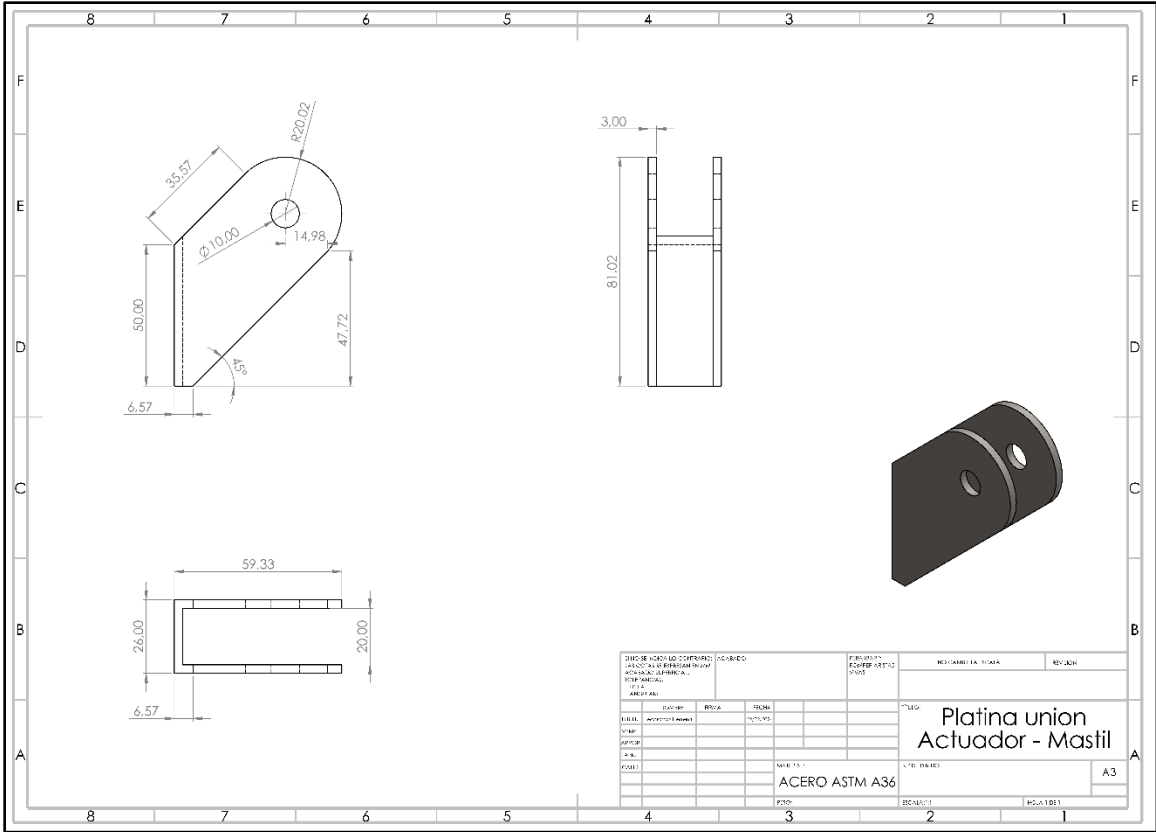


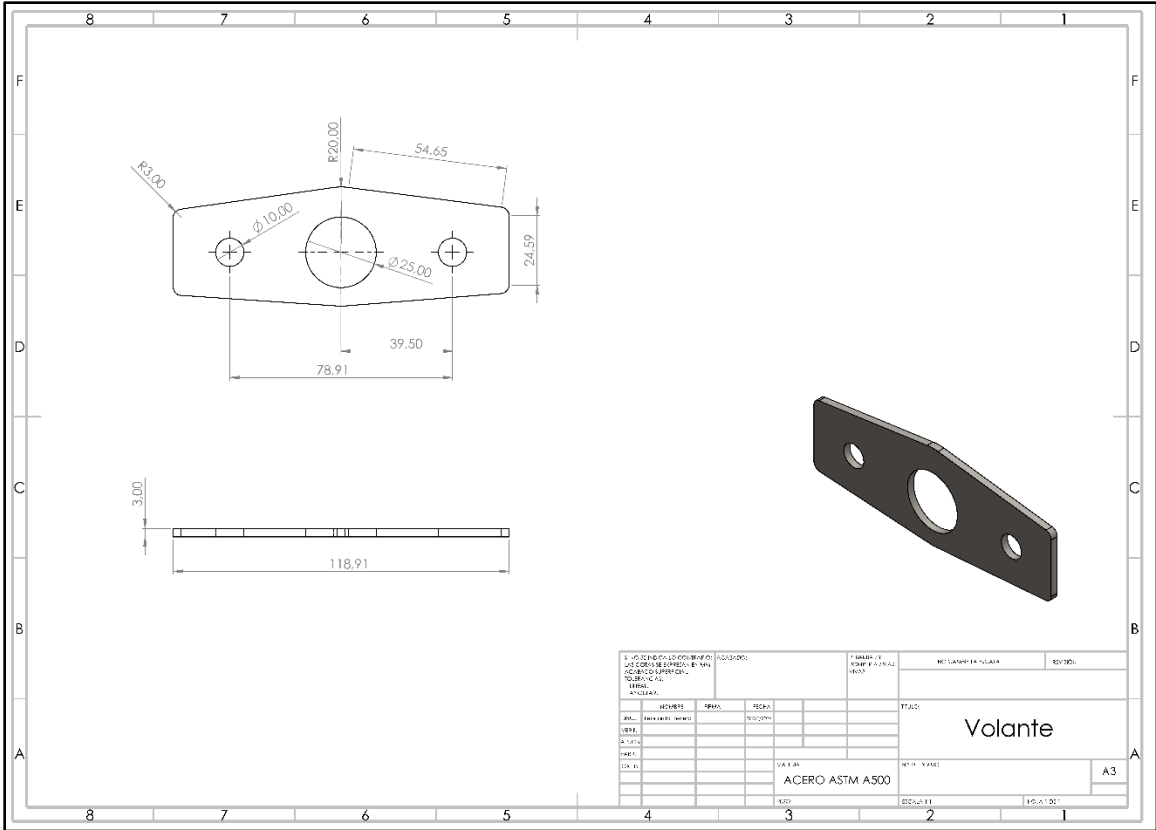
APÉNDICE Ñ











E. IDENTIFICACION DEL DISEÑO: LOS DISEÑOS DE BIENES EN BPA SON DE PROPIEDAD DE LA EMPRESA.		DISEÑOS:		F. MATERIALES: SE DEBE USAR EL MATERIAL INDICADO.		REGULACIONES:		REVISOR:	
AUTORES:		REVISOR:		ETAPA:		<h1>Volante</h1>			
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:					
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:					
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:					
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:					
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:		ACERO ASTM A500		A3	
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:		ACERO ASTM A500		A3	
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:		ACERO ASTM A500		A3	
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:		ACERO ASTM A500		A3	
DISEÑADOR:		REVISOR:		ETAPA:		ACERO ASTM A500		A3	