

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**Diseño de un sistema elevador automatizado para el traslado de  
personas con discapacidad motriz implementado a vehículos**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**Lukas Zbinden Llontop**

**ASESOR**

**Dante Omar Panta Carranza**

**<https://orcid.org/0000-0002-4731-263X>**

**Chiclayo, 2025**

**Diseño de un sistema elevador automatizado para el traslado  
de personas con discapacidad motriz implementado a  
vehículos**

PRESENTADA POR  
**Lukas Zbinden Llontop**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar por el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR

Jorge Alberto Villanueva Zapata

PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza

SECRETARIO

Dante Omar Panta Carranza

VOCAL

## **Dedicatoria**

A mi familia por confiar en mí, por brindarme apoyo incondicional y motivación a lo largo de mi formación profesional y personal.

## **Agradecimientos**

A mis profesores por su guía, valiosos consejos y conocimientos que me brindaron a lo largo de mis estudios y del desarrollo de esta investigación.

A mis amigos por su colaboración, paciencia, confianza y por compartir momentos buenos y malos en este camino universitario.

# DISEÑO DE UN SISTEMA ELEVADOR AUTOMATIZADO PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ IMPLEMENTADO A VEHÍCULOS

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="https://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://revistas.uis.edu.co">revistas.uis.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1%

# Índice

Resumen .....	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1. Justificación .....	16
1.1.1. Social.....	16
1.1.2. Tecnológica .....	16
1.1.3. Económica.....	16
1.1.4. Relevancia Ambiental .....	16
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo General .....	17
1.2.2. Objetivos Específicos.....	17
2. Marco Teórico .....	18
2.1. Antecedentes .....	18
2.2. Bases teóricas.....	21
2.2.1. Discapacidad .....	21
2.2.1.1. Tipos de discapacidad.....	22
2.2.2. Sistemas de traslado .....	24
2.2.2.1. Tipos de sistemas de traslado .....	24
2.2.3. Metodología .....	29
2.2.3.1. Pahl y Beitz.....	29
2.2.3.2. Estudio de grupo de propiedades.....	30
2.2.4. Automatización .....	31
2.2.4.1. PLC (Programmable Logic Controller).....	32
2.2.4.2. Programación Ladder .....	32
2.2.4.3. HMI (Human Machine Interface).....	33
2.2.5. Ecuaciones.....	34

2.2.5.1. Ecuaciones de Estática.....	34
2.2.5.2. Peso de un elemento .....	34
2.2.5.3. Esfuerzo normal.....	34
2.2.5.4. Esfuerzo cortante .....	35
3. Marco Metodológico .....	36
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	36
3.1.1. Tipo de investigación .....	36
3.1.2. Nivel de investigación.....	36
3.1.3. Enfoque de la investigación .....	36
3.2. Técnicas e instrumentos.....	36
3.3. Población y Muestra .....	37
3.3.1. Población.....	37
3.3.2. Muestra.....	37
3.4. Métodos y diseño de la investigación .....	37
3.5. Diagrama de flujo .....	38
3.6. Formulación de hipótesis .....	39
3.7. Matriz de operacionalización.....	40
3.8. Matriz de consistencia .....	41
4. Resultados.....	42
4.1. Diagnostico la situación actual de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo .....	42
4.1.1. Entorno o contexto .....	42
4.1.2. Necesidades y aspectos físicos de las personas con discapacidad motriz.....	44
4.1.2.1. Necesidades del usuario.....	45
4.1.2.2. Aspectos físicos .....	46
4.2. Diseño de la propuesta de ingeniería .....	47
4.2.1. Diseño conceptual .....	47

4.2.1.1. Matriz morfológica .....	47
4.2.1.2. Diseño conceptual de las alternativas .....	49
4.2.1.3. Matriz ponderada.....	52
4.2.2. Selección de material .....	53
4.2.2.1. Estudio de grupo de propiedades.....	53
4.3. Diseño del sistema electromecánico .....	54
4.3.1. Dimensiones del dibujo CAD .....	54
4.3.2. Dinámica de movimiento .....	55
4.3.3. Análisis estático – estructural.....	57
4.3.4. Validación mediante cálculos teóricos .....	60
4.3.5. Diseño del sistema de control.....	72
4.3.6. Programación del sistema de control .....	73
4.3.6.1. Diagrama Ladder .....	73
4.3.6.2. Pantalla HMI .....	74
4.4. Accesibilidad económica del sistema .....	75
4.4.1. Estructura de costos.....	75
5. Discusión .....	79
6. Conclusiones.....	80
7. Recomendaciones .....	81
8. Referencias .....	82
Anexos .....	85

## Lista de Figuras

Figura 1: Representación de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, Discapacidad y Salud.....	22
Figura 2: Personas con discapacidad .....	23
Figura 3: Sistema de traslado móvil .....	25
Figura 4: Sistema de traslado fijo con anclaje al piso a la izquierda y sistema de traslado fijo con anclaje a la pared a la derecha .....	25
Figura 5: Sistema de traslado de techo .....	26
Figura 6: Sistema de traslado para vehículos .....	27
Figura 7: Aspectos Antropométricos .....	27
Figura 8: Dimensiones de persona con discapacidad motriz en silla de ruedas .....	28
Figura 9: Dimensiones de sillas de ruedas.....	28
Figura 10: Dimensiones de vehículos.....	28
Figura 11: Pasos del diseño conceptual .....	29
Figura 12: Estudio de grupo de propiedades del aluminio .....	30
Figura 13: Propiedades del material de referencia .....	30
Figura 14: Pirámide de automatización .....	31
Figura 15: Controlador Lógico Programable.....	32
Figura 16: Representación de Ladder .....	33
Figura 17: Interfaz Hombre-Máquina.....	33
Figura 18: Traslado de una persona con discapacidad motriz a un vehículo .....	43
Figura 19: Características del sistema elevador .....	45
Figura 20: Diseño conceptual de la alternativa 1 .....	49
Figura 21: Diseño conceptual de la alternativa 2 .....	50
Figura 22: Diseño conceptual de la alternativa 3 .....	51
Figura 23: Estudio de grupo de propiedades .....	53
Figura 24: Vista Isométrica del sistema elevador.....	54
Figura 25: Vista lateral y superior del primer movimiento .....	55
Figura 26: Vista lateral y superior del segundo movimiento .....	55
Figura 27: Vista lateral y superior del tercer movimiento.....	56
Figura 28: Resultados de Tensiones (Von Mises) .....	57
Figura 29: Resultados de Desplazamientos URES.....	58
Figura 30: Resultados de Deformaciones Unitarias ESTRN.....	58

Figura 31: Resultados de Factor de Seguridad .....	59
Figura 32: Diagrama de Cuerpo Libre.....	60
Figura 33: Fuerzas aplicadas en la Barra A-B .....	61
Figura 34: Fuerzas aplicadas en la Barra B-C .....	61
Figura 35: Fuerzas aplicadas en la Barra B-D.....	62
Figura 36: Fuerzas aplicadas en la Barra C-E-F.....	62
Figura 37: Fuerzas aplicadas en la Barra D-F-G .....	63
Figura 38: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra A-B .....	64
Figura 39: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector de la Barra A-B .....	64
Figura 40: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra B-C .....	65
Figura 41: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra B-D .....	66
Figura 42: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector de la Barra B-D .....	67
Figura 43: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra C-E-F.....	68
Figura 44: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector de la Barra C-E-F.....	69
Figura 45: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra D-F-G .....	70
Figura 46: Diagrama de Sistema de Control .....	72
Figura 47: Diagrama Ladder .....	73
Figura 48: Pantalla HMI.....	74

## Lista de Tablas

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	36
Tabla 2: Formulación de hipótesis .....	39
Tabla 3: Matriz de operacionalización .....	40
Tabla 4: Matriz de consistencia .....	41
Tabla 5: Indicadores de personas con discapacidad en el Perú .....	42
Tabla 6: Resultados de aspectos físicos.....	46
Tabla 7: Leyenda de alternativas .....	47
Tabla 8: Matriz morfológica.....	48
Tabla 9: Puntaje de matriz ponderada .....	52
Tabla 10: Matriz ponderada.....	52
Tabla 11: Variables del HMI .....	74
Tabla 12: Presupuesto del Diseño Mecánico: Materiales.....	75
Tabla 13: Presupuesto del Sistema de Control: Componentes .....	76
Tabla 14: Presupuesto del Diseño Mecánico: Planos y Análisis.....	76
Tabla 15: Presupuesto de la Fabricación y Ensamble de piezas.....	77
Tabla 16: Presupuesto del Sistema de Control: Programación de componentes.....	78
Tabla 17: Estructura de Costos del Sistema .....	78

## Lista de Anexos

Anexo 1: Encuesta validada .....	85
Anexo 2: Resumen de encuesta a personas con discapacidad motriz .....	86
Anexo 3: Resumen de encuesta a personas con discapacidad motriz (continuación) ....	87
Anexo 4: Resumen de encuesta a personas con discapacidad motriz (conclusión) .....	88
Anexo 5: Encuesta 01 .....	89
Anexo 6: Encuesta 02 .....	90
Anexo 7: Encuesta 03 .....	91
Anexo 8: Encuesta 04 .....	92
Anexo 9: Encuesta 05 .....	93
Anexo 10: Encuesta 06 .....	94
Anexo 11: Encuesta 07 .....	95
Anexo 12: Encuesta 08 .....	96
Anexo 13: Encuesta 09 .....	97
Anexo 14: Encuesta 10 .....	98
Anexo 15: Encuesta 11 .....	99
Anexo 16: Encuesta 12 .....	100
Anexo 17: Encuesta 13 .....	101
Anexo 18: Encuesta 14 .....	102
Anexo 19: Encuesta 15 .....	103
Anexo 20: Propiedades del acero ASTM A500 (AISI 1015).....	104
Anexo 21 : Propiedades del acero AISI 1020.....	104
Anexo 22: Propiedades del acero AISI 1045.....	104
Anexo 23: Propiedades del acero ASTM A36 .....	104
Anexo 24: Propiedades del Acero SAE J403 1008 .....	104
Anexo 25: Plano de Soporte 01 .....	105
Anexo 26: Plano de Soporte 02 .....	106
Anexo 27: Plano de Barra Auxiliar .....	107
Anexo 28: Plano de Base.....	108
Anexo 29: Plano de Pilar 01 .....	109
Anexo 30: Plano de Barra Corredera 01 .....	110
Anexo 31: Plano de Barra Corredera 02.....	111
Anexo 32: Plano de Barra Corredera de Soporte .....	112

Anexo 33: Plano de Barra Corredora 03.....	113
Anexo 34: Plano de Pilar 02.....	114
Anexo 35: Plano de Volante 01.....	115
Anexo 36: Plano de Volante 02.....	116
Anexo 37: Plano de Pin 01.....	117
Anexo 38: Plano de Pin 02.....	118
Anexo 39: Ficha técnica de PLC 1211 DC/DC/Rly.....	119
Anexo 40: Ficha técnica de Simatic HMI KTP400.....	120
Anexo 41: Ficha técnica de Convertidor Quint-PS-12VDC/24VDC.....	121
Anexo 42: Ficha técnica de Actuador LINAK LA28C.....	122
Anexo 43: Ficha técnica de Módulo de 4 Relay 12V/10A.....	123

## Resumen

En la actualidad las personas que poseen una discapacidad motriz presentan obstáculos y limitaciones ya sea por parte del entorno urbano con la falta de rampas en las veredas o al momento de acceder a un vehículo para su traslado. Según el INEI, en el Perú solo el 10% de vehículos de transporte cuentan con métodos de acceso los cuales les permite movilizarse con autonomía y comodidad.

En el distrito de Chiclayo, la falta de vehículos adaptados para el traslado de personas con discapacidad motriz se convierte en un obstáculo diario que les ocasiona una pérdida de tiempo significativa en su rutina diaria.

Por este motivo, el objetivo de la presente investigación es diseñar y simular un sistema elevador automatizado para el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos mediante un software de ingeniería, el cual está enfocado en facilitar la entrada de una persona que posee una discapacidad motriz a un vehículo.

Para el desarrollo de la presente investigación, se diagnosticó mediante una encuesta la situación actual de las personas con discapacidad en el distrito de Chiclayo, con lo que se obtuvo bases para el diseño conceptual del sistema elevador y mediante la metodología planteada se estableció una propuesta de ingeniería. Además, se diseñó el sistema electromecánico y se procedió a realizar los estudios estructurales y de automatización en software de ingeniería y finalmente se elaboró una estructura de costos del sistema elevador. Y así, se logró el diseño de un sistema elevador automatizado que permita el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos.

**Palabras clave:** Discapacidad motriz, vehículos, traslado

## Abstract

Currently, people with motor disabilities face obstacles and limitations either in the urban environment with the lack of ramps on the sidewalks or when accessing a vehicle for transportation. According to the INEI, in Peru only 10% of transportation vehicles have accessibility methods that allow them to move with autonomy and comfort.

In the district of Chiclayo, the lack of vehicles adapted for the transportation of people with motor disabilities becomes a daily obstacle that causes a significant loss of time in their daily routine.

For this reason, the objective of this research is to design and simulate an automated elevator system for the transfer of people with motor disabilities implemented to vehicles through engineering software, which is focused on facilitating the entry of a person who has a motor disability to a vehicle.

For the development of this research, the current situation of people with disabilities in the district of Chiclayo was diagnosed through a survey, which provided the basis for the conceptual design of the elevator system and through the proposed methodology an engineering proposal was established. In addition, the electromechanical system was designed and structural and automation studies were carried out using engineering software, and finally a cost structure for the elevator system was developed. Thus, the design of an automated elevator system that allows the transfer of people with motor disabilities implemented in vehicles was achieved.

**Keywords:** Motor disability, vehicles, transfer.

## 1. Introducción

En 1994, se adoptó una resolución durante la Asamblea General de las Naciones Unidas que se enfocaba en las "Normas Uniformes sobre equidad de oportunidades para individuos con discapacidad". El propósito central de esta resolución era asegurar la igualdad de derechos y deberes para las personas con discapacidad. Fue reconocido que los gobiernos tenían la responsabilidad de tomar las medidas adecuadas para eliminar obstáculos y se resaltó la importancia de la participación activa de las personas con discapacidad y sus representantes en este proceso [1].

De acuerdo con la Ley N.º 29973, conocida como la Ley General de la Persona con Discapacidad en el Perú, se establece que desde el año 2014 el transporte público debe adecuarse de manera progresiva para asegurar la accesibilidad de las personas con discapacidad [2]. Sin embargo, según los resultados de un censo desarrollado por el INEI en el año 2017, se encontró que el 15,1% de la población con discapacidad en el país presenta una discapacidad motriz, y de ese porcentaje, el 30% enfrenta limitaciones para acceder a vehículos. Estos datos evidencian que se necesita seguir laborando en la adecuación y accesibilidad del transporte y los espacios públicos para las personas con discapacidad motriz en el Perú [3][4].

A pesar de la existencia de normativas vigentes, actualmente en el Perú se evidencia una falta de adaptación y accesibilidad para las personas con discapacidad. El transporte público, por ejemplo, ha sido concebido y construido en base a las necesidades de una sociedad sin discapacidad. Esto implica que no se ha implementado el diseño universal en taxis, buses y otros medios de transporte, lo que dificulta el acceso y la movilidad de los usuarios que poseen alguna discapacidad [5].

Por ende, esta tesis tiene como objetivo diseñar un sistema elevador automatizado utilizando un software de ingeniería con el fin de facilitar el traslado desde la silla de ruedas al asiento del vehículo para las personas con discapacidad motriz, ya que genera diversos problemas, relacionados tanto con el usuario como con el asistente, lo que en muchas situaciones resulta en incidentes.

Según lo mencionado anteriormente se plantea la pregunta de investigación:

¿En qué medida el diseño de un sistema elevador automatizado para personas con discapacidad motriz implementado a vehículos permitirá facilitar su traslado?

## **1.1. Justificación**

### **1.1.1. Social**

El traslado de personas con discapacidad motriz tendrá un impacto significativo en la mejora de la calidad de vida y la integración social de esta parte de la población. Este sistema promoverá la participación y la inclusión de personas con discapacidad en diferentes ámbitos, fomentando la igualdad de oportunidades. Asimismo, se fortalecerá el sentido de pertenencia y la autoestima de las personas con discapacidad motriz, promoviendo una sociedad más inclusiva, equitativa y solidaria.

### **1.1.2. Tecnológica**

El diseño de un sistema elevador para personas con discapacidad motriz requerirá de tecnologías avanzadas de ingeniería y diseño, que garanticen un funcionamiento seguro, eficiente y confiable. La programación de un sistema de control inteligente permitirá la adaptabilidad y la fácil interacción de una persona con el sistema elevador en una variedad de entornos.

### **1.1.3. Económica**

La implementación de un sistema elevador diseñado para personas con discapacidad motriz supone una inversión inicial que a largo plazo será recuperada por los beneficios económicos derivados de una mayor inclusión social y productividad, también en la reducción de costos asociados con la adaptación de vehículos existentes.

### **1.1.4. Relevancia Ambiental**

Un elevador diseñado para el traslado personas con discapacidad, con materiales de alta durabilidad y bajo mantenimiento tiene un impacto positivo en el medio ambiente al minimizar el desperdicio a lo largo de su vida útil, además la selección de este tipo de materiales reducirá la necesidad del mantenimiento y así su impacto ambiental.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- ✓ Diseñar un sistema elevador automatizado que permita el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Diagnosticar la situación actual del traslado de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo.
- ✓ Diseñar conceptualmente el sistema de elevación aplicando el enfoque sistemático de Pahl/Beitz y del estudio de grupo de propiedades.
- ✓ Diseñar el sistema electromecánico aplicando software de ingeniería en los estudios estructurales y de automatización.
- ✓ Realizar una estructura de costos del sistema elevador.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Antecedentes**

De acuerdo a F. D. Castro Jaramillo, 2020, en su investigación de tipo evaluativa realizada en la ciudad de Ibarra – Ecuador sobre un dispositivo para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles: estructura de elevación mejorada, en la que se tuvo como finalidad desarrollar e implementar un dispositivo móvil mejorado con el fin de hacer más fácil el movimiento de personas con limitaciones en la movilidad entre la silla de ruedas y el automóvil, sin realizar modificaciones en el vehículo. El diseño de dicha grúa se realizó mediante cálculos y simulaciones asistidas por computadora para garantizar su eficiencia y funcionalidad. A través de la simulación, se determinó que el máximo desplazamiento obtenido fue de 3,6 mm. Este valor es significativo ya que se identificó el punto de inflexión, el volante donde se sujetó el arnés con 882 N de carga máxima, correspondiente al peso máximo del usuario. Se estableció como límite de desplazamiento 10 mm con el fin asegurar al usuario durante el uso del dispositivo. Se llegó a la conclusión de que el dispositivo diseñado cumplió con las características antropométricas investigadas en el contexto latinoamericano, atendiendo a las necesidades del usuario. Además, se pudo comprobar que el dispositivo logra asegurar al usuario debido a su solidez y a que el desplazamiento observado se encuentra debajo del límite durante su uso [6].

Según M. I. Astudillo Flores, 2019, en su investigación tipo aplicada-evaluativa desarrollada en la ciudad de Cuenca – Ecuador sobre el diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de pacientes con discapacidad en actividades de rehabilitación, en la que se tuvo como finalidad desarrollar un dispositivo destinado a trasladar pacientes dentro de las instalaciones, al mismo tiempo brindar ayuda con el fin de alcanzar diferentes alturas durante los ejercicios de rehabilitación. El diseño del dispositivo fue validado utilizando los programas Autodesk Inventor y ADAMS View, asegurando así su funcionalidad y rendimiento. La utilización de software aseguró que el diseño se ajustaría a las limitaciones de movimiento y fuera apto para su uso en la fundación. En relación con el diseño mecánico, se determinó que la deflexión máxima calculada fue de 8,5 mm, mientras que la máxima simulada fue de 7,35 mm. Estos valores

se encuentran dentro de la zona de plasticidad del material. Además, mediante la simulación Von Mises, se demostró que el material seleccionado cumplió con éxito, ya que el máximo esfuerzo simulado fue 155 MPa. Teniendo en cuenta las restricciones en la estructura del entorno, las necesidades de los pacientes y utilizando herramientas de ingeniería, se establecieron los parámetros de diseño de la grúa. Se logro llegar a la conclusión que se eligieron materiales adecuados con la intención de crear un dispositivo ligero, ergonómico y seguro, capaz de resistir hasta 120 kg de peso máximo [7].

Para K. D. Fajardo Sigua y P. J. Avilez Arévalo, 2019, en su investigación de tipo aplicada-evaluativa desarrollada en la ciudad de Cuenca – Ecuador sobre el diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de pacientes con discapacidad, en la que se tuvo como finalidad crear e implementar en uso una grúa diseñada para individuos con discapacidades, con el fin de conseguir un producto con cualidades comparables a las de otras grúas disponibles en el mercado. Para lograr este objetivo, se utilizó software de ingeniería AutoCAD Mechanical y Autodesk Inventor. El mecanismo ideado fue validado a través de una simulación cinemática efectuada en Adams View, exponiéndolo a diversas situaciones mecánicas para asegurar su correcto funcionamiento. Gracias al análisis ejecutado en ADAMS del diseño propuesto, considerando las limitaciones y requisitos de la fundación OSSO, se garantizó la obtención de los movimientos necesarios del mecanismo. Se empleó un tubo estructural con dimensiones de 50 x 50 x 3 mm y un módulo seccional de 8,48 cm<sup>3</sup>, que excede el módulo seccional calculado de 6,02 cm<sup>3</sup>. Esta sobredimensión se incorporó con el propósito de prevenir deflexiones o fallos en la estructura debidos a las fluctuaciones en el peso del paciente. El mecanismo también fue sometido a un análisis con software Inventor para evaluar los esfuerzos y deformaciones; los resultados coincidieron con los cálculos realizados, lo que implica que el factor de seguridad empleado resultó adecuado. Se pudo concluir que el diseño de la grúa garantizó una forma eficaz de desplazamiento dentro de la fundación. Se implemento un actuador electromecánico para simplificar el proceso de elevación de usuarios con un peso máximo de 120 kg. Este mecanismo incluyó un sistema que permitía abrir y cerrar las bases, facilitando así el acceso a las habitaciones, pasillos y dormitorios de la organización. Los parámetros definidos se plasmaron en un modelo utilizando el programa Inventor, con el fin de evaluar las fuerzas y tensiones a las que estaría expuesto el dispositivo. Además, se empleó el software Adams para

comprobar que el actuador, cuyo propósito principal es elevar a los pacientes, tuviera un movimiento adecuado [8].

Según B. P. Arias Correa, 2020 en su investigación de tipo aplicada desarrollada en la ciudad de Trujillo – Perú sobre el diseño de un dispositivo para traslado y elevación de personas con discapacidad motriz, en la que se tuvo como finalidad desarrollar un dispositivo de traslado que brinde ayuda a personas con discapacidad motriz, cumpliendo con características específicas. Para lograrlo, se realizó un proceso de detectar las necesidades de dichas personas mediante encuestas realizadas a 10 personas que tienen una discapacidad motriz o a sus cuidadores. El dimensionamiento se llevó a cabo considerando los requisitos del dispositivo, que debía ser capaz de elevar una carga máxima de 100 kg, tener una longitud superior a 1 metro y una altura mínima de 50 cm. Asimismo, se estableció un rango de ángulo de elevación de 0 a 50 grados. Además, se decidió que el dispositivo debía ser desmontable para facilitar su manejo y portabilidad. Para cumplir con estos criterios, se optó por utilizar acero AISI 1020 porque el dispositivo no estaría constantemente expuesto a cargas elevadas y también por su bajo costo. Se llegó a la conclusión de que el dispositivo logró cumplir con el objetivo de simplificar el desplazamiento de individuos con discapacidad, al proporcionarles una forma de movilizarse que reduce significativamente el esfuerzo requerido. Además, se destaca que el uso de este dispositivo ayuda a prevenir posibles lesiones lumbares derivadas del esfuerzo físico involucrado en el traslado [9].

Según C. L. Yang Yang, 2022, en su investigación de tipo descriptiva y no experimental realizada en la ciudad de Chiclayo – Perú sobre el diseño de una grúa móvil para el traslado de pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología del hospital nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, tuvo como finalidad desarrollar una grúa móvil que posea cualidades que faciliten el cuidado y transporte de pacientes que posea una discapacidad motriz, para proporcionar al personal encargado herramientas que les permitieran realizar maniobras con menos esfuerzo, mejorando así la atención a los pacientes. Se empleó la matriz morfológica y ponderada para seleccionar el diseño adecuado, y se realizaron análisis y verificaciones de los cálculos mediante el software SolidWorks, a la vez se demostró la elección de los componentes de la grúa móvil de

forma correcta obteniendo un factor de seguridad de 3,00. Además, para el sistema de control, se programaron las placas y tarjetas utilizando el módulo Nano Arduino, el cual cumplió con los objetivos establecidos para el proyecto. Basándose en los resultados que obtuvo a través del software SolidWorks, se pudo concluir que los materiales y dimensiones elegidas para el diseño cumplen con los requisitos establecidos [10].

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Discapacidad**

La discapacidad forma parte de la experiencia de todos, la mayoría de las personas experimentan alguna forma de discapacidad en algún momento de sus vidas, ya sea temporal o permanente y a medida que las personas envejecen, tienden a enfrentar mayores desafíos en su funcionamiento [11].

Asimismo, la discapacidad engloba las imperfecciones, las restricciones en la capacidad de realizar actividades y las limitaciones en la participación en aspectos importantes de la vida. En otras palabras, la discapacidad representa una situación en la que se manifiesta la interacción del cuerpo humano y las condiciones de la sociedad en la que se encuentra, evidenciando las diversas barreras que el entorno puede presentar para el pleno desarrollo de las personas con discapacidad. La discapacidad puede ser causada por los siguientes factores: Factor estructural, Las personas con discapacidad enfrentan la discriminación, el estigma y el prejuicio en todos los aspectos de su vida, lo que tiene repercusiones en su bienestar físico y emocional. Además, existen normativas y políticas que les privan de su capacidad de tomar decisiones autónomas y que permiten prácticas dañinas en el ámbito de la atención médica [11].

Asimismo, el factor genético está asociado con fallos en la transmisión genética desde el momento de la concepción, resultando en deficiencias o cambios genéticos que pueden ser transmitidos de una generación a otra. A la vez existe el factor biológico el cual incluye elementos como infecciones, lesiones en la cabeza, efectos secundarios de la epilepsia o accidentes, nutrición deficiente, consecuencias de enfermedades, el propio envejecimiento de la persona, la presencia de trastornos que afectan las funciones motrices, sensoriales o cognitivas, y condiciones específicas del desarrollo, entre otros. Y por último está el factor ambiental el cual implica al entorno socioeconómico en el que

las personas desarrollan sus vidas, este desempeña un papel importante como factor contribuyente en la adquisición de una discapacidad. Por ejemplo, la falta de acceso a servicios de atención médica de calidad, la exposición a condiciones de trabajo peligrosas o la limitación de oportunidades educativas pueden aumentar el riesgo de discapacidades [12].

### 2.2.1.1. Tipos de discapacidad

La vivencia de la discapacidad, que surge de la interacción entre las condiciones de salud, las características individuales y el entorno, presenta una amplia diversidad. Las personas con discapacidad constituyen un grupo heterogéneo y variado, a pesar de que existen estereotipos que a menudo reducen la discapacidad a imágenes simplificadas, como la de individuos en sillas de ruedas o aquellos con discapacidades sensoriales clásicas, como la ceguera o la sordera. La discapacidad abarca desde niños que nacen con afecciones congénitas, como la parálisis cerebral, hasta jóvenes soldados que pierden extremidades debido a explosiones de minas terrestres, mujeres de mediana edad que sufren de artritis severa o adultos mayores con dificultades de movimiento, entre otros casos. Las condiciones de salud pueden ser evidentes o imperceptibles, de corto o largo plazo, estables, intermitentes o degenerativas, dolorosas o asintomáticas [11].

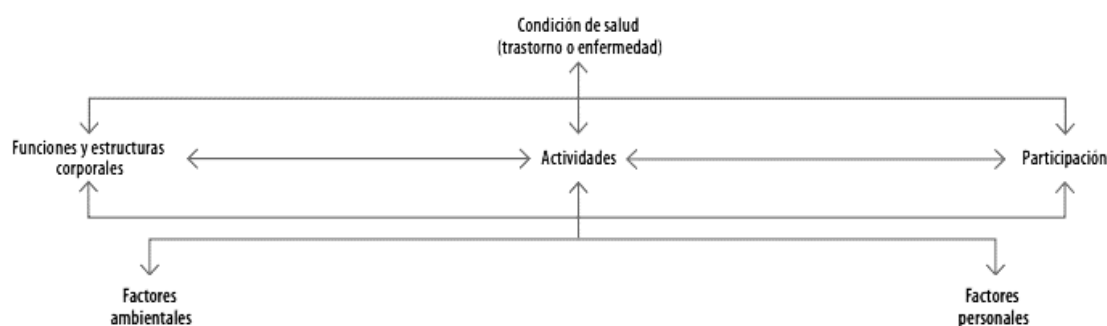


Figura 1: Representación de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, Discapacidad y Salud

Fuente: Informe Mundial sobre la Discapacidad [11]

Una persona puede presentar una o varias discapacidades, cada una con su propio grado de dificultad. Dado que existen diversas discapacidades que pueden afectar las capacidades individuales, se proporcionan ejemplos como la discapacidad sensorial, la discapacidad cognitiva y la discapacidad motriz. Como propósito de esta investigación se

enfocará en la discapacidad motriz para comprender las necesidades y restricciones específicas de cada usuario [13].



Figura 2: Personas con discapacidad

Fuente: Extraído de Banco Internacional de Desarrollo (BID)

### **Discapacidad motriz**

Es fundamental comprender que, en el caso de la discapacidad motriz, las funciones cerebrales desempeñan un papel crucial, ya que son responsables de enviar señales al cuerpo a través de los nervios, indicando cómo moverse y procesar adecuadamente las sensaciones. Esta forma de discapacidad se manifiesta cuando existe daño cerebral que afecta la función motriz, dificultando el movimiento adecuado o la ejecución precisa de movimientos finos. Además, puede surgir debido a problemas en los músculos, huesos y articulaciones. Las personas con limitaciones en su movilidad, derivadas de secuelas o alteraciones, pueden experimentar esta discapacidad en distintos grados y con causas que pueden ser infecciosas, tumorales, traumáticas o degenerativas. La discapacidad motriz se categoriza según el grado de limitación del movimiento, que puede variar desde paresia (debilidad muscular) hasta plejía (pérdida total de movimiento), y por la cantidad de miembros afectados, como monoparesia, monoplejía, diparesia, diplejía, entre otras. Estas clasificaciones son importantes, ya que cada una de ellas conlleva necesidades específicas según la gravedad de la discapacidad. No obstante, es crucial enfocarse en las necesidades individuales de las personas en lugar de centrarse únicamente en la clasificación de la discapacidad [14].

### **2.2.2. Sistemas de traslado**

Las grúas de transferencia para pacientes desempeñan un papel crucial al permitir la transferencia de personas con dificultades de movilidad de manera más segura y cómoda, al mismo tiempo que reducen significativamente la carga de trabajo para el personal que realiza estas transferencias de forma manual. Estas grúas ofrecen un nivel de seguridad y comodidad notables, al evitar posturas incómodas durante el proceso de traslado, lo que a su vez disminuye el riesgo de lesiones en la espalda del personal. Estas grúas tienen una amplia gama de aplicaciones, que incluyen la capacidad de realizar transferencias de diversos tipos, como de sillas de ruedas, camas, inodoros, duchas, bañeras, piscinas, entre otros. También son útiles para llevar a cabo traslados internos, como el desplazamiento de una habitación al cuarto de baño, además de ser capaces de elevar al usuario desde el suelo de manera segura. Estas grúas pueden utilizarse en conjunto con otras ayudas técnicas, como sillas de ducha, para brindar un apoyo integral en la movilidad de las personas que enfrentan dificultades en su desplazamiento [9].

#### **2.2.2.1. Tipos de sistemas de traslado**

Los sistemas de traslado pueden tener diferentes tipos de configuraciones, como ser móviles, estar fijas en un lugar o estar instaladas en el techo de un edificio. Esto se determina en función del propósito para el cual se van a utilizar, las restricciones de espacio y las habilidades del operador [15].

##### **Sistema de traslado móvil**

Los sistemas de traslado móviles están equipados con ruedas, lo que les permite ser utilizados en cualquier lugar que tenga el espacio adecuado para su funcionamiento. La base puede tener un ancho fijo o ajustable, lo que brinda una mayor flexibilidad en términos de movilidad. Algunos de estos son plegadizos o desarmables, lo que facilita su transporte. Sin embargo, para llevar a cabo el traslado, es necesario mover todo el sistema, ya que el brazo no puede girar con respecto a la base. Este tipo de sistemas se utilizan principalmente para elevar y transferir a personas que son completamente dependientes o presentan limitaciones físicas significativas [16].



Figura 3: Sistema de traslado móvil

Fuente: Movilidad e Independencia

### Sistema de traslado fijo

Un sistema de traslado fijo debe estar anclado a la pared o al suelo lo cual nos da un ángulo de trabajo de 180° y 360° respectivamente, este sistema facilita el traslado de personas con discapacidad desde la cama a la silla y viceversa. Sin embargo, su capacidad está restringida ya que solo puede llevar a cabo esta acción en un espacio reducido [1].



Figura 4: Sistema de traslado fijo con anclaje al piso a la izquierda y sistema de traslado fijo con anclaje a la pared a la derecha

Fuente: CRISNEBAR

### **Sistema de traslado de techo**

Se trata de un sistema que se instala en el techo y debe ser capaz de sostener tanto su propia estructura como el peso de la persona. Por lo tanto, el techo debe estar fortificado para soportar esta carga. El usuario tiene control sobre la trayectoria de movimiento del sistema, y se compone de dos mecanismos: uno para desplazarse a lo largo de la estructura del techo y otro para elevar o descender al paciente. La ventaja principal de esta grúa radica en que, al estar ubicada en el techo, no ocupa espacio en el suelo y no genera obstrucciones en el entorno, lo que facilita las transferencias sin exigir un esfuerzo significativo por parte del cuidador o trabajador [17].



Figura 5: Sistema de traslado de techo

Fuente: Ortopedia MIMAS

### **Sistema de traslado para vehículos**

En vehículos también se suele usar los sistemas de traslado móviles, pero existe un sistema especialmente para vehículos en el cual se emplea un mecanismo de cuatro barras que se puede ajustar para cambiar el ángulo y la posición de las barras, lo que facilita la ejecución de los movimientos necesarios con el dispositivo y el usuario. Esto evita la necesidad de tirar o empujar al usuario al levantarlo de la silla de ruedas y colocarlo en el asiento delantero derecho del vehículo [18].

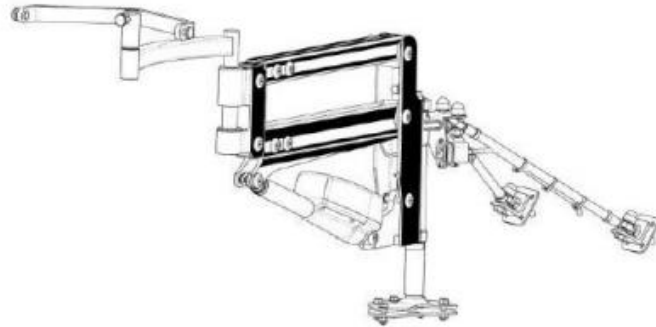


Figura 6: Sistema de traslado para vehículos

Fuente: Patente 18643-2694, 2013, EE. UU.

Para el diseño de un sistema de traslado se debe tener en cuenta aspectos como los aspectos antropométricos de las personas con discapacidad motriz incluyendo a los que requieren de una silla de ruedas.

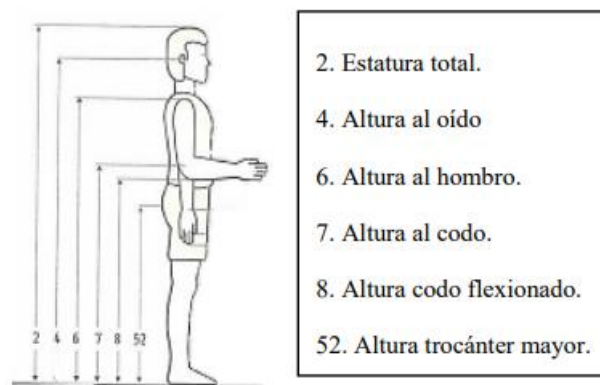


Figura 7: Aspectos Antropométricos

Fuente: Centro de Investigaciones en Ergonomía

En la Figura 7 y 8 se aprecia las alturas ya establecidas, según los resultados de una investigación realizada sobre las medidas antropométricas de la población de Latinoamérica [21].

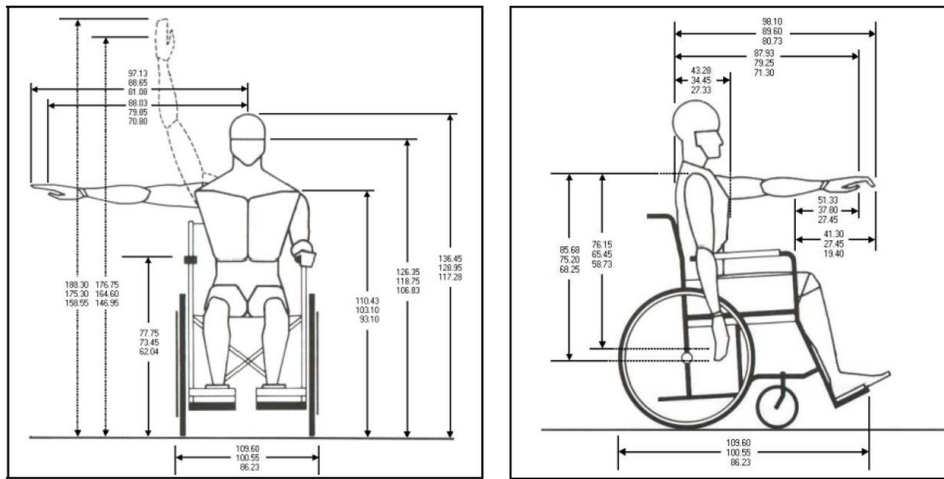


Figura 8: Dimensiones de persona con discapacidad motriz en silla de ruedas

Fuente: Sociedad de Ergonomistas de México [21]

En la Figura 9 y 10 detalla ciertas dimensiones que serán de ayuda en el desarrollo del diseño del sistema elevador. Entre otras consideraciones, también se tomarán en cuenta las dimensiones de la silla de ruedas y las de ciertos vehículos de la categoría M1.



Figura 9: Dimensiones de sillas de ruedas

Fuente: ASISTER

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

Figura 10: Dimensiones de vehículos

Fuente: Extraído de Pineda [18]

## 2.2.3. Metodología

### 2.2.3.1. Pahl y Beitz

La metodología Pahl y Beitz se refiere a un enfoque sistemático para el diseño de productos, desarrollado por los ingenieros alemanes Gerhard Pahl y Wolfgang Beitz. Esta metodología se centra en proporcionar un marco estructurado para el proceso de diseño, con el objetivo de desarrollar productos eficientes y funcionales.

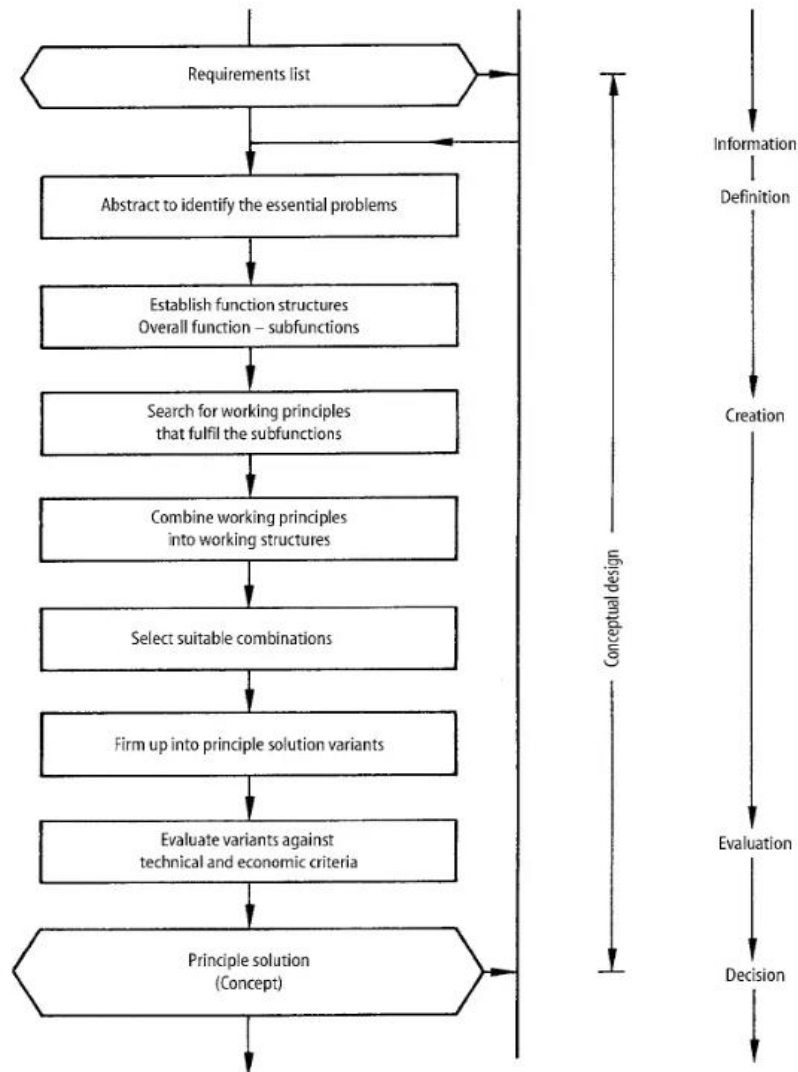


Figura 11: Pasos del diseño conceptual

Fuente: Extraído de Pahl y Beitz [22]

La figura 11 detalla una serie de etapas o procedimientos que están conectados de manera lógica y organizada, con la finalidad de abordar y resolver problemas de manera eficiente y efectiva. La interconexión entre estos pasos se estructura de acuerdo con los principios de necesidad del diseño que se busca realizar [22].

### 2.2.3.2. Estudio de grupo de propiedades

En la tarea de analizar cómo diversas propiedades de los materiales influyen en el desempeño de los diseños, es frecuente identificar patrones típicos, como la exigencia de resistir cargas o la necesidad de experimentar deflexiones mínimas, entre otros. Estos patrones pueden ser representados mediante modelos simplificados aplicables a un reducido conjunto de estructuras básicas (Figura 12). A partir de estos modelos, podemos inferir el impacto general que provoca el cambio de material en un sistema más complicado que comparte objetivos de diseño similares, y mediante ciertos criterios se realiza una gráfica para el análisis de hasta 10 materiales [23].

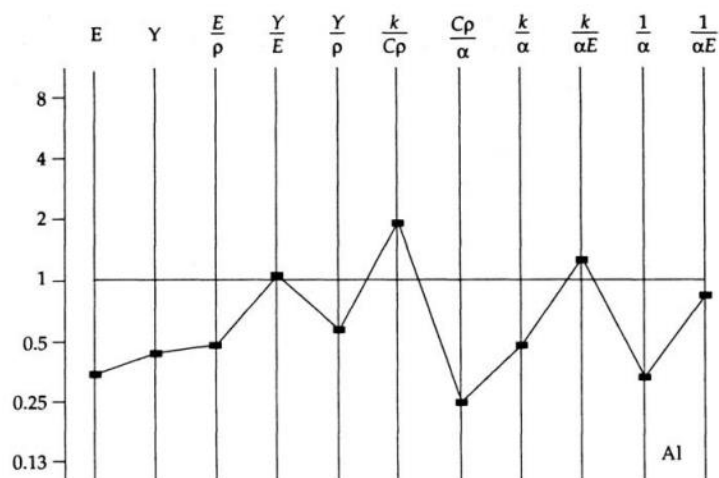


Figura 12: Estudio de grupo de propiedades del aluminio

Fuente: Extraído de Smith [23]

Estos criterios se realizan comparándolos con el material de referencia.

Propiedades	Valor	Unidad	Común del
Módulo de Young	200	Gpa	Acero
Límite de fluencia	300	MPa	Acero
Densidad	4000	Kg/cm <sup>3</sup>	Cerámica
Expansión térmica	0,000007	/ K	Cerámica
Conductividad térmica	150	W / m.K	Latón
Calor específico	750	J / Kg.K	Metales

Figura 13: Propiedades del material de referencia

Fuente: Extraído y traducido de Smith [23]

### 2.2.4. Automatización

La norma ANSI/IEEE 1010 en la Figura 14, establece las funciones para la automatización de procesos industriales o máquinas, proporcionando una descripción detallada del sistema de control y su operatividad. Esta norma es útil para definir claramente los límites y alcances de una solución de automatización industrial [26].

NIVEL 0: Se refiere a los componentes del proceso industrial o de las máquinas, tales como motores, válvulas, interruptores, etc.

NIVEL 1: Se enfoca en el origen de las señales de entrada y salida del controlador, incluyendo sensores, pulsadores, selectores, transmisores (entradas), y contactores, arrancadores, señalizadores, e indicadores (salidas).

NIVEL 2: Describe los algoritmos y estrategias programadas para los controladores de los subsistemas del proceso, como el control de servicios auxiliares eléctricos e hidráulicos, controladores y variadores de velocidad, etc.

NIVEL 3: Define los algoritmos y estrategias programadas para los controladores de un grupo funcional o sistema del proceso, como el control de grupos turbina-generador eléctrico, calderas, etc.

NIVEL 4: Se refiere a las funciones del centro de control u operación local o de planta.

NIVEL 5: Describe las funciones del centro de control o supervisión remota.

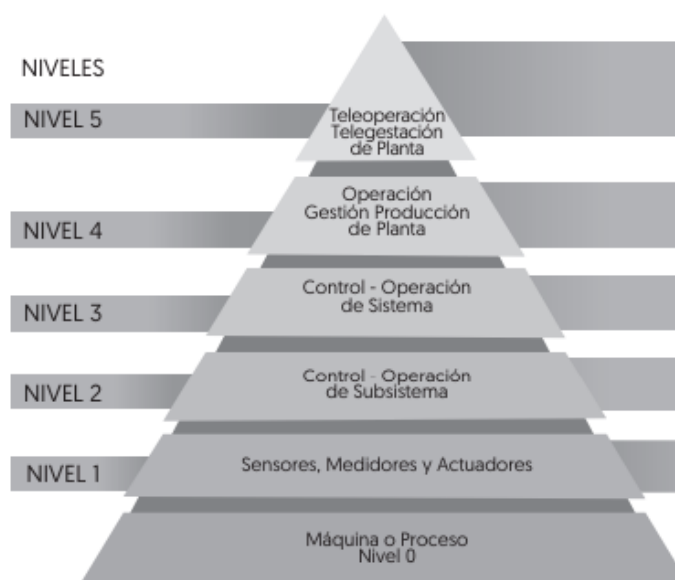


Figura 14: Pirámide de automatización

Fuente: Extraído de Ortiz [26]

### 2.2.4.1. PLC (Programable Logic Controller)

Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico especializado en automatización industrial que se utiliza para controlar maquinaria y procesos mediante la programación lógica. El PLC recibe señales de entrada de sensores y dispositivos de entrada, procesa estas señales según el programa almacenado en su memoria, y envía señales de salida para accionar actuadores y otros dispositivos de salida [26].



Figura 15: Controlador Lógico Programable

Fuente: Extraído de Siemens

### 2.2.4.2. Programación Ladder

El ciclo de trabajo del PLC es también conocido como "ciclo de usuario", ya que es el programador quien lo escribe. Para organizar las instrucciones en el programa de usuario se utilizan segmentos o peldaños de la escalera. Un segmento tiene al menos una variable de entrada y una de salida. Es importante recordar que la programación Ladder se basa en el lenguaje eléctrico de los planos de control [26].

Un segmento consta de dos partes, como en la Figura 16: la parte izquierda contiene combinaciones de instrucciones que evalúan las variables de entrada del segmento (entradas lógicas o analógicas, salidas lógicas o analógicas, memorias, estado de temporizadores y contadores, etc.), y la parte derecha incluye las instrucciones que indican una acción sobre las variables de salida del segmento (salidas lógicas o analógicas, memorias, temporizadores, contadores, transferencias a memoria, etc.). Una

manera de entender este concepto es imaginar que la parte izquierda del segmento es una pregunta y la parte derecha es la acción por tomar [26].

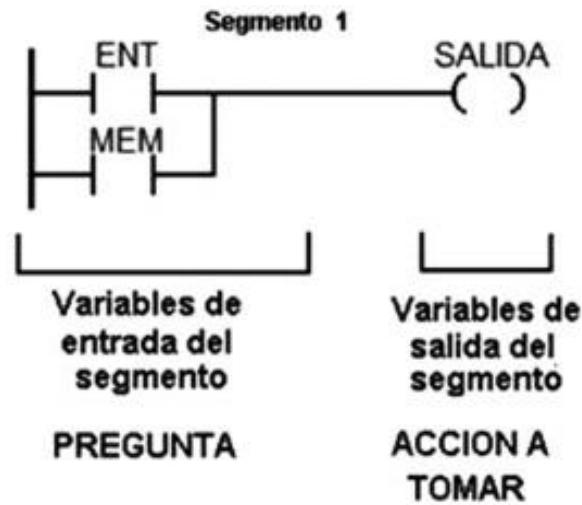


Figura 16: Representación de Ladder

Fuente: Extraído de Ortiz [26]

#### 2.2.4.3. HMI (Human Machine Interface)

Una Interfaz Hombre-Máquina es un sistema o dispositivo que permite la interacción entre un operador humano y una máquina, sistema o proceso automatizado. Las HMI son componentes esenciales en la automatización industrial, ya que proporcionan una plataforma visual y de control para supervisar, gestionar y operar las variables del proceso o permitirle la modificación de dichas variables controladas [26].

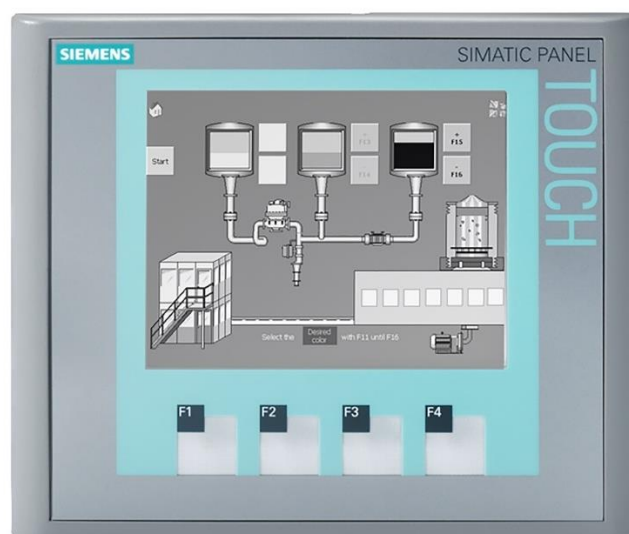


Figura 17: Interfaz Hombre-Máquina

Fuente: Extraído de Siemens

### 2.2.5. Ecuaciones

El uso de ecuaciones de Estática, Mecánica de Materiales y Diseño en Ingeniería Mecánica será valioso para determinar las fuerzas necesarias en los diversos elementos estructurales que compondrán el sistema elevador.

#### 2.2.5.1. Ecuaciones de Estática

Para calcular las fuerzas que actúan sobre una estructura, es esencial emplear las ecuaciones de la estática [27]. La siguiente ecuación se utiliza para calcular el equilibrio estático:

$$\sum F = 0 \quad \dots(1)$$

#### 2.2.5.2. Peso de un elemento

Para calcular el peso de un elemento, es fundamental conocer su masa y la aceleración de la gravedad [28]. La siguiente ecuación se utiliza para determinar el peso del elemento.

$$W = m * g \quad \dots(2)$$

Donde:

$W$ : Peso del elemento.

$m$ : Masa del elemento.

$g$ : Aceleración de la gravedad.

#### 2.2.5.3. Esfuerzo normal

La representación de la distribución de la fuerza normal en un área específica es un dato crucial para el diseño mecánico. Se denomina esfuerzo de tensión si la fuerza normal tira del elemento, y esfuerzo de compresión si lo empuja [27]. Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots(3)$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo normal.

$F$ : Fuerza normal al área transversal.

A: Sección transversal donde actúa la fuerza.

#### **2.2.5.4. Esfuerzo cortante**

El esfuerzo cortante es la magnitud de la fuerza paralela a un área determinada [27]. La siguiente ecuación se utiliza para calcularlo.

$$\tau = \frac{V}{A} \dots (4)$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante.

V: Fuerza paralela al área transversal.

A: Sección transversal.

### 3. Marco Metodológico

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

Para realizar la investigación se consideró:

##### 3.1.1. Tipo de investigación

En la siguiente investigación, el tipo de investigación utilizado fue del tipo aplicada ya que se enfocó en el problema de traslado hacia un vehículo que presentan las personas con discapacidad motriz, por lo que se planteó diseñar un sistema elevador como solución a dicho problema.

##### 3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación que se tuvo en cuenta fue de nivel descriptivo, ya que se buscó conocer la situación actual e identificar las necesidades y aspectos físicos de las personas con discapacidad motriz y también fue de nivel no experimental debido a que las variables que se utilizaron ya están definidas y solo se busca analizarlas en función al problema ya mencionado.

##### 3.1.3. Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación utilizado fue del tipo mixto ya que comprende a la investigación aplicada - cuantitativa, debido a que se necesitó la recolección de información y opiniones de personas con discapacidad motriz sobre el diseño de un sistema elevador que fue realizado con software de ingeniería.

#### 3.2. Técnicas e instrumentos

Para la recolección de información, se utilizará la encuesta para identificar las necesidades y aspectos físicos de las personas con discapacidad motriz encuestadas y con respecto a la observación será útil para determinar ciertas dimensiones que permitirá el correcto diseño del sistema elevador.

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de información

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Encuesta	Cuestionario
Observación	Ficha de observación

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población**

Siendo la población el universo de los sistemas elevadores para el traslado de personas con discapacidad motriz desarrollados en Perú; para ello se realizó un previo estudio mediante una encuesta a personas con discapacidad motriz, mediante el método no aleatoria por cuotas este que nos permitió dividir la población del distrito de Chiclayo según los indicadores de discapacidad en la Tabla 5.

#### **3.3.2. Muestra**

Siendo la muestra el sistema elevador automatizado para traslado de personas con discapacidad motriz implementado en vehículos de categoría M1. Y en el caso de la encuesta fue calculada mediante la fórmula de muestreo en poblaciones finitas resultando una muestra de 15 personas.

### **3.4. Métodos y diseño de la investigación**

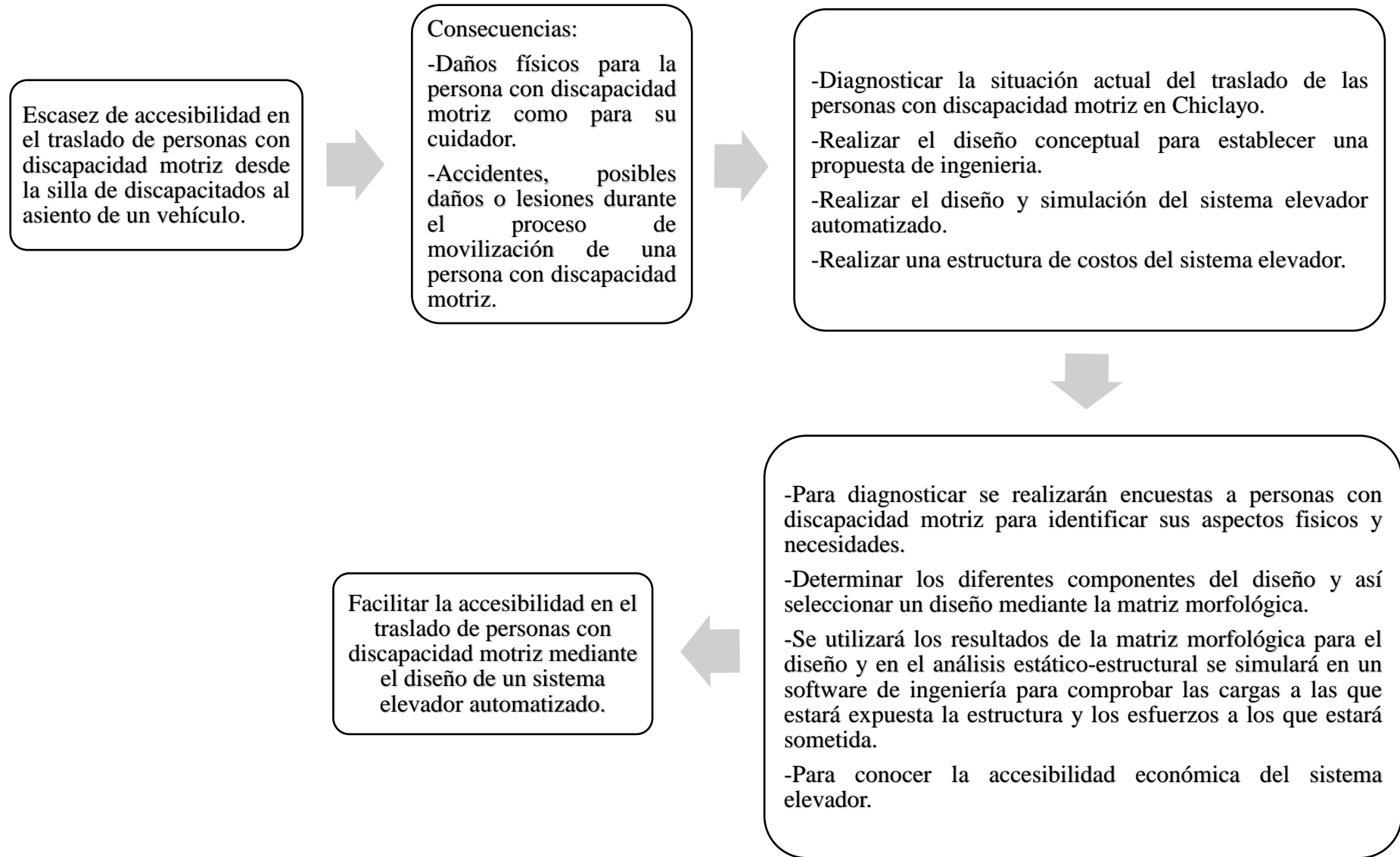
En el desarrollo de la investigación, se procedió a utilizar las técnicas de recolección de información y el método de análisis de contenido que nos ayudaran a obtener información relevante para la investigación de diversas fuentes y también se utilizara método estadístico para fusionar y relacionar ciertos resultados obtenidos.

Para el análisis de datos, se utilizará el análisis y síntesis de los resultados obtenidos que facilitará en la toma de decisiones sobre selección del diseño conceptual utilizando la metodología indicada en el ítem II.2.3, también nos servirá para la selección de componentes y materiales que se utilizaran en el sistema elevador.

Para el procedimiento se utilizará el método deductivo, que permite explicar los resultados de los estudios realizados a base de fundamentos, fórmulas, teorías y análisis con el fin de poder realizar el diseño electromecánico.

Por último, se utilizará el método de costeo estándar para la determinación de un costo total del sistema elevador mediante la lista de componentes y piezas con su respectivas y cotizaciones y metrado extraído del diseño mecánico y del sistema de control.

### 3.5. Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración Propia

### 3.6. Formulación de hipótesis

Tabla 2: Formulación de hipótesis

Objetivo General	Hipótesis General
Diseñar un sistema elevador automatizado que permita el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos.	Si se diseña un sistema elevador automatizado, entonces, se facilitará el traslado desde la silla de ruedas hasta un vehículo para personas con discapacidad motriz.
Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos
Diagnosticar la situación actual del traslado de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo.	Si se diagnostica la situación actual del traslado de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo, entonces, se identificaron las necesidades de dichas personas, obtenidas mediante encuestas para plantear los diferentes diseños conceptuales.
Diseñar conceptualmente el sistema de elevación aplicando el enfoque sistemático de Pahl/Beitz y del estudio de grupo de propiedades.	Si se realiza el diseño conceptual, entonces, se tendrá una propuesta de ingeniería.
Diseñar el sistema electromecánico aplicando software de ingeniería en los estudios estructurales y de automatización.	Si se realiza el diseño del sistema electromecánico, entonces, se obtendrá el control del sistema y los resultados del factor de seguridad mediante un estudio estático-estructural.
Realizar una estructura de costos del sistema elevador.	Si se realiza una estructura de costos, entonces, se logrará conocer la accesibilidad económica del sistema elevador.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7. Matriz de operacionalización

Tabla 3: Matriz de operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE	El diseño involucrará el dimensionamiento del sistema elevador que garantizará el fácil acceso de personas con discapacidad motriz a un vehículo. [24]	Para el desarrollo del diseño se medirán las fuerzas y esfuerzos que soportará el sistema elevador y posteriormente se calculará el factor de seguridad.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ELEVADOR	Fuerzas	N
Diseño de un sistema elevador automatizado				Esfuerzos	MPa
				Factor de seguridad	Adimensional
				Desplazamiento	mm
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE DEPENDIENTE	El traslado de personas con discapacidad motriz implicará determinar la capacidad de carga del sistema que facilitará dicho proceso. [25]	Para el traslado se medirá el peso de las personas con discapacidad motriz y se podrá determinar la carga máxima del sistema.	CAPACIDAD DE CARGA DEL SISTEMA	Peso de la persona con discapacidad motriz	N
Traslado de personas con discapacidad motriz					

Fuente: Elaboración Propia

### 3.8. Matriz de consistencia

Tabla 4: Matriz de consistencia

DISEÑO DE UN SISTEMA ELEVADOR AUTOMATIZADO PARA EL TRASLADO DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ IMPLEMENTADO A VEHÍCULOS				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿En qué medida el diseño de un sistema elevador automatizado para personas con discapacidad motriz implementado a vehículos permitirá facilitar su traslado?	GENERAL	GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
	Diseñar un sistema elevador automatizado que permita el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos.	Si se diseña un sistema elevador automatizado, entonces, se facilitará el traslado desde la silla de ruedas hasta un vehículo para personas con discapacidad motriz.	Diseño de un sistema elevador automatizado	Tipo aplicada-cuantitativa con utilización de software de ingeniería.
			INDICADORES	TÉCNICA: Recolección de datos
	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	Fuerza Esfuerzo Factor de seguridad	En este proyecto de investigación se usará las encuestas para identificar las necesidades de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo.
	Diagnosticar la situación actual del traslado de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo.	Si se diagnostica la situación actual del traslado de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo, entonces, se identificaron las necesidades de dichas personas, obtenidas mediante encuestas para plantear los diferentes diseños conceptuales.	VARIABLE DEPENDIENTE	POBLACIÓN Y MUESTRA
	Diseñar conceptualmente el sistema de elevación aplicando el enfoque sistemático de Pahl/Beitz y del estudio de grupo de propiedades.	Si se realiza el diseño conceptual, entonces, se tendrá una propuesta de ingeniería.	Traslado de personas con discapacidad motriz	La unidad de estudio son las personas con discapacidad motriz
	Diseñar el sistema electromecánico aplicando software de ingeniería en los estudios estructurales y de automatización.	Si se realiza el diseño del sistema electromecánico, entonces, se obtendrá el control del sistema y los resultados del factor de seguridad mediante un estudio estático-estructural.	INDICADORES	La población son el universo de los sistemas elevadores para el traslado de personas con discapacidad motriz desarrollados en Perú y la muestra será el sistema elevador automatizado para traslado de personas con discapacidad motriz implementado en vehículos.
	Realizar una estructura de costos del sistema elevador.	Si se realiza una estructura de costos, entonces, se logrará conocer la accesibilidad económica del sistema elevador.	Masa	

Fuente: Elaboración Propia

## 4. Resultados

### 4.1. Diagnostico la situación actual de las personas con discapacidad motriz en Chiclayo

#### 4.1.1. Entorno o contexto

Actualmente más del 15 % de la población a nivel mundial presentan cierto tipo de discapacidad y este porcentaje se encuentra en constante aumento a causa de los factores anteriormente mencionados [11].

Tabla 5: Indicadores de personas con discapacidad en el Perú

Indicadores	Característica	Población Total	
		Absoluto	Porcentaje (%)
Discapacidad	Con discapacidad	3 209 261	10,30%
	Sin discapacidad	28 028 124	89,70%
Rango de edad	0 - 17	463 372	14,40%
	18 - 29	343 549	10,70%
	30 - 59	1 115 497	34,70%
	60 a más	1 286 843	40,10%
Tipo de discapacidad	Visual	1 550 196	48,30%
	Motriz	485 211	15,10%
	Auditiva	243 486	7,60%
	Otras	339132	10,60%
Ubicación	Con 2 o mas	591 235	18,40%
	Chiclayo	241	0,05%
	Otros	3 209 020	99,95%

Fuente: Adaptado del INEI [3] y CONADIS [19]

La Tabla 5 muestra algunos indicadores expresados en porcentajes de la población con discapacidad que fueron extraídos del perfil sociodemográfico de la población con discapacidad que realizó el INEI hasta el 2017 y del anuario estadístico del registro nacional de la persona con discapacidad hasta el 2019.

Además, en el distrito de Chiclayo no existen vehículos adaptados para movilizar personas con discapacidad y los sistemas elevadores que hay para dichas personas no están enfocados a ser empleados en el traslado de la persona hacia un vehículo.



Figura 18: Traslado de una persona con discapacidad motriz a un vehículo

Fuente: Periódico El Universo

Como se puede observar en la Figura 18, cuando una persona no tiene su capacidad locomotora ya sea en su totalidad o en ciertos miembros, esto complica o hasta hace imposible su desplazamiento y al momento de querer trasladarse a la silla de ruedas puede terminar en un accidente. Dicho traslado es una dificultad para estas personas ya sea al entrar o al salir de un vehículo y dependiendo del nivel de discapacidad algunas necesitan hasta un cuidador o familiar que les ayude.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente es importante tratar sobre el manejo manual de cargas y personas (MMC), esto es el hecho de movilizar, elevar y desplazar a una carga o persona, nos menciona que es recomendable realizar las siguientes recomendaciones, si el peso es mayor a 25 kg, pedir el apoyo de otras personas para reducir el peso soportado individualmente, también se recurrir a técnicas, maquinas o mecanismos que faciliten la manipulación de la carga o persona. Si esta acción es realizada de forma incorrecta puede llegar a generar traumatismos, como lesiones a la persona con discapacidad y lumbalgias o hernias al cuidador o familiar [20].

#### **4.1.2. Necesidades y aspectos físicos de las personas con discapacidad motriz**

Para el diseño del sistema elevador es necesario determinar las necesidades del usuario y también sus aspectos físicos o mejor dicho su antropometría que nos servirá para delimitar el alcance del diseño y sus aplicaciones

Para identificar las necesidades y aspectos físicos se planteó una encuesta (Anexo 1), dirigida a una muestra de 15 personas con discapacidad motriz mayores de 60 años en el distrito de Chiclayo extraída de la población de la Tabla 5, la cual fue validada por un especialista en el ámbito, en este caso un traumatólogo. Del Anexo 2, podemos analizar cada una de las preguntas según las respuestas y llegar a una síntesis de cada una de ellas.

##### **1.- ¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)**

La mayoría de encuestados posea una discapacidad debido a una enfermedad o un accidente y requieren de la asistencia tanto de una silla de ruedas o muletas como de un familiar o terapeuta.

##### **2.- ¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser sí, ¿Cuáles son?**

Los dolores que limitan su movimiento y el ser cargado o trasladado por una persona causan incomodidad por el poco espacio disponible que hay al entrar y salir del vehículo.

##### **3.- ¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?**

Algunos han sufrido caídas que generaron lesiones o traumatismos, pero otros mencionaron que tenían cuidado en ese aspecto y reciben ayuda durante dicho traslado.

##### **4.- ¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser sí, como le gustaría que sea.**

La mayoría de encuestados desconoce de este tipo de sistema elevador.

##### **5.- ¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?**

La característica más buscada es la de seguridad del sistema elevador.

##### **6.- ¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?**

Se detectó que existen diferentes dificultades, ya sean económicas, de diseño y espacio del vehículo y hasta del propio usuario al no poder recibir ayuda que necesita.

De los resultados de las encuestas del Anexo 05 al Anexo 19, se tendrá en consideración dos aspectos importantes:

#### 4.1.2.1. Necesidades del usuario

Las necesidades del usuario están detalladas por las características que puede brindar el propio sistema elevador.

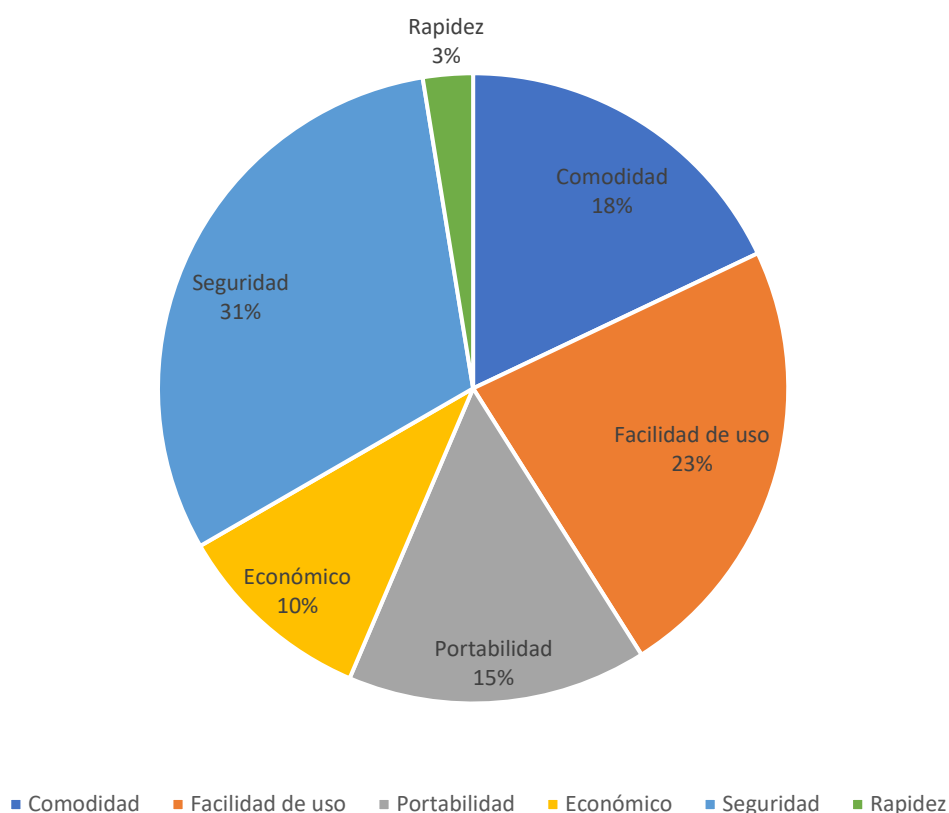


Figura 19: Características del sistema elevador

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 19, se puede apreciar que las características que los usuarios consideran más importantes son la seguridad, facilidad de uso y la portabilidad con la comodidad y es por ello dichas características tendrán un mayor peso en el diseño conceptual del sistema elevador.

#### 4.1.2.2. Aspectos físicos

Se delimitará el diseño de sistema de elevación a través de la consideración de los aspectos físicos, especialmente el peso y la altura. Es fundamental restringir su diseño para garantizar un rendimiento óptimo y la seguridad del usuario.

Tabla 6: Resultados de aspectos físicos

Altura (cm)	Masa (Kg)
163	60,8
168	63
177	80
171	69
177	74
158	84
149	58
159	78
150	63
160	60
170	82
152	53
165	78
150	65
157	57

Fuente: Elaboración Propia

En este caso, en la Tabla 6 se tomarán los máximos datos, que para el aspecto del peso será de 84 Kg al cual se le sumaran 12 Kg en consideración de algunos componentes del sistema y objetos que este portando el usuario, teniendo así un peso de 96 Kg; por otro lado, en el aspecto de la altura se considerara la altura de 177 cm como la máxima. Estos aspectos serán considerados al momento de realizar el diseño conceptual y los estudios estructurales del sistema elevador.

## 4.2. Diseño de la propuesta de ingeniería

Para realizar la propuesta de ingeniería se utilizará la metodología de Pahl y Beitz para poder llegar a un diseño conceptual.

### 4.2.1. Diseño conceptual

El diseño conceptual implica la integración de la ingeniería, ergonomía y tecnología. Se inicia con la identificación de las necesidades y desafíos específicos de los usuarios anteriormente realizados, para así poder centrarse en la creación de soluciones que mejoren su movilidad y autonomía. En este proceso, se exploran diferentes alternativas y materiales de alta durabilidad para lograr un equilibrio entre funcionalidad, seguridad y comodidad. Además, la facilidad de uso y mantenimiento suelen ser consideraciones clave en el diseño conceptual, asegurando que la solución propuesta sea práctica y responda de manera efectiva a las necesidades de las personas con discapacidad motriz.

#### 4.2.1.1. Matriz morfológica


















Durante la etapa de diseño conceptual se consideraron las siguientes subfunciones: base sistema, estructura, actuador, arnés, punto de sujeción, rotación, grados de libertad y fuente de energía. Para así plantear las alternativas con sus componentes y posteriormente poder realizar su selección.

Tabla 7: Leyenda de alternativas

Leyenda	
Alternativa 1	— —▶
Alternativa 2	— —▶
Alternativa 3	— —▶

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Matriz morfológica

		Alternativas		
		1	2	3
<b>Subfunciones</b>	<b>Base sistema</b>	Fija 	Móvil 	Tipo gata hidráulica 
	<b>Perfiles</b>	Tipo I 	Tubular Rectangular 	
	<b>Actuador</b>	Neumático 	Eléctrico 	Hidráulico 
	<b>Arnés</b>	Plástico 	Poliéster 	
	<b>Punto de sujeción</b>	1 	2 	4 
	<b>Rotación</b>	Motorizado 	Bisagra 	
	<b>Grados de libertad</b>	3	2	4
	<b>Fuente de energía</b>	Batería independiente 	Batería del auto 	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.1.2. Diseño conceptual de las alternativas

##### Alternativa 1

Para la alternativa 1 se consideró una base que se mantiene fija con el propio peso del vehículo utilizando una gata hidráulica, para la elevación del sistema se utilizó un actuador eléctrico el cual está en contacto con un mecanismo de cuatro barras lo cual permite variar el ángulo de elevación del sistema, en cuanto a la rotación del sistema se realizó mediante bisagras, esto le permitió al sistema movilizarse en 2 grados de libertad y por último la sujeción del arnés será de cuatro puntos. Entre las ventajas de esta alternativa se encuentra que es portátil y fácil de usar, además proporciona una sensación de seguridad y confianza debido a que mantiene al usuario estable durante el traslado. Por otra parte, en cuanto a las desventajas se destaca la necesidad de un espacio más extenso y su instalación es considerada más compleja.

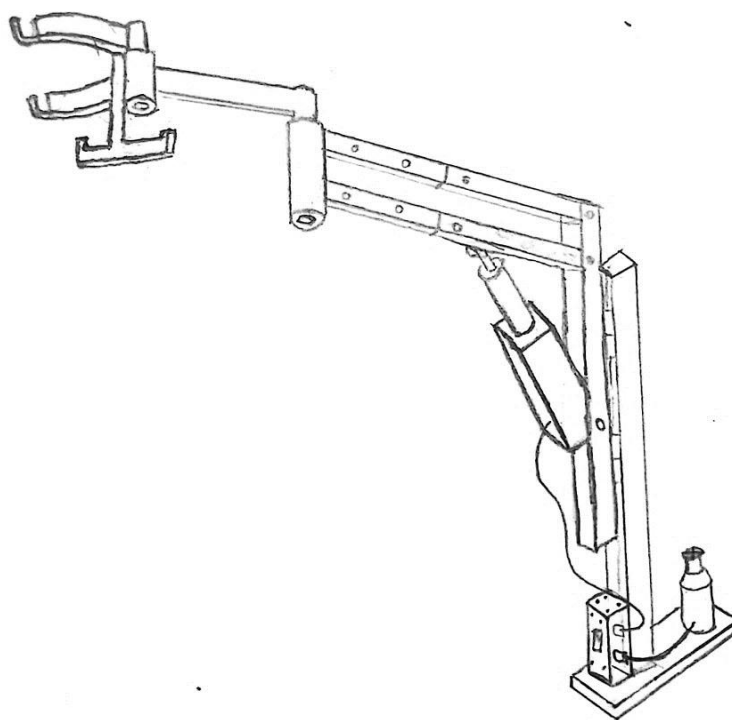


Figura 20: Diseño conceptual de la alternativa 1

Fuente: Elaboración Propia

## Alternativa 2

En la alternativa 2 se tiene una base móvil mediante ruedas y un mecanismo tipo grúa que utiliza el actuador neumático como contrapeso para la elevación del sistema, este sistema cuenta con 4 grados de libertad gracias a la base móvil y la sujeción del arnés es de un solo punto. Dentro de las ventajas de esta alternativa es que aplicable a diferentes situaciones aparte del traslado al vehículo ósea también se puede trasladar de un lado a otro. En cuanto a las desventajas se requiere de un mayor espacio para maniobrar el sistema, no es muy seguro debido a que el usuario está expuesto a movimientos bruscos debido al sistema de ruedas.

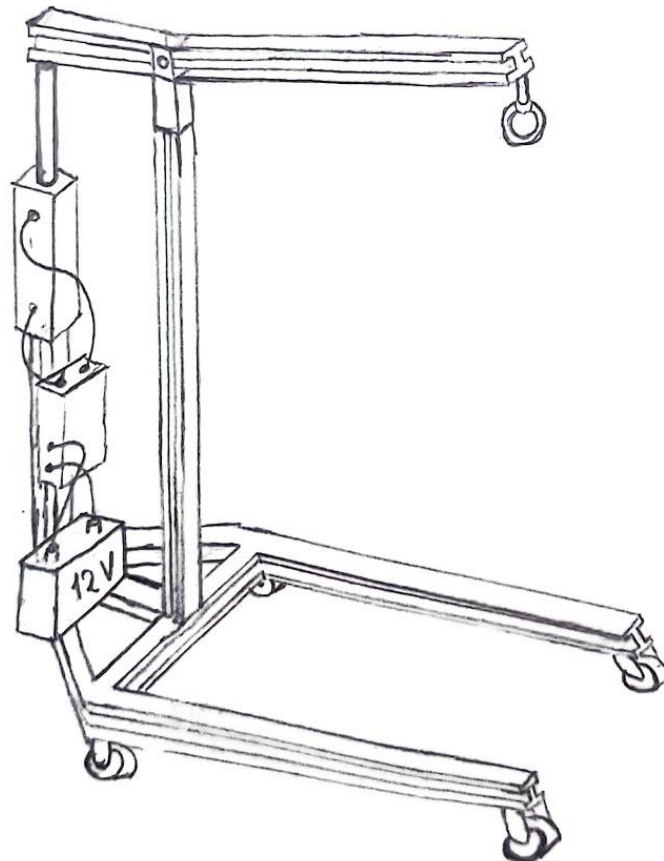


Figura 21: Diseño conceptual de la alternativa 2

Fuente: Elaboración Propia

### Alternativa 3

Para la alternativa 3 se consideró una base que se mantiene fija a las bisagras de la puerta del carro, para la elevación del sistema se utilizó un actuador hidráulico el cual está en contacto con un mecanismo de cuatro barras lo cual permite variar el ángulo de elevación del sistema, en cuanto a la rotación del sistema se realizó mediante bisagras, esto le permitió al sistema movilizarse en 3 grados de libertad y por último la sujeción del arnés será de 2 puntos. Entre las ventajas de esta alternativa se encuentra que es portátil y compacto comparado. Por otra parte, en cuanto a las desventajas se destaca la necesidad modificar el carro y no puede ser usado por cualquier usuario.

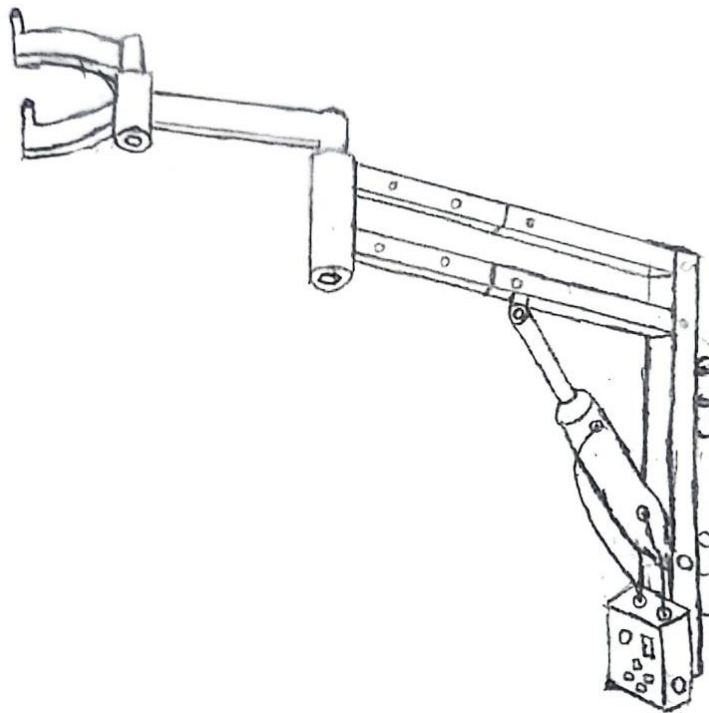


Figura 22: Diseño conceptual de la alternativa 3

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.1.3. Matriz ponderada

Durante la etapa de selección de diseño conceptual se consideró los siguientes 5 criterios fundamentados por la encuesta: portabilidad, mantenimiento, seguridad, comodidad y facilidad de uso. Para así determinar cuál de los diseños planteados es el ideal para el sistema elevador. Se considero un puntaje del 0 al 5, donde:

Tabla 9: Puntaje de matriz ponderada

Puntaje	Descripción
0	No aceptable
1	Suficiente
2	Aceptable
3	Bueno
4	Muy bueno
5	Ideal

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Matriz ponderada

Descripción		Alternativas					
		1		2		3	
Criterios	Peso	P	PP	P	PP	P	PP
Seguridad	30%	5	1,5	2	0,6	5	1,5
Facilidad de uso	25%	3	0,75	5	1,25	3	0,75
Portabilidad	15%	3	0,45	2	0,3	4	0,6
Comodidad	20%	4	0,8	4	0,8	2	0,4
Mantenimiento	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4
<b>Total</b>	<b>100%</b>	-	<b>3,9</b>	-	<b>3,35</b>	-	<b>3,65</b>

Fuente: Elaboración Propia

Una vez aplicadas las matrices se procedió a realizar el diseño con mayor puntaje resultando ser la alternativa 1 como la mejor según los criterios considerados.

## 4.2.2. Selección de material

Evaluando una variedad trabajos en los cuales se realizó un sistema de elevación similar, donde se utilizaron los aceros ASTM A500 (Anexo 20), AISI 1020 (Anexo 21), AISI 1045 (Anexo 22), A36 (Anexo 23) y SAE J403 1008 (Anexo 24), con estos materiales se procedió a realizar el estudio.

### 4.2.2.1. Estudio de grupo de propiedades

Con las propiedades de los materiales mencionados anteriormente: módulo de Young, límite de fluencia, densidad, expansión y conductividad térmicas que se utilizaron para calcular los criterios del riesgo de fluencias, de deformaciones por propio peso, frecuencias naturales altas y expansiones pequeñas comparándolo con un material de referencia (Figura 13).

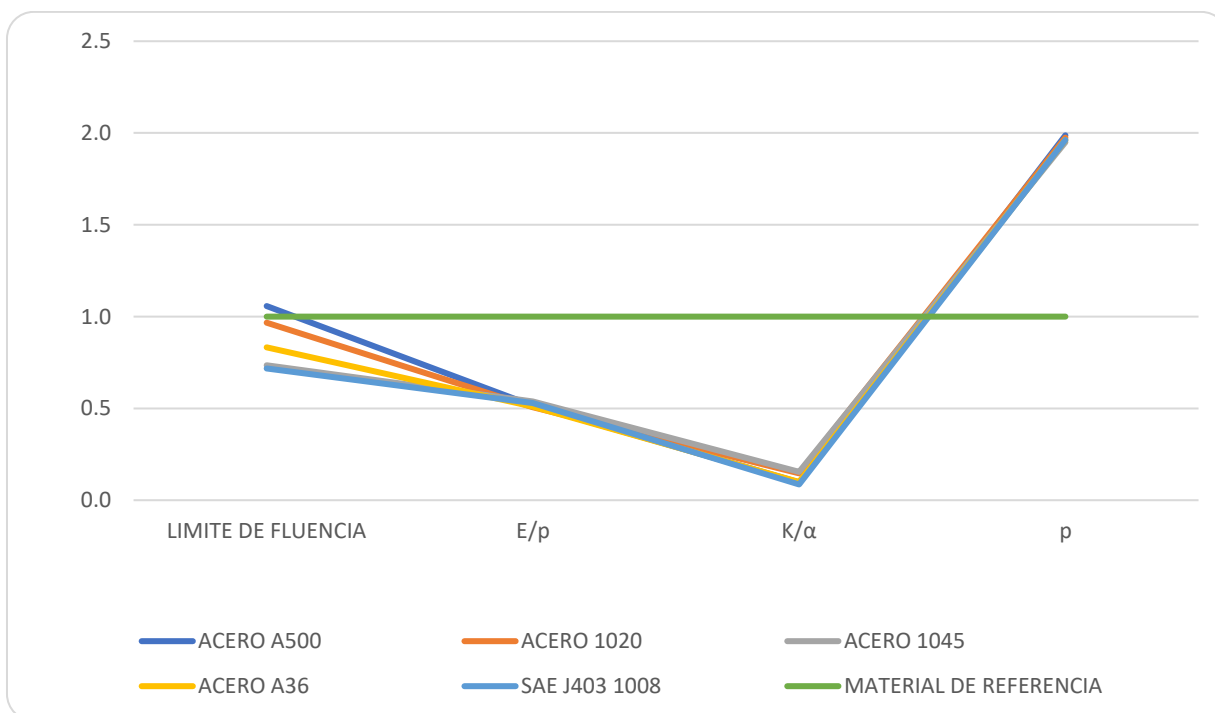


Figura 23: Estudio de grupo de propiedades

Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 23 se puede deducir que el acero ASTM A500 (AISI 1015) es la opción más adecuada ya que es el que posee mayor puntaje en los criterios anteriormente mencionados en comparación al resto de materiales.

### 4.3. Diseño del sistema electromecánico

Para realizar el diseño electromecánico del sistema elevador se tendrá en consideración la alternativa 1 del diseño conceptual, donde se procederá a establecer las dimensiones que poseerá el dibujo CAD. También se diseñará y programaran los componentes del sistema de control.

#### 4.3.1. Dimensiones del dibujo CAD

Se desarrollo en SolidWorks las piezas que formaran parte del sistema elevador. Desde el Anexo 25 hasta el Anexo 38 se presentan los planos de detalle acotados en milímetros del dibujo CAD de la Figura 24.

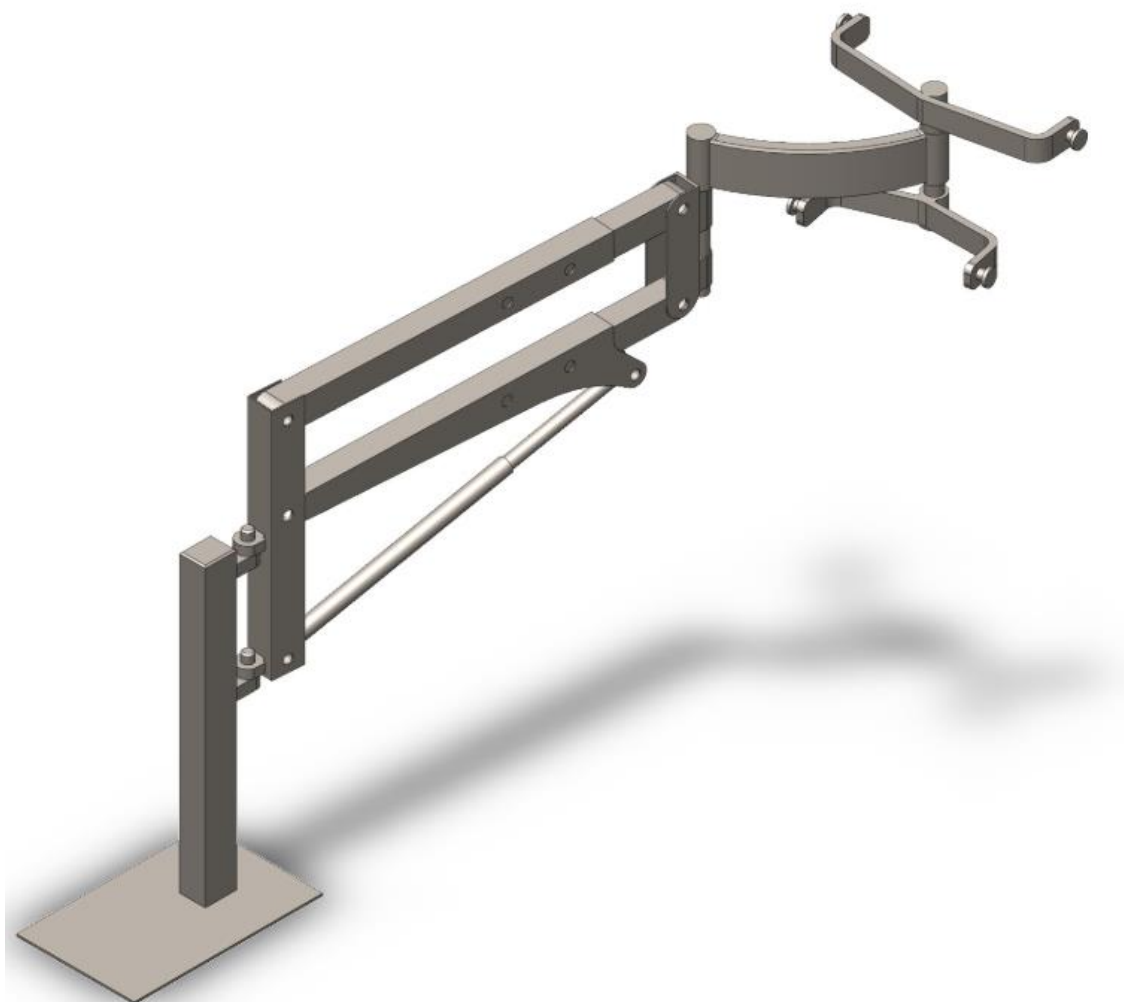


Figura 24: Vista Isométrica del sistema elevador

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.2. Dinámica de movimiento

La dinámica de movimiento en el ascenso y descenso de una persona con discapacidad motriz hacia un vehículo con ayuda de un sistema elevador generalmente implica una serie de pasos cuidadosamente diseñados para garantizar seguridad y fluidez.

Primero, se coloca el sistema elevador en posición y se fija mediante la gata hidráulica eléctrica con la masa del vehículo. Posteriormente, se acerca la persona con discapacidad motriz sentada en silla de ruedas a la puerta del vehículo como se aprecia en la Figura 25.

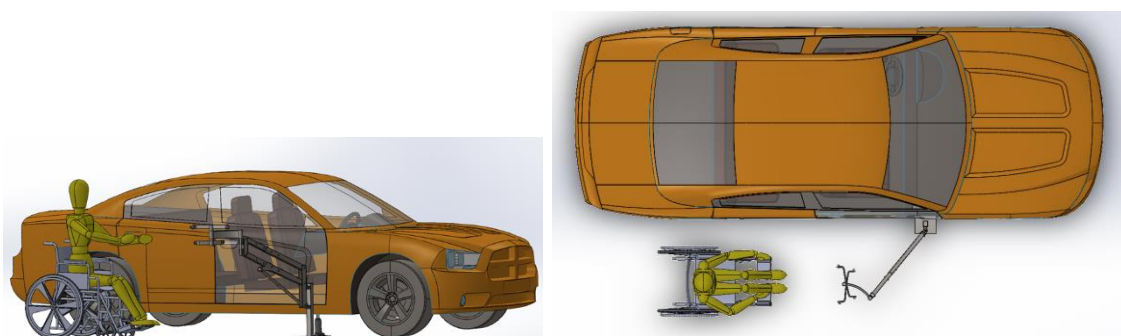


Figura 25: Vista lateral y superior del primer movimiento

Fuente: Elaboración Propia

Después, se procede a enganchar el arnés a los puntos de sujeción del sistema elevador, distribuyendo correctamente los puntos de apoyo para evitar movimientos incómodos o bruscos. El sistema eleva a la persona como se ve en la Figura 26, todo el movimiento es realizado a una velocidad constante asegurando el control en la elevación para minimizar cualquier balanceo.

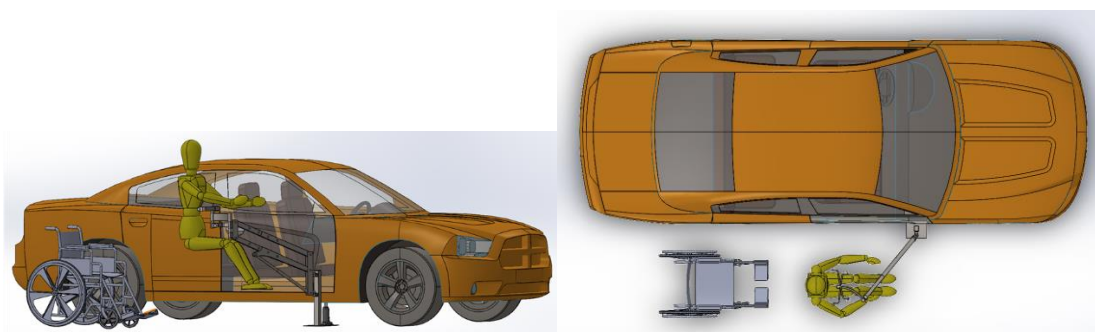


Figura 26: Vista lateral y superior del segundo movimiento

Fuente: Elaboración Propia

Al alcanzar la altura adecuada, se desplaza lateralmente hacia la puerta del vehículo con cuidado para mantener la estabilidad de la persona y del sistema elevador. Una vez alineada con el asiento, la grúa desciende lentamente. Tras la colocación en el asiento como se aprecia en la Figura 27, se retira el arnés. Finalmente, la grúa se retrae a su posición inicial, completando así el proceso de ascenso. Para el descenso, se realizan los mismos movimientos, pero en orden inverso.

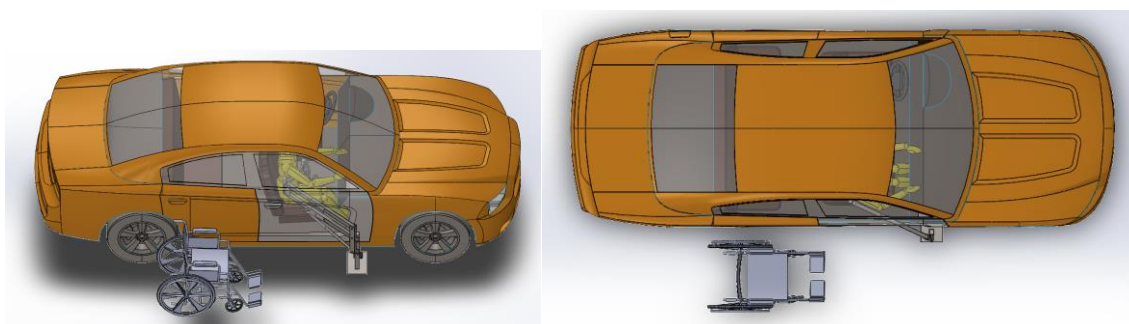


Figura 27: Vista lateral y superior del tercer movimiento

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.3. Análisis estático – estructural

Se utilizó el software SolidWorks para evaluar el comportamiento del diseño bajo una carga de 942 N aplicada a los volantes en los que se sujetara el arnés, posteriormente se definió la geometría fija la cual fue la base de 4 mm de espesor y por último se realizó el mallado de dibujo CAD. Con lo que se obtuvo los resultados de tensiones, desplazamientos, deformaciones unitarias y factor de seguridad.

#### Tensiones

En la Figura 28 se logra apreciar que, realizando el análisis, se obtuvo un máximo esfuerzo de 183,56 MPa, siendo un resultado que se encuentra dentro de los 317 MPa del límite elástico detallado en los datos del estudio de grupo de propiedades.

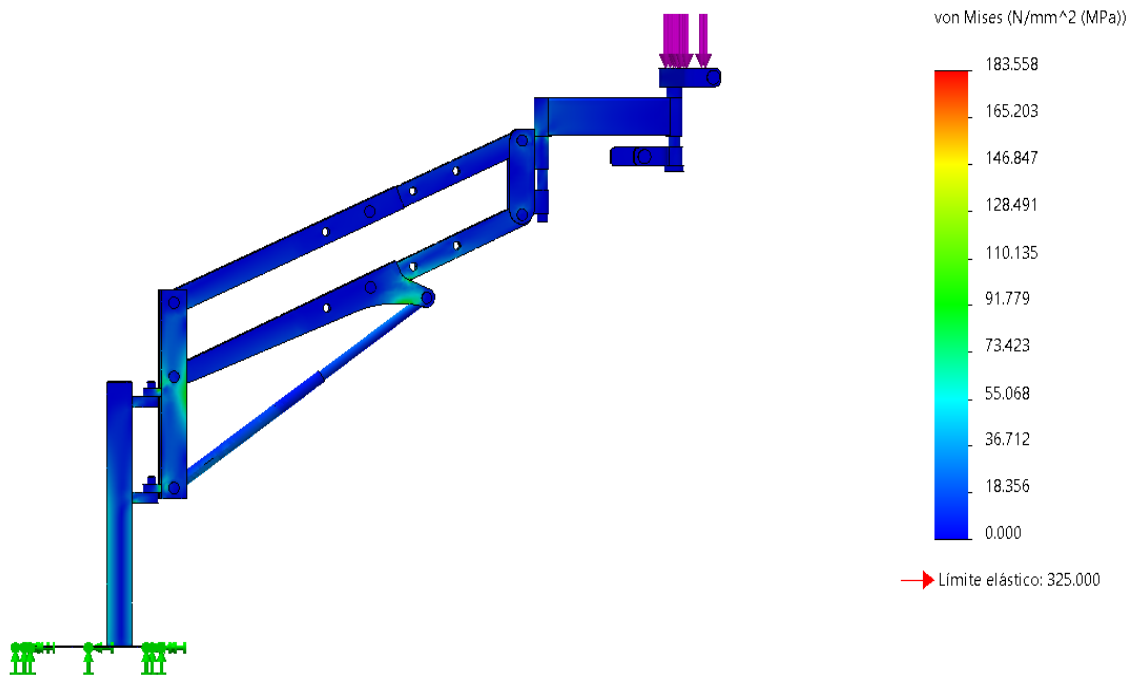


Figura 28: Resultados de Tensiones (Von Mises)

Fuente: Elaboración Propia

#### Desplazamientos

En la Figura 29 se logra apreciar que, realizando el análisis, se obtuvo un máximo desplazamiento de 7,54 mm, siendo un resultado menor a los 10 mm máximos de desplazamiento.

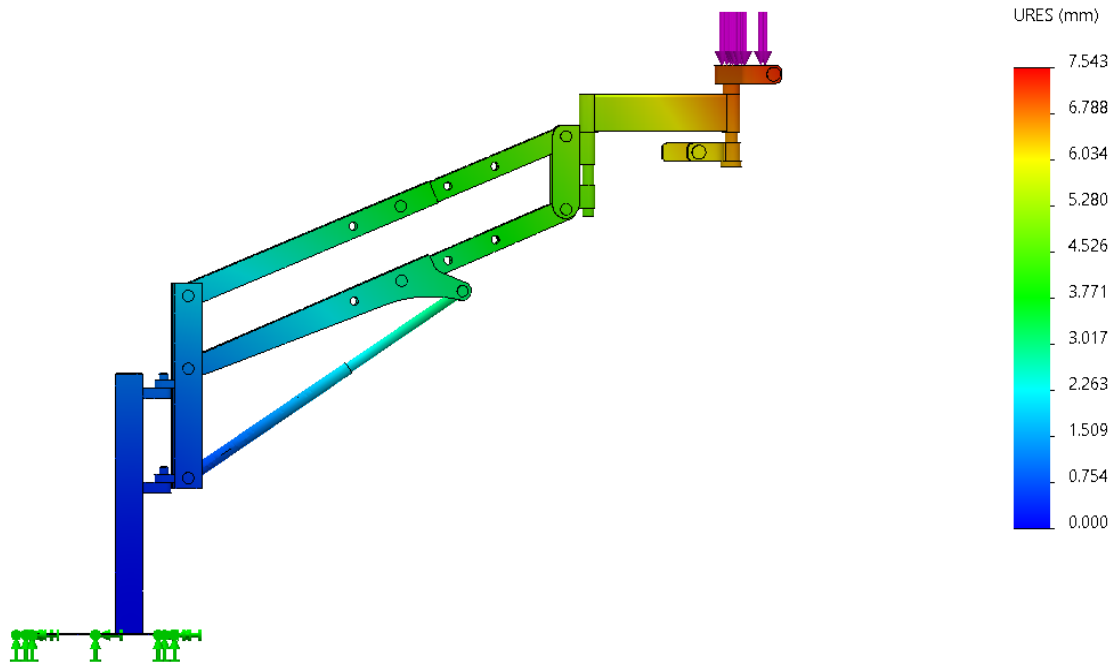


Figura 29: Resultados de Desplazamientos URES

Fuente: Elaboración Propia

### Deformaciones Unitarias

En la Figura 30 se logra apreciar que, realizando el análisis, se obtuvo un resultado de deformaciones unitarias de 0, lo cual significa que el diseño no sufrió ninguna alteración en la longitud con respecto a la longitud original.

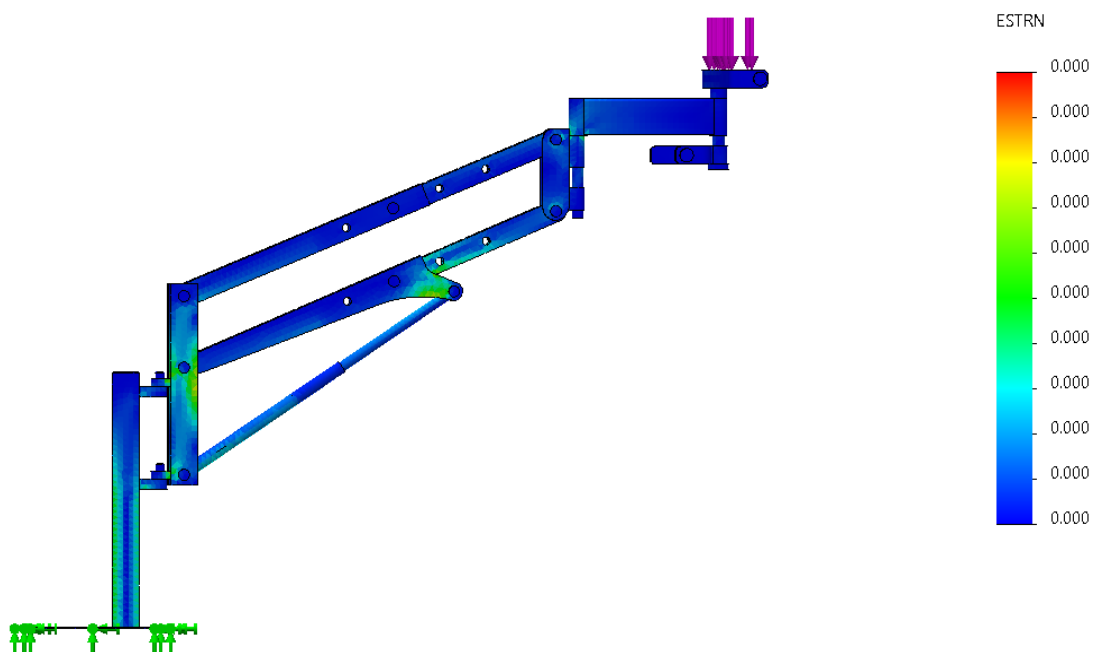


Figura 30: Resultados de Deformaciones Unitarias ESTRN

Fuente: Elaboración Propia

### Factor de Seguridad

En la Figura 31 se logra apreciar que, realizando el análisis, se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 1,77, el cual se encuentra por encima del rango de 1,3 – 1,5 para el uso con materiales de alta fiabilidad donde el peso es una consideración importante.

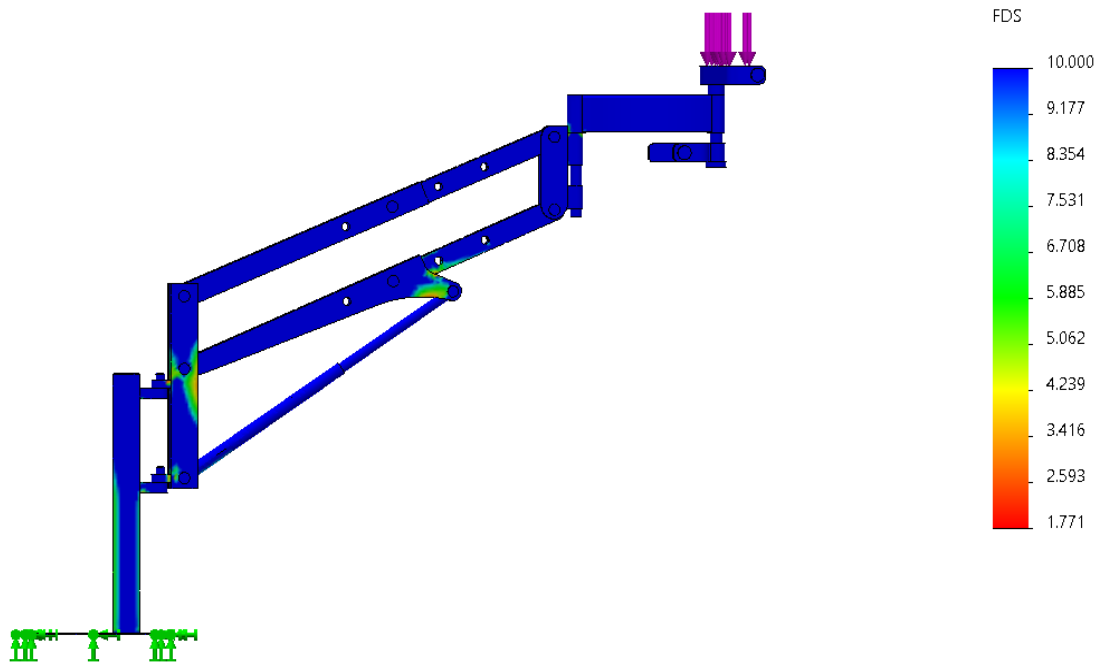


Figura 31: Resultados de Factor de Seguridad

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.4. Validación mediante cálculos teóricos

De los resultados extraídos del software, se procedió a evaluarlos con los cálculos de fuerzas y esfuerzos del diagrama de cuerpo libre de la Figura 32.

Utilizando la ecuación de peso de un elemento determinaremos la fuerza que aplicara la masa de la persona sobre el sistema elevador.

$$W = m * g \quad \dots(2)$$

$$W = 96 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 942 \text{ N}$$

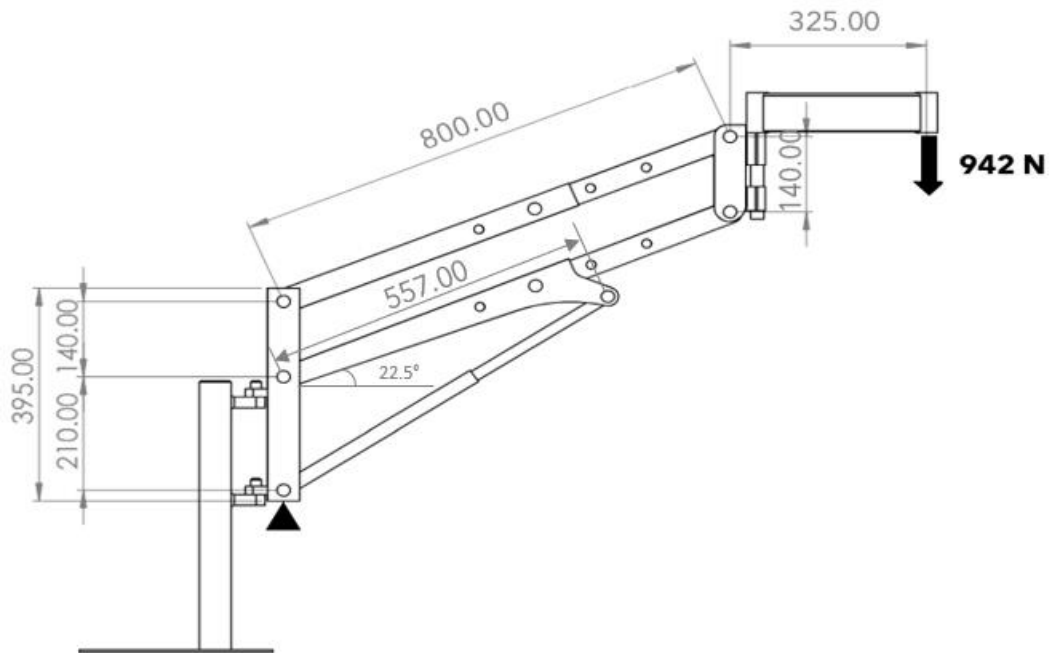


Figura 32: Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Elaboración Propia

### Cálculos de Fuerzas

Para calcular las fuerzas del sistema, se procede separarlo por barras para hallar las fuerzas aplicadas en cada nodo.

Barra A-B

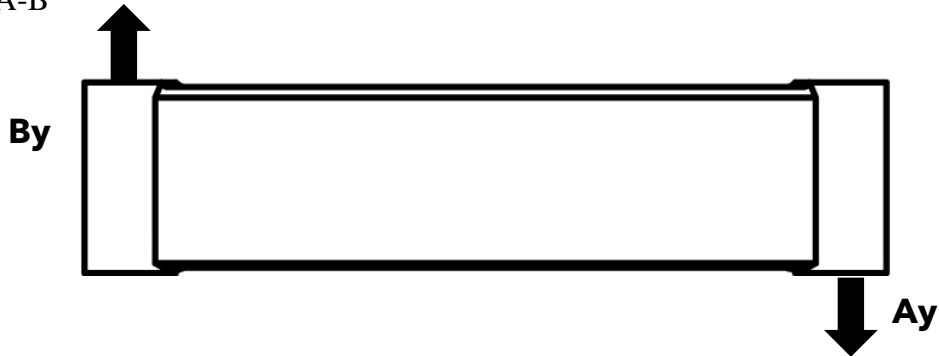


Figura 33: Fuerzas aplicadas en la Barra A-B

Fuente: Elaboración Propia

$$\sum F_y = 0 \quad \dots(1)$$

$$B_y = 942 \text{ N}$$

Barra B-C

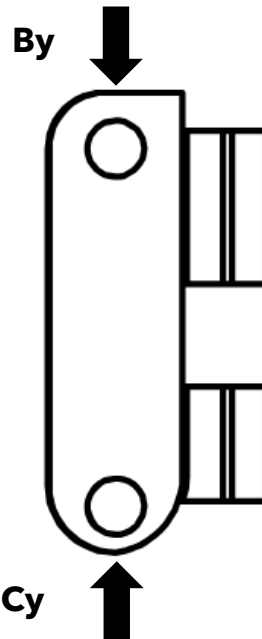


Figura 34: Fuerzas aplicadas en la Barra B-C

Fuente: Elaboración Propia

$$\sum F_y = 0 \quad \dots(1)$$

$$C_y = 942 \text{ N}$$

Barra B-D

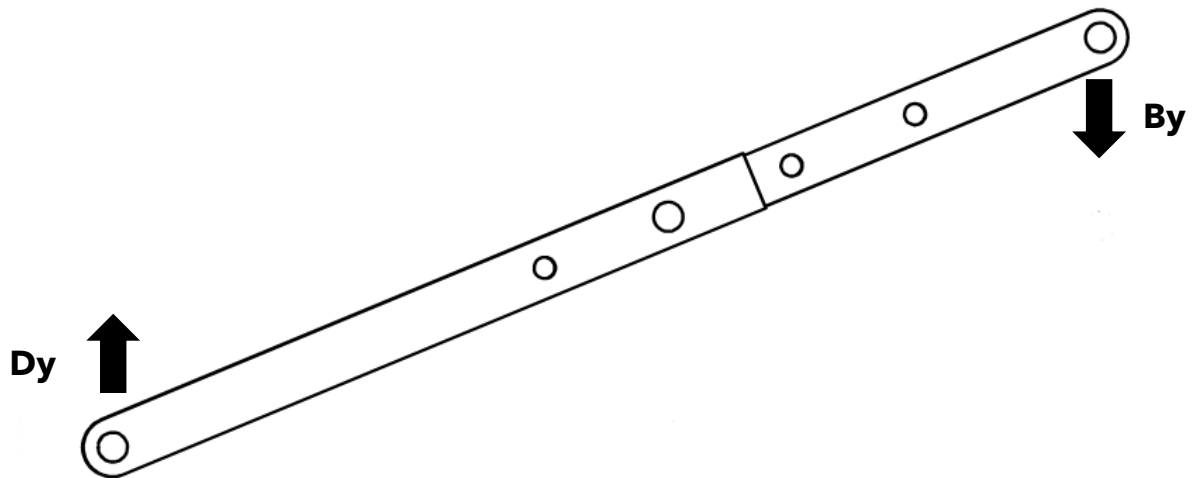


Figura 35: Fuerzas aplicadas en la Barra B-D

Fuente: Elaboración Propia

$$\sum F_y = 0 \quad \dots(1)$$

$$D_y = 942 \text{ N}$$

Barra C-E-F

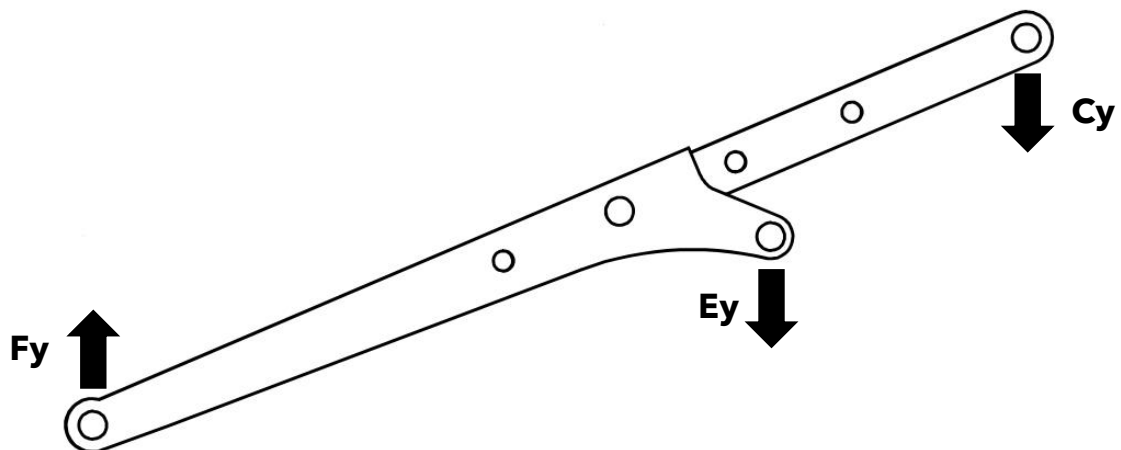


Figura 36: Fuerzas aplicadas en la Barra C-E-F

Fuente: Elaboración Propia

$$\sum F_y = 0 \quad \dots(1)$$

$$F_y = 1884 \text{ N}$$

Barra D-F-G

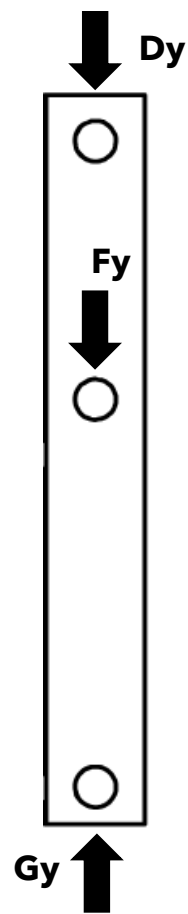


Figura 37: Fuerzas aplicadas en la Barra D-F-G

Fuente: Elaboración Propia

$$\sum F_y = 0 \quad \dots(1)$$

$$G_y = 1884 \text{ N}$$

### Cálculos de Esfuerzos

Para calcular los esfuerzos del sistema, se procede separarlo por barras para hallar los esfuerzos existentes en cada barra mediante las fuerzas calculadas anteriormente.

Barra A-B

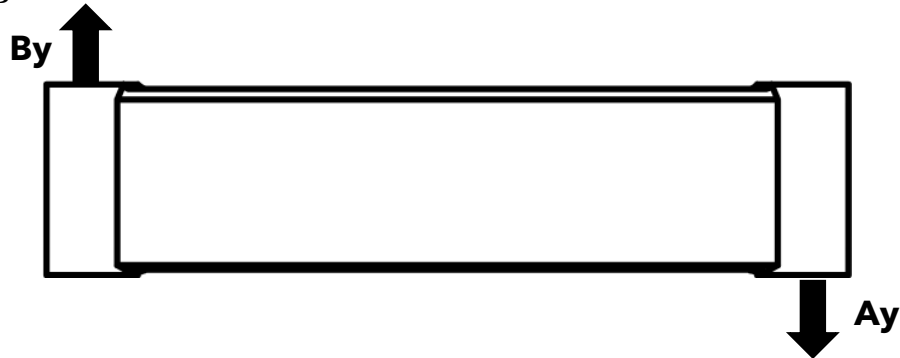


Figura 38: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra A-B

Fuente: Elaboración Propia

$$A_y = 942 \text{ N}$$

$$B_y = 942 \text{ N}$$

Dado que en la Figura 38 no hay una fuerza axial, el esfuerzo axial será nulo. Sin embargo, es necesario calcular el Diagrama de Fuerza Cortante (DFC) y el Diagrama de Momento Flector (DMF), como se aprecia en la Figura 39, para determinar la cortante y el momento máximo en el elemento.

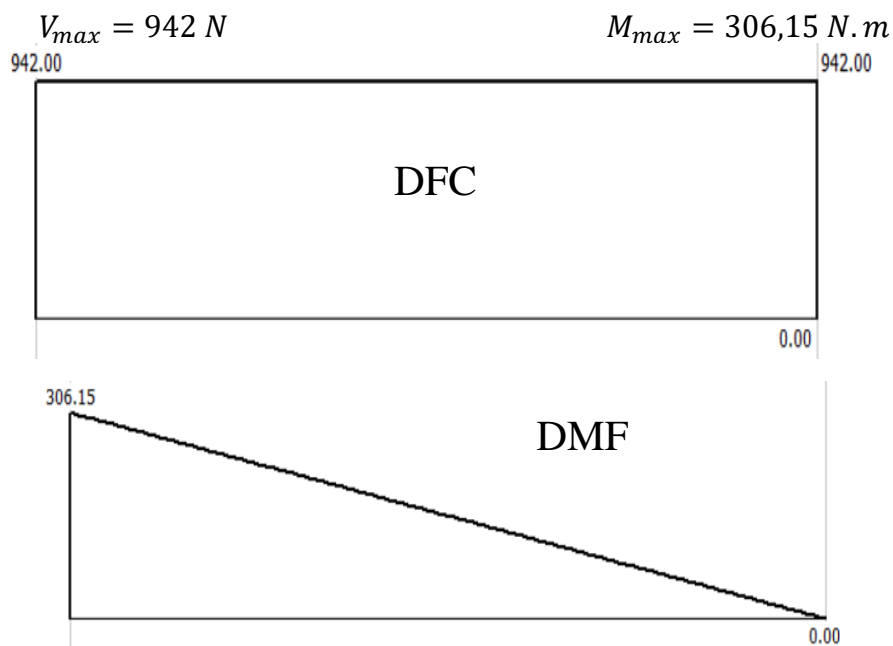


Figura 39: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector de la Barra A-B

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda del software SolidWorks, se obtienen las propiedades de sección de la barra A-B necesarias para realizar los cálculos correspondientes.

$$c = 34 \text{ mm}$$

$$A = 588,53 \text{ mm}^2$$

$$I = 280796,56 \text{ mm}^4$$

Esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots (3)$$

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma = \frac{306150 \text{ N} \cdot \text{mm} * 34 \text{ mm}}{280796,56 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 37,07 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V}{A} \dots (4)$$

$$\tau = \frac{942 \text{ N}}{588,53 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 1,69 \text{ MPa}$$

Barra B-C

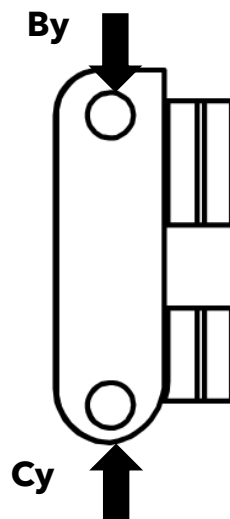


Figura 40: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra B-C

Fuente: Elaboración Propia

$$B_y = 942 \text{ N}$$

$$C_y = 942 \text{ N}$$

De acuerdo con la Figura 40, esta barra está sometida a una fuerza normal (axial), lo que significa que solo habrá esfuerzo axial, y en este caso, será de compresión. Utilizando el software SolidWorks, se obtienen las propiedades de la sección de la barra B-C necesarias para realizar los cálculos correspondientes.

$$A = 487 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo normal a compresión:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \dots (3)$$

$$\sigma_c = \frac{942 \text{ N}}{487 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_c = 1,93 \text{ MPa}$$

Barra B-D

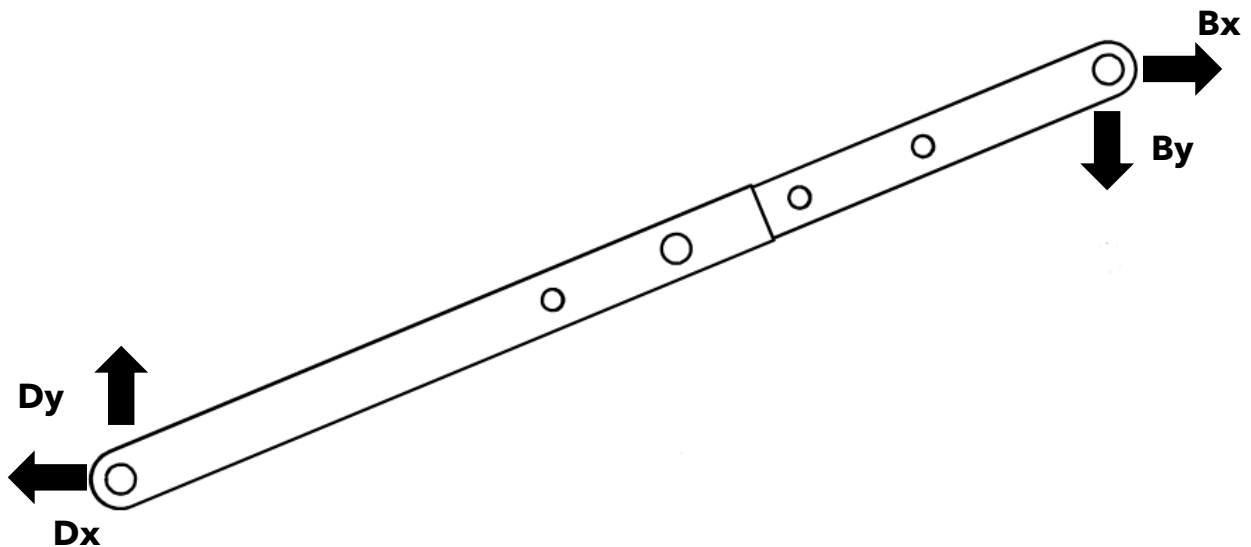


Figura 41: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra B-D

Fuente: Elaboración Propia

$$B_x = 942 \text{ sen}(22,5^\circ) \text{ N}$$

$$D_x = 942 \text{ sen}(22,5^\circ) \text{ N}$$

$$B_y = 942 \text{ cos}(22,5^\circ) \text{ N}$$

$$D_y = 942 \text{ cos}(22,5^\circ) \text{ N}$$

Dado que en la Figura 41 hay una fuerza axial, el esfuerzo axial será a tensión. Sin embargo, es necesario calcular el Diagrama de Fuerza Cortante (DFC) y el Diagrama de Momento Flector (DMF), como se aprecia en la Figura 42, para determinar la cortante y el momento máximo en el elemento.

$$V_{max} = 870,29 \text{ N}$$

$$M_{max} = 696,23 \text{ N.m}$$

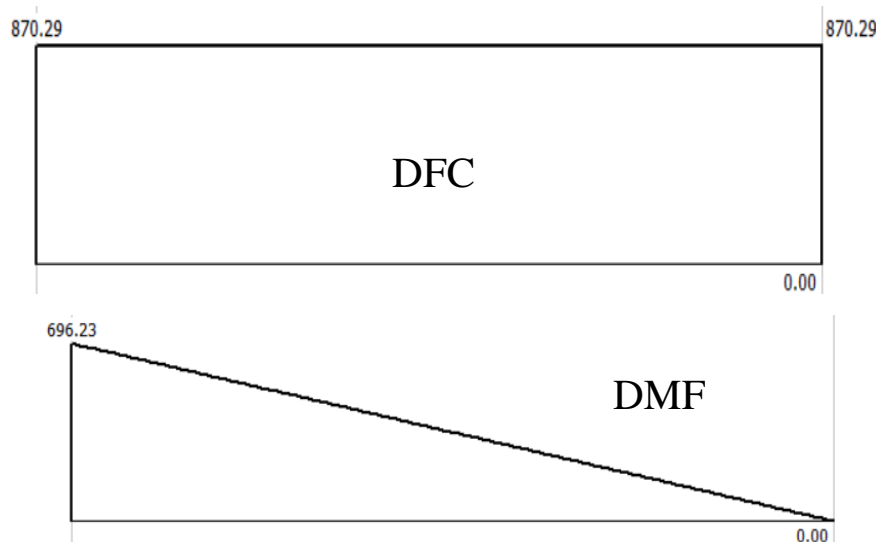


Figura 42: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector de la Barra B-D

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda del software SolidWorks, se obtienen las propiedades de sección de la barra B-D necesarias para realizar los cálculos correspondientes.

$$c = 18 \text{ mm}$$

$$A = 347 \text{ mm}^2$$

$$I = 139996 \text{ mm}^4$$

Esfuerzo normal a tensión:

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots (3)$$

$$\sigma_t = \frac{360,49 \text{ N}}{347 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_t = 1,04 \text{ MPa}$$

Esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots (3)$$

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma = \frac{696230 \text{ N} \cdot \text{mm} * 18 \text{ mm}}{139996 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 89,52 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V}{A} \dots (4)$$

$$\tau = \frac{696,23 \text{ N}}{347 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 2,01 \text{ MPa}$$

Barra C-E-F

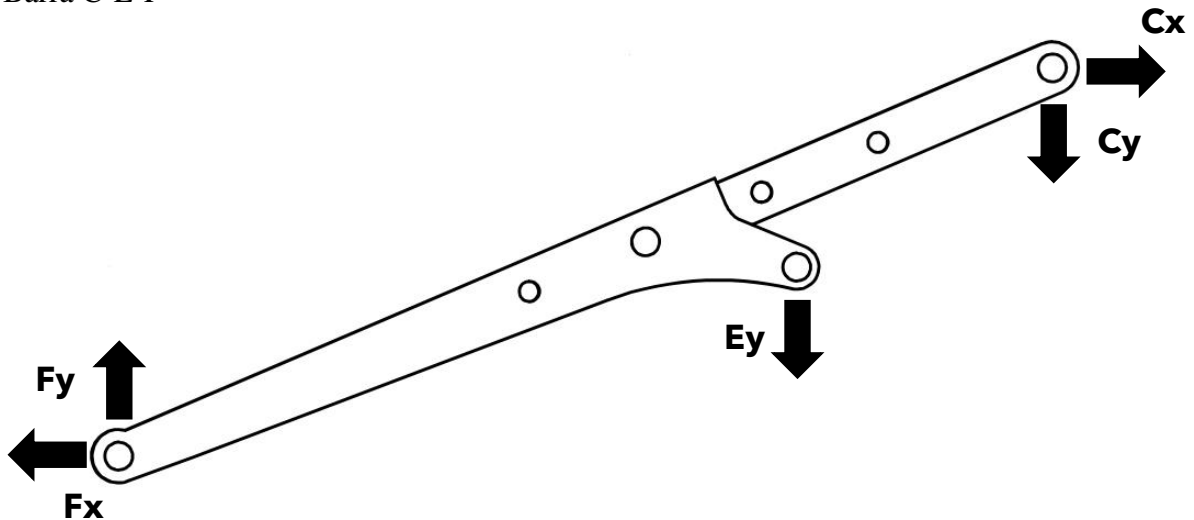


Figura 43: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra C-E-F

Fuente: Elaboración Propia

$$C_x = 942 \text{ sen}(22,5^\circ) \text{ N}$$

$$F_x = 1884 \text{ sen}(22,5^\circ) \text{ N}$$

$$C_y = 942 \text{ cos}(22,5^\circ) \text{ N}$$

$$F_y = 1884 \text{ cos}(22,5^\circ) \text{ N}$$

$$E_y = 942 \text{ cos}(22,5^\circ) \text{ N}$$

Dado que en la Figura 43 hay dos fuerzas axiales, el esfuerzo axial será a tensión y a compresión. Sin embargo, es necesario calcular el Diagrama de Fuerza Cortante (DFC) y el Diagrama de Momento Flector (DMF), como se aprecia en la Figura 44, para determinar la cortante y el momento máximo en el elemento.

$$V_{max} = 1740,59 \text{ N}$$

$$M_{max} = 1180,99 \text{ N.m}$$

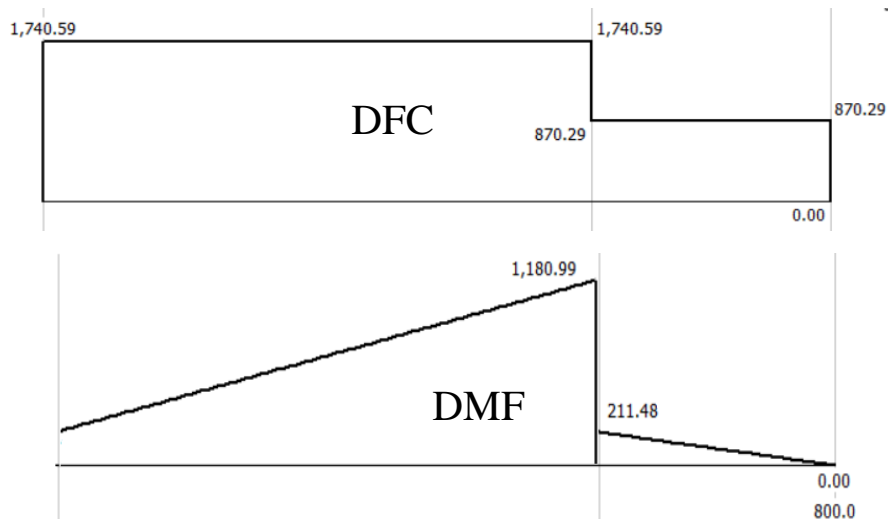


Figura 44: Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector de la Barra C-E-F

Fuente: Elaboración Propia

Con la ayuda del software SolidWorks, se obtienen las propiedades de sección de la barra C-E-F necesarias para realizar los cálculos correspondientes.

$$c = 18 \text{ mm}$$

$$A = 347 \text{ mm}^2$$

$$I = 139996 \text{ mm}^4$$

Esfuerzo normal a tensión:

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots (3)$$

$$\sigma_t = \frac{720,98 \text{ N}}{347 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_t = 2,08 \text{ MPa}$$

Esfuerzo normal a compresión:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \dots (3)$$

$$\sigma_c = \frac{360,49 \text{ N}}{347 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_c = 1,04 \text{ MPa}$$

Esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots (3)$$

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma = \frac{1180990 \text{ N} \cdot \text{mm} * 18 \text{ mm}}{139996 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 89,52 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V}{A} \dots (4)$$

$$\tau = \frac{1740,59 \text{ N}}{347 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 151,85 \text{ MPa}$$

Barra D-F-G

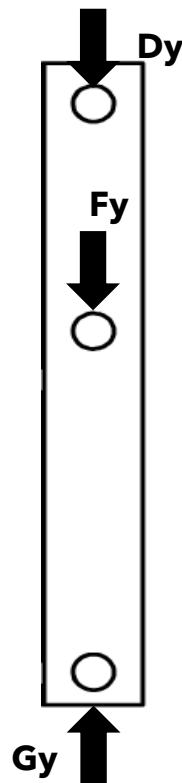


Figura 45: Diagrama de Cuerpo Libre de la Barra D-F-G

Fuente: Elaboración Propia

$$D_y = 942 \text{ N}$$

$$F_y = 942 \text{ N}$$

De acuerdo con la Figura 45, esta barra está sometida a una fuerza normal (axial), lo que significa que solo habrá esfuerzo axial, y en este caso, será de compresión. Utilizando el software SolidWorks, se obtienen las propiedades de la sección de la barra D-F-G necesarias para realizar los cálculos correspondientes.

$$A = 292 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo normal a compresión:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad \dots (3)$$

$$\sigma_c = \frac{1884 \text{ N}}{292 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_c = 6,45 \text{ MPa}$$

De los resultados de los cálculos teóricos presentados anteriormente se obtuvo un máximo esfuerzo de 151,85 MPa, considerando cierto porcentaje de error, se aproximó con el resultado de la simulación de 183,56 MPa realizada en el software SolidWorks, y ninguno de los resultados obtenidos excedió el límite elástico de 317 MPa del acero ASTM A500.

### 4.3.5. Diseño del sistema de control

Para el diseño del sistema de control de la Figura 46, se planteó la conexión entre los componentes seleccionados por las fichas técnicas detalladas en anexos. Dichos fueron PLC 1211 DC/DC/Rly (Anexo 39), Simatic HMI KTP400 (Anexo 40), Convertidor Quint-PS-12VDC/24VDC (Anexo 41), Actuador LINAK LA28C (Anexo 42), Módulo de 4 Relay 12V/10A (Anexo 43) y una gata hidráulica eléctrica de 5 Ton.

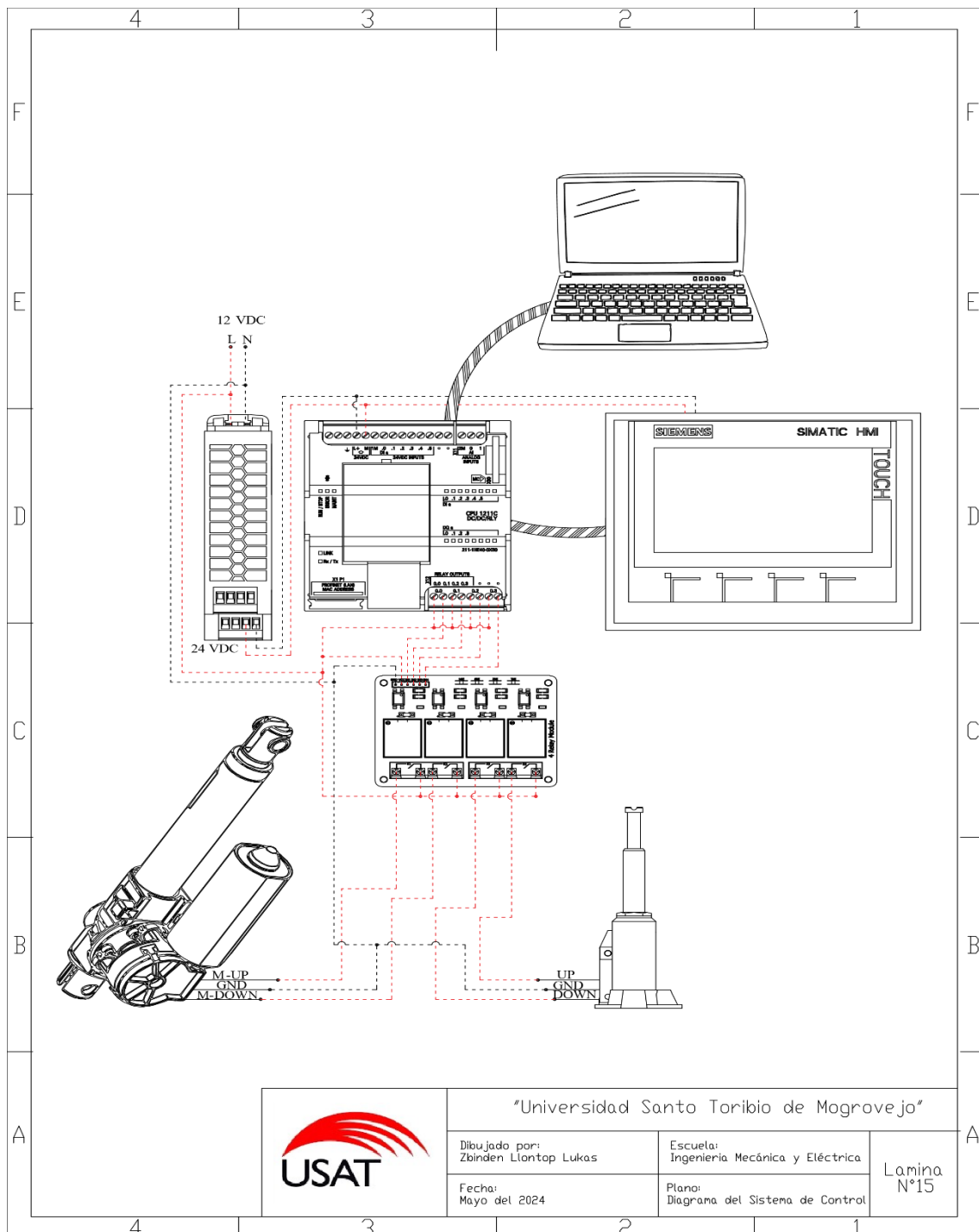


Figura 46: Diagrama de Sistema de Control

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.6. Programación del sistema de control

Para la programación del sistema elevador se utilizó los softwares de los componentes Siemens, donde se realizó el diagrama en lenguaje Ladder y el diseño de la pantalla HMI.

#### 4.3.6.1. Diagrama Ladder

En la Figura 47, se realizó el diagrama Ladder en el software TIA Portal V15, donde los 4 primeros segmentos son del funcionamiento de la gata mediante el botón “ACOPLAR” la gata se eleva en un intervalo de 3 segundos, se utilizó el temporizador con el fin de simular el sistema y el mismo principio para el botón “DESACOPLAR”; en el segmento 5 y 6 se utilizó el contacto “ACOPLADO” como medida de seguridad para que el sistema solo pueda ascender y descender a velocidad constante cuando el sistema este fijo.

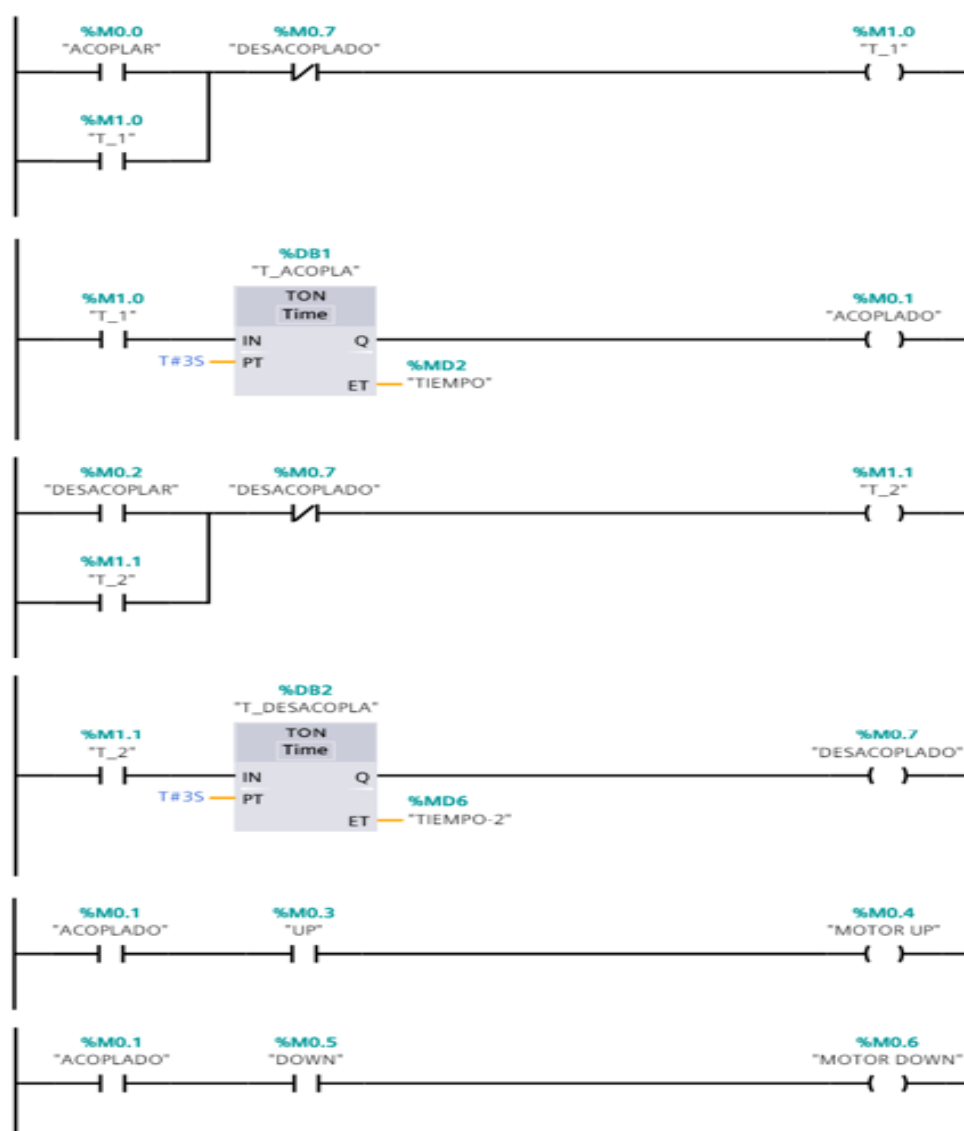


Figura 47: Diagrama Ladder

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.6.2. Pantalla HMI

Para el diseño de la pantalla HMI se utilizó el software TIA Portal V15, donde en la Figura 48 se configuraron los botones de flechas que controlan el ascenso y descenso del actuador lineal a una velocidad constante, el botón de acoplar y de desacoplar para fijar el sistema mediante la gata hidráulica eléctrica y los pilotos led que indicaran el funcionamiento de cada componente.



Figura 48: Pantalla HMI

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 11 se encuentran las variables extraídas del PLC que se utilizaron para cada botón e indicador de la pantalla HMI.

Tabla 11: Variables del HMI

Nombre	Data Type	Logical Address
ACOPLAR	Bool	%M0.0
ACOPLADO	Bool	%M0.1
DESACOPLAR	Bool	%M0.2
UP	Bool	%M0.3
DOWN	Bool	%M0.5
MOTOR UP	Bool	%M0.4
MOTOR DOWN	Bool	%M0.6

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4. Accesibilidad económica del sistema

Para determinar la accesibilidad económica del sistema, se utilizará la estructura de costos, en la cual se tendrán en cuenta los costos directos e indirectos.

##### 4.4.1. Estructura de costos

En el desarrollo de la estructura de costos del sistema se tratarán 2 categorías: diseño mecánico y sistema de control, en los cuales se considerará la materia prima, mano de obra, fabricación, etc.

En la tabla 12 se estipula los costos del material de las piezas que serán parte de la estructura.

Tabla 12: Presupuesto del Diseño Mecánico: Materiales

<b>Diseño Mecánico: Materiales</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
1	Barra Auxiliar	4,06	S/ 2,55	1	S/ 10,35
2	Base	11,81	S/ 2,55	1	S/ 30,12
3	Pilar 01	1,11	S/ 2,55	1	S/ 2,83
4	Barra Corredera 01	1,49	S/ 2,55	1	S/ 3,80
5	Barra Corredera 02	1,47	S/ 2,55	1	S/ 3,75
6	Barra Corredera de Soporte	1,25	S/ 2,55	1	S/ 3,19
7	Barra Corredera 03	1,33	S/ 2,55	1	S/ 3,39
8	Pilar 02	0,91	S/ 2,55	1	S/ 2,32
9	Volante 01	1,27	S/ 2,55	1	S/ 3,24
10	Volante 02	2,38	S/ 2,55	1	S/ 6,07
11	Pin 01	0,079	S/ 2,55	5	S/ 1,01
12	Pin 02	0,086	S/ 2,55	3	S/ 0,66
13	Varillas de aporte GTAW	1	S/ 97,10	1	S/ 97,10
14	Grasa EP-2	-	S/ 14,90	1	S/ 14,90
15	Pasador R 3mm	-	S/ 1,30	9	S/ 11,70
16	Arnés de Poliéster 4 puntos	-	S/ 608,21	1	S/ 608,21
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 802,63</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 13 se estipula los costos de los componentes que serán parte del sistema de control del sistema.

Tabla 13: Presupuesto del Sistema de Control: Componentes

<b>Sistema de Control: Componentes</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
1	Actuador LINAK LA28C	1 und	S/ 447,48	S/ 447,48
2	PLC 1211 DC/DC/Rly	1 und	S/ 673,83	S/ 673,83
3	Simatic HMI KTP400	1 und	S/ 1 350,00	S/ 1 350,00
4	Gata hidráulica eléctrica 5 Ton	1 und	S/ 549,00	S/ 549,00
5	Cables, conectores, etc.	1 glb	S/ 120,00	S/ 120,00
6	Caja para sistema de control	1 und	S/ 80,00	S/ 80,00
7	Convertidor Quint-PS-12VDC/24VDC	1 und	S/ 1 159,01	S/ 1 159,01
8	Módulo de 4 Relay 12V/10A	1 und	S/ 16,00	S/ 16,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 4 395,32</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 14 se estipula los costos del diseño conceptual, planos y análisis que se realizaron para poder llegar al diseño final del sistema, incluyendo la licencia del software utilizado.

Tabla 14: Presupuesto del Diseño Mecánico: Planos y Análisis

<b>Diseño Mecánico: Planos y Análisis</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
1	Diseño conceptual	1 glb	S/ 70,00	S/ 70,00
2	Dibujo CAD	1 glb	S/ 150,00	S/ 150,00
3	Planos de piezas	1 glb	S/ 110,00	S/ 110,00
4	Análisis estático- estructural	1 glb	S/ 200,00	S/ 200,00
5	Licencia de software SolidWorks	1 glb	S/ 375,00	S/ 375,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 905,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 15 se estipula los costos de fabricación de las piezas que serán parte de la estructura.

Tabla 15: Presupuesto de la Fabricación y Ensamble de piezas

<b>Diseño Mecánico: Fabricación y Ensamble de piezas</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
1	Barra Auxiliar	1 und	S/ 3,11	S/ 3,11
2	Base	1 und	S/ 9,03	S/ 9,03
3	Pilar 01	1 und	S/ 0,85	S/ 0,85
4	Barra Corredera 01	1 und	S/ 1,14	S/ 1,14
5	Barra Corredera 02	1 und	S/ 1,12	S/ 1,12
6	Barra Corredera de Soporte	1 und	S/ 0,96	S/ 0,96
7	Barra Corredera 03	1 und	S/ 1,02	S/ 1,02
8	Pilar 02	1 und	S/ 0,70	S/ 0,70
9	Volante 01	1 und	S/ 0,97	S/ 0,97
10	Volante 02	1 und	S/ 1,82	S/ 1,82
11	Pin 01	5 und	S/ 0,30	S/ 1,50
12	Pin 02	3 und	S/ 0,20	S/ 0,60
13	Acabado	1 glb	S/ 20,00	S/ 20,00
14	Ensamble	1 glb	S/ 37,00	S/ 37,00
15	Pruebas de funcionamiento	1 glb	S/ 50,00	S/ 50,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 129,82</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 16 se estipula los costos de la programación de los componentes que serán parte del sistema de control del sistema mediante la lógica de control Ladder y la conexión con la interfaz, incluyendo la licencia del software utilizado.

Tabla 16: Presupuesto del Sistema de Control: Programación de componentes

<b>Sistema de Control: Programación de componentes</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
1	Conexión entre componentes	1 glb	S/ 50,00	S/ 50,00
2	Configuración de componentes	1 glb	S/ 120,00	S/ 120,00
3	Programación en lenguaje Ladder	1 glb	S/ 200,00	S/ 200,00
4	Diseño de pantalla HMI	1 glb	S/ 50,00	S/ 50,00
5	Pruebas de funcionamiento	1 glb	S/ 100,00	S/ 100,00
6	Licencia de software TIA Portal V15	1 glb	S/ 583,00	S/ 583,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 1 103,00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 17 se procede a calcular el costo total de todo el sistema tanto de la parte del diseño mecánico como la del sistema de control, considerando los costos de transporte y servicios de cada categoría.

Tabla 17: Estructura de Costos del Sistema

<b>Estructura de costos</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (S/.)</b>
1	<b>Costos Directos</b>	<b>S/ 7 335,77</b>
1.1	<b>Materia Prima</b>	<b>S/ 5 197,95</b>
1.1.1	Diseño Mecánico: Materiales	S/ 802,63
1.1.2	Sistema de Control: Componentes	S/ 4 395,32
1.2	<b>Mano de Obra</b>	<b>S/ 2 137,82</b>
1.2.1	Diseño Mecánico: Planos y Análisis	S/ 905,00
1.2.2	Diseño Mecánico: Fabricación y Ensamble de piezas	S/ 129,82
1.2.3	Sistema de Control: Programación de componentes	S/ 1 103,00
2	<b>Costos Indirectos</b>	<b>S/ 324,03</b>
2.1	Transporte de materiales y componentes	S/ 259,90
2.2	Servicios Generales	S/ 64,13
<b>TOTAL</b>		<b>S/ 7 659,80</b>

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la estructura de costos planteada, el costo total del sistema incluyendo costos directos e indirectos es de S/. 7 659,80.

## 5. Discusión

- ✓ La situación actual del traslado de las personas con discapacidad motriz presenta múltiples desafíos, como se observó en la tesis de B. P. Arias Correa. Para el diagnóstico, se utilizó una metodología que incluyó encuestas a una muestra de 10 personas con discapacidad motriz y a sus cuidadores, lo que permitió identificar las necesidades más significativas, como la facilidad de manejo, seguridad y comodidad. Por otro lado, en esta investigación se obtuvieron los aspectos físicos como también las necesidades, que serán considerados en el diseño conceptual del sistema elevador [9].
- ✓ El diseño conceptual del sistema de elevación se basa en el enfoque sistemático de Pahl/Beitz, similar al utilizado en la tesis de C. L. Yang Yang, que incluye subfunciones y criterios como el sistema de elevación, alimentación, estructura, funcionalidad y montaje. Sin embargo, a diferencia de dicha tesis donde se seleccionó el material a criterio, en esta investigación se realizó un estudio de grupo de propiedades que permitió seleccionar el material más adecuado para el diseño conceptual. El resultado de la metodología utilizada es una propuesta de ingeniería que se seleccionó tras evaluar las ventajas y desventajas de las alternativas planteadas [10].
- ✓ En el diseño del sistema electromecánico implica la utilización de software de ingeniería para realizar estudios estructurales como planteo M. I. Astudillo Flores en su tesis, donde obtuvo resultados de desplazamientos de 7,35 mm y un factor de seguridad de 2, resultados similares obtenidos en esta investigación que fueron de 7,54 mm y 1,77 respectivamente. Por otro lado, a diferencia de la tesis mencionada, en esta investigación se integró la automatización del sistema elevador, mediante la programación de los componentes, en un diagrama Ladder que permitirá el uso por parte de personas con discapacidad motriz utilizando una pantalla HMI [7].
- ✓ La estructura de costos incluye la estimación de costos directos e indirectos, abarcando materiales, mano de obra y otros factores. Este enfoque fue desarrollado de manera similar en la tesis de C. L. Yang Yang, donde se elaboró un presupuesto detallado que resultó en un costo total de S/. 4 530,50. En contraste, en esta investigación, el costo total asciende a S/. 7 659,80 debido a la utilización de componentes de mayor calidad en el sistema de control [10].

## 6. Conclusiones

- ✓ El diagnóstico realizado sobre la situación actual del traslado de personas con discapacidad motriz en Chiclayo reveló, a través de la encuesta realizada, que se presentan limitaciones e incomodidades durante el traslado. Además, las principales necesidades identificadas fueron la seguridad (31%) y la facilidad de uso (23%) del sistema, con la información obtenida, se estableció una base para el diseño del sistema de elevación que responda a estas necesidades.
- ✓ Se logró diseñar conceptualmente el sistema de elevación mediante el enfoque sistemático de Pahl/Beitz y el estudio de grupo de propiedades, este enfoque metodológico facilitó la identificación y evaluación de diversas alternativas de diseño conceptual, seleccionando la opción más adecuada en función de criterios de seguridad portabilidad, comodidad, facilidad de uso y mantenimiento, lo que permitió desarrollar una propuesta de ingeniería que responde de manera efectiva a las necesidades identificadas en el diagnóstico.
- ✓ El diseño del sistema electromecánico permitió validar teóricamente la estructura comparando con las simulaciones estructurales del software SolidWorks, en la cual se obtuvo un factor de seguridad de 1,77 y un máximo desplazamiento de 7,54 mm, para el caso de la automatización, se utilizó la programación por diagrama Ladder para el control de los componentes mediante una pantalla HMI realizado en software TIA Portal V15.
- ✓ Se realizó una estructura de costos por método de costeo estándar que incluyó tanto los costos directos como los indirectos considerando aspectos críticos como la materia prima, la mano de obra y la fabricación. Se abarcó dos categorías principales para la implementación del sistema elevador: diseño mecánico y diseño del sistema de control, lo cual resultó en un costo total de S/. 7 659,80.

## **7. Recomendaciones**

- ✓ Se recomienda evaluar el uso de diferentes perfiles y materiales más ligeros y resistentes para reducir el peso del elevador sin comprometer la seguridad.
- ✓ Se podrían elaborar mayores estudios al sistema elevador, como determinar la vida útil del sistema mediante el esfuerzo de fatiga y simular o analizar dinámicamente el movimiento del sistema elevador.
- ✓ Se podría integrar funciones adicionales para garantizar que el sistema elevador sea adaptable a diversas situaciones según se necesite aplicando AI o IoT.

## 8. Referencias

- [1] R. Barragán. “Dispositivo de elevación para discapacitados” (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. México D.F. México. 2012.
- [2] “Ley general de la persona con discapacidad motriz”, El Peruano, vol. 1, n.º 16, 24 de diciembre de 2012.
- [3] G. Rivera. “Perfil sociodemográfico de la población con discapacidad”. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Accedido el 19 de abril de 2023. [En línea]. Disponible: [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1675/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1675/libro.pdf)
- [4] “¿Es Perú un país accesible para todos sus ciudadanos? | RPP Noticias”. RPP - Noticias del Perú y el Mundo | Radio | Podcast | RPP Noticias. Accedido el 22 de abril de 2023. [En línea]. Disponible: <https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/es-peru-un-pais-accesible-para-todos-sus-ciudadanos-noticia-1459184>
- [5] “La Ley 30412 y el transporte terrestre urbano e interurbano en el Perú - Enfoque Derecho | El Portal de Actualidad Jurídica de THĒMIS”. Enfoque Derecho | El Portal de Actualidad Jurídica de THĒMIS. Accedido el 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.enfoquederecho.com/2016/02/11/la-ley-30412-y-el-transporte-terrestre-urbano-e-interurbano-en-el-peru/>
- [6] F. D. Castro, “Dispositivo para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles: estructura de elevación mejorada”, Tesis de titulación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra - Ecuador, 2020.
- [7] M. I. Astudillo, “Diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de pacientes con discapacidad en actividades de rehabilitación”, Tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca - Ecuador, 2019.
- [8] K. D. Fajardo y P. J. Avilez, “Diseño, construcción e implementación de una grúa móvil para el transporte de personas con discapacidad”, Tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca - Ecuador, 2019.
- [9] B. P. Arias, “Diseño de un dispositivo para traslado y elevación de personas con discapacidad motriz”, Tesis de titulación, Universidad César Vallejo, Trujillo, 2020.

- [10] C. L. Yang, “Diseño de una grúa móvil para el traslado de pacientes con discapacidad motriz del área de traumatología del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo”, Tesis de titulación, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2022.
- [11] Organización Mundial de la Salud. “Informe Mundial sobre la Discapacidad”. Accedido el 22 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/9789240688230\\_spa.pdf](https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/9789240688230_spa.pdf)
- [12] Instituto Mexicano Del Seguro Social. “¿Sabes cuáles son las causas de la discapacidad?” Accedido el 29 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/guarderías/causas-discapacidad.pdf>
- [13] I. Skiba y R. Züger, Basics Barrier-Free Planning. Gruyter GmbH, Walter, 2020.
- [14] Fundación Adecco. “Guía para la inclusión de personas con discapacidad”. Fundación Adecco - RRHH, discapacidad, RSC y empleo. [En línea]. Disponible: <https://fundacionadecco.org/>.
- [15] A. D. Camargo Aguilar, R. Cruz Flores, J. C. González Villa y L. Maqueda Rodríguez, “Sistema de grúas para personas discapacitadas para el centro de rehabilitación infantil Teletón”, Repositorio de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, 2005.
- [16] J. G. Zambrano, “Diseño y construcción de un coche para transferencia de personas con discapacidad en la fundación campamento cristiano esperanza”, Tesis de titulación, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador, 2013.
- [17] E. D. Navas Argüello, “Desarrollo de un sistema grúa de techo para facilitar el traslado en el hogar de pacientes con distrofia muscular de Duchenne”, Tesis de titulación, Univ. Auton. Bucaramanga, Colombia, 2020.
- [18] D. Pineda Vaca, “Diseño y construcción de un dispositivo portátil para traslado de personas con discapacidad motriz entre sillas de ruedas y automóviles”, Tesis de titulación, Universidad Técnica Del Norte, Ecuador, 2016.

- [19] Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad - CONADIS, “Anuario Estadístico 2019 del Registro Nacional de la Persona con Discapacidad”, Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, Perú, N° 2021-01089, diciembre de 2020.
- [20] G. Almeida, “Vigilancia de la Salud en Trabajadores Expuestos a Manipulación Manual de Cargas”, Máster en Seguridad Salud y Ambiental, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador, 2009.
- [21] R. Ávila Chaurand, L. R. Prado León y E. L. González Muñoz, “Dimensiones antropométricas de población latinoamericana”, 2a ed. Guadalajara: Univ. Guadalaj., 2007.
- [22] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen y K. Grote, “Engineering Design”, Springer, 2007.
- [23] S. T. Smith, “Foundations of Ultra-Precision Mechanism Design”, 2017. Accedido el 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1201/9781315272603>
- [24] J. Huerta, “Discapacidad y Accesibilidad | La dimensión desconocida”, 5a ed. Lima: Fondo Ed. Del Congreso Del Perú, 2006.
- [25] L. Morales Pérez, J. Caro Cabeza, B. Amador Cáceres y J. García Caicedo, “Diseño de dispositivo mecánico para el traslado de pacientes con discapacidad motriz”, Rev. UIS Ing., vol. 21, n.º 1, pp. 1–14, 2022.
- [26] A. Ortiz Rosas, “Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria”. Cali: Univ. Auton. Occidente, 2017.
- [27] F. P. Beer, J. E. Russell Johnston, J. T. DeWolf y D. F. Mazurek, Mecánica de Materiales, Cuarta edición ed., México D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2007.
- [28] R. C. Hibbeler, «Mecánica de Materiales,» PEARSON, México, 2011.



## Anexo 2: Resumen de encuesta a personas con discapacidad motriz

Preguntas	¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)	¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser sí, ¿Cuáles son?	¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?	¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser sí, como le gustaría que sea.	¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?	¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?
Anexo 5	Tengo artritis lo que me dificulta moverme, tengo una enfermera que me asiste	Si, al momento de ingresar a un vehículo se me dificulta levantar las piernas debido al dolor de la artritis	Si, intentando descender de un taxi me resbalé y tuve una fractura en la cadera	No	Facilidad de uso Portabilidad Económico Seguridad	Si, no poder movilizarme por mi cuenta cuando tengo que ir a mis consultas, reuniones, etc.
Anexo 6	No puedo caminar por el dolor de rodillas y utilizo una silla de ruedas	Si, las combis avanzan sin que yo me sienta y no tienen como subir la silla de ruedas	Si, me caí y me lesione al entrar al vehículo y la silla de ruedas termino rompiéndose	No	Comodidad Facilidad de uso	Si, el vehículo no tiene sujeción para poder subir yo y mi silla de ruedas
Anexo 7	Artritis, secuelas del COVID, silla de ruedas	Levantarlo porque a las justas se puede parar	Si, se ha caído de la silla de ruedas	No	Económico	Si, no hay en Chiclayo
Anexo 8	Dificultad al levantar miembros inferiores, necesito de ayuda de otra persona para poder subir a un carro	Si, no me puedo subir a un vehículo con facilidad y requiero que una persona me asista	No	No	Comodidad Facilidad de uso	Si, porque no hay mucho espacio para mí y para las personas que me cargan
Anexo 9	Pierna amputada como consecuencia de un accidente en mi lugar de trabajo y por ello actualmente uso muletas y en algunas ocasiones silla de ruedas	Si, me es incómodo el ingresar a un vehículo dada mi poca estabilidad, de igual forma	Si, una vez intenté subirme solo y caí, lastimándome como consecuencia	No	Facilidad de uso Portabilidad Seguridad	Si, al trasladarme al transporte público me toma mucho tiempo ingresar al vehículo y además algunos transportistas no me ayudan

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 3: Resumen de encuesta a personas con discapacidad motriz (continuación)

Preguntas	¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)	¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser sí, ¿Cuáles son?	¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?	¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser sí, como le gustaría que sea.	¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?	¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?
Anexo 10	Paraplejia por un accidente de tránsito y requiero de una silla de ruedas para moverme	Requiero de personas que me trasladen y a veces me ponen en una posición incomoda	No	Si, como rampas incorporadas a un miniván	Económico Seguridad Rapidez	Si, en vehículos pequeños es casi imposible que me suban
Anexo 11	Discapacidad que padece es debido a la artritis, movilidad condicional con asistencia parcial	Si, movimiento parcial, soy lenta al caminar por la misma discapacidad	Si, al subir se me dificulta, y me caí, golpeándome y creándome una lesión	No	Comodidad Facilidad de uso Portabilidad Económico Seguridad	Si, los autos son muy altos
Anexo 12	Operada de la cadera. Uso silla de ruedas	Claro si se siente incomodidad ya que es necesario pedir ayuda	No he sufrido ningún accidente	Si, algo no muy grande y practico	Facilidad de uso Portabilidad Seguridad	Claro bastante dificultad ya que no existen por acá
Anexo 13	Silla de ruedas, ya que tengo dolor en las rodillas	No	No	No	Portabilidad Seguridad	No
Anexo 14	Tengo que necesitar la ayuda de un terapeuta para terminar caminando bien normal	Necesito ayuda al ingresar al ayuda para ingresar al auto	Nunca	No	Facilidad de uso Seguridad	No he necesitado

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 4: Resumen de encuesta a personas con discapacidad motriz (conclusión)

Preguntas	¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)	¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser sí, ¿Cuáles son?	¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?	¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser sí, como le gustaría que sea.	¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?	¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?
Anexo 15	Si, se me dificulta caminar debido a una artrosis crónica y requiero de asistencia de un terapeuta	Si, al momento de ingresar al vehículo es complicado que mi terapeuta me ayude	No	No	Facilidad de uso Seguridad Adaptable	Si, actualmente los gastos son elevados para el cuidado de mi persona ya que requiero de mi terapeuta por completo
Anexo 16	Inmovilidad del tren inferior y tengo un grado de movilidad de usar una silla de ruedas	Si, dolores en los pies	No	No	Comodidad Facilidad de uso Seguridad	No
Anexo 17	Requiero del uso de una silla de ruedas por una amputación	Si, incomodidad por la falta de mi pierna al ingresar a un carro	No	No	Seguridad	Si, muchas dificultades en el día a día que consumen mucho de mi tiempo
Anexo 18	Por enfermedad camina lento y requiere del uso de muletas	Si tiene incomodidad porque al subir y bajar del auto siente dolor	No	No	Comodidad Seguridad	Si
Anexo 19	Enfermedad del sistema nervioso, pierde el equilibrio, usa silla de ruedas	Si; dificultad de mover las piernas	Si	No	Comodidad Seguridad	Si

Fuente: Elaboración Propia



















## Anexo 14: Encuesta 10



## Encuesta para personas con discapacidad motriz sobre las necesidades y aspectos físicos



El propósito de esta encuesta está dirigida a personas con discapacidad motriz sobre sus necesidades y aspectos físicos – motriz y es recopilar información relevante y detallada que permita comprender mejor sus experiencias y requerimientos específicos. Esta encuesta se realiza de manera confidencial y anónima. Sus respuestas no serán compartidas con terceros y se utilizarán únicamente con fines de investigación.

### Perfil del encuestado

Edad 90 años

Sexo  Hombre  Mujer

Altura 1,60 cm

Peso 60 Kg

### Preguntas

1.-¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)  
*Tengo que terminar por la ayuda de un terapeuta para terminar caminando normal.*

2.-¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser sí, ¿Cuáles son?  
*Necesito ayuda para ingresar al auto.*

3.-¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?  
*Nunca.*

4.-¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser sí, como le gustaría que sea.

Sí  No

5.-¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?

Comodidad  Facilidad de uso  Portabilidad  Económico  Seguridad

Otra (por favor, especifique) \_\_\_\_\_

6.-¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?  
*No he necesitado.*

Firma y Dni:

*[Firma manuscrita]*  
16400165

Fecha: 8/10/2023

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta



## Anexo 16: Encuesta 12



## Encuesta para personas con discapacidad motriz sobre las necesidades y aspectos físicos



El propósito de esta encuesta está dirigida a personas con discapacidad motriz sobre sus necesidades y aspectos físicos – motriz y es recopilar información relevante y detallada que permita comprender mejor sus experiencias y requerimientos específicos. Esta encuesta se realiza de manera confidencial y anónima. Sus respuestas no serán compartidas con terceros y se utilizarán únicamente con fines de investigación.

### Perfil del encuestado

Edad 94 años      Sexo  Hombre  Mujer  
 Altura 1,52 cm      Peso 53 Kg

### Preguntas

1.-¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)

inmovilidad del tren inferior; grado de movilidad: silla de ruedas.

2.-¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser si, ¿Cuáles son?

Si; dolores en los pies

3.-¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?

No

4.-¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser si, como le gustaría que sea.

Si  No

5.-¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?

Comodidad  Facilidad de uso  Portabilidad  Económico  Seguridad

Otra (por favor, especifique) \_\_\_\_\_

6.-¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?

No

Firma y Dni: \_\_\_\_\_

Fecha 11 / 10 / 2023

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta

## Anexo 17: Encuesta 13



## Encuesta para personas con discapacidad motriz sobre las necesidades y aspectos físicos



El propósito de esta encuesta está dirigida a personas con discapacidad motriz sobre sus necesidades y aspectos físicos – motriz y es recopilar información relevante y detallada que permita comprender mejor sus experiencias y requerimientos específicos. Esta encuesta se realiza de manera confidencial y anónima. Sus respuestas no serán compartidas con terceros y se utilizarán únicamente con fines de investigación.

### Perfil del encuestado

Edad 82 años

Sexo  Hombre  Mujer

Altura 1.65 cm

Peso 78 Kg

### Preguntas

1.-¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)

silla de ruedas - amputación

2.-¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser sí, ¿Cuáles son?

sí incomodidad - por falta de una pierna

3.-¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?

no

4.-¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser sí, como le gustaría que sea.

Sí  No

5.-¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?

Comodidad  Facilidad de uso  Portabilidad  Económico  Seguridad

Otra (por favor, especifique) \_\_\_\_\_

6.-¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?

sí muchas dificultades

Firma y Dni: \_\_\_\_\_

Fecha: 16/09/2023

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta



## Anexo 19: Encuesta 15



## Encuesta para personas con discapacidad motriz sobre las necesidades y aspectos físicos



El propósito de esta encuesta está dirigida a personas con discapacidad motriz sobre sus necesidades y aspectos físicos – motriz y es recopilar información relevante y detallada que permita comprender mejor sus experiencias y requerimientos específicos. Esta encuesta se realiza de manera confidencial y anónima. Sus respuestas no serán compartidas con terceros y se utilizarán únicamente con fines de investigación.

### Perfil del encuestado

Edad 80 años

Sexo  Hombre  Mujer

Altura 1.57 cm

Peso 57 Kg

### Preguntas

1.-¿Qué tipo de discapacidad motriz posee? ¿Y cuál es su grado de movilidad? (por ejemplo, silla de ruedas, muletas, asistencia parcial)

Por enfermedad camina lento.  
Usa muletas.

2.-¿Considera tener incomodidad o limitaciones al ser trasladado a un vehículo? De ser sí, ¿Cuáles son?

Si tiene incomodidad porque al subir y bajar del auto siente dolor.

3.-¿Ha sufrido algún accidente trasladándose a un vehículo?

No

4.-¿Conoce un sistema elevador que le permita trasladarse a un vehículo? De ser sí, como le gustaría que sea.

Si  No

5.-¿Cuál o cuáles de las siguientes características buscaría en un sistema elevador?

Comodidad  Facilidad de uso  Portabilidad  Económico  Seguridad

Otra (por favor, especifique) \_\_\_\_\_

6.-¿Ha encontrado dificultades de accesibilidad en vehículos debido a la falta de sistemas elevadores para personas con discapacidad motriz?

Si

Firma y Dni: \_\_\_\_\_

Fecha: 23/09/2023

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta

## Anexo 20: Propiedades del acero ASTM A500 (AISI 1015)

Acero A500 (AISI 1015)		
Módulo de Young	205	Gpa
Límite de fluencia	317	MPa
Densidad	7950	Kg/cm <sup>3</sup>
Expansión térmica	0,0000173	/ K
Conductividad térmica	36	W / m.K

## Anexo 21 : Propiedades del acero AISI 1020

Acero 1020		
Módulo de Young	200	Gpa
Límite de fluencia	290	MPa
Densidad	7900	Kg/cm <sup>3</sup>
Expansión térmica	0,000015	/ K
Conductividad térmica	47	W / m.K

## Anexo 22: Propiedades del acero AISI 1045

Acero 1045		
Módulo de Young	210	Gpa
Límite de fluencia	220,594	MPa
Densidad	7800	Kg/cm <sup>3</sup>
Expansión térmica	0,000013	/ K
Conductividad térmica	43	W / m.K

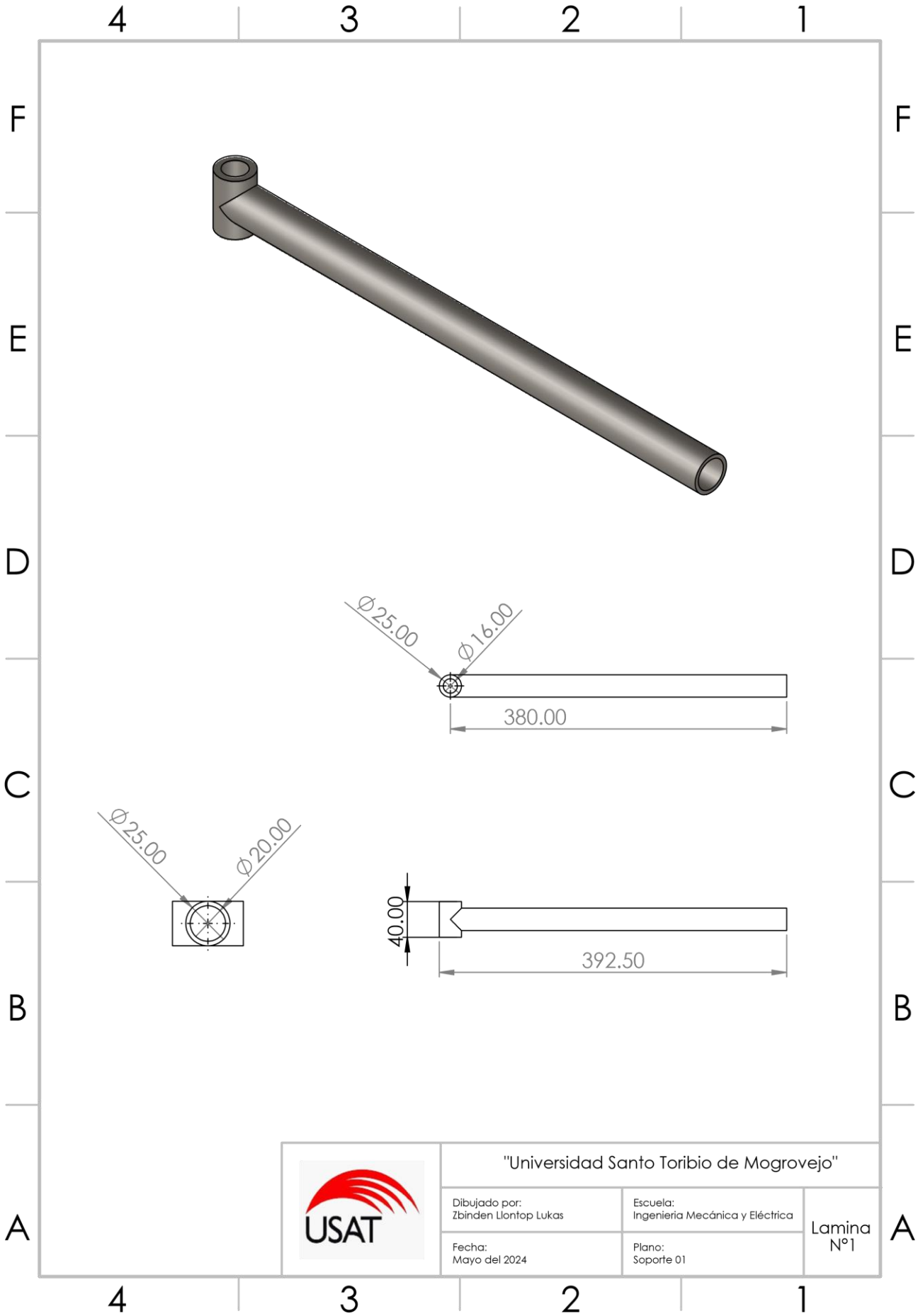
## Anexo 23: Propiedades del acero ASTM A36

Acero A36		
Módulo de Young	200	Gpa
Límite de fluencia	250	MPa
Densidad	7850	Kg/cm <sup>3</sup>
Expansión térmica	0,000016	/ K
Conductividad térmica	34	W / m.K

## Anexo 24: Propiedades del Acero SAE J403 1008

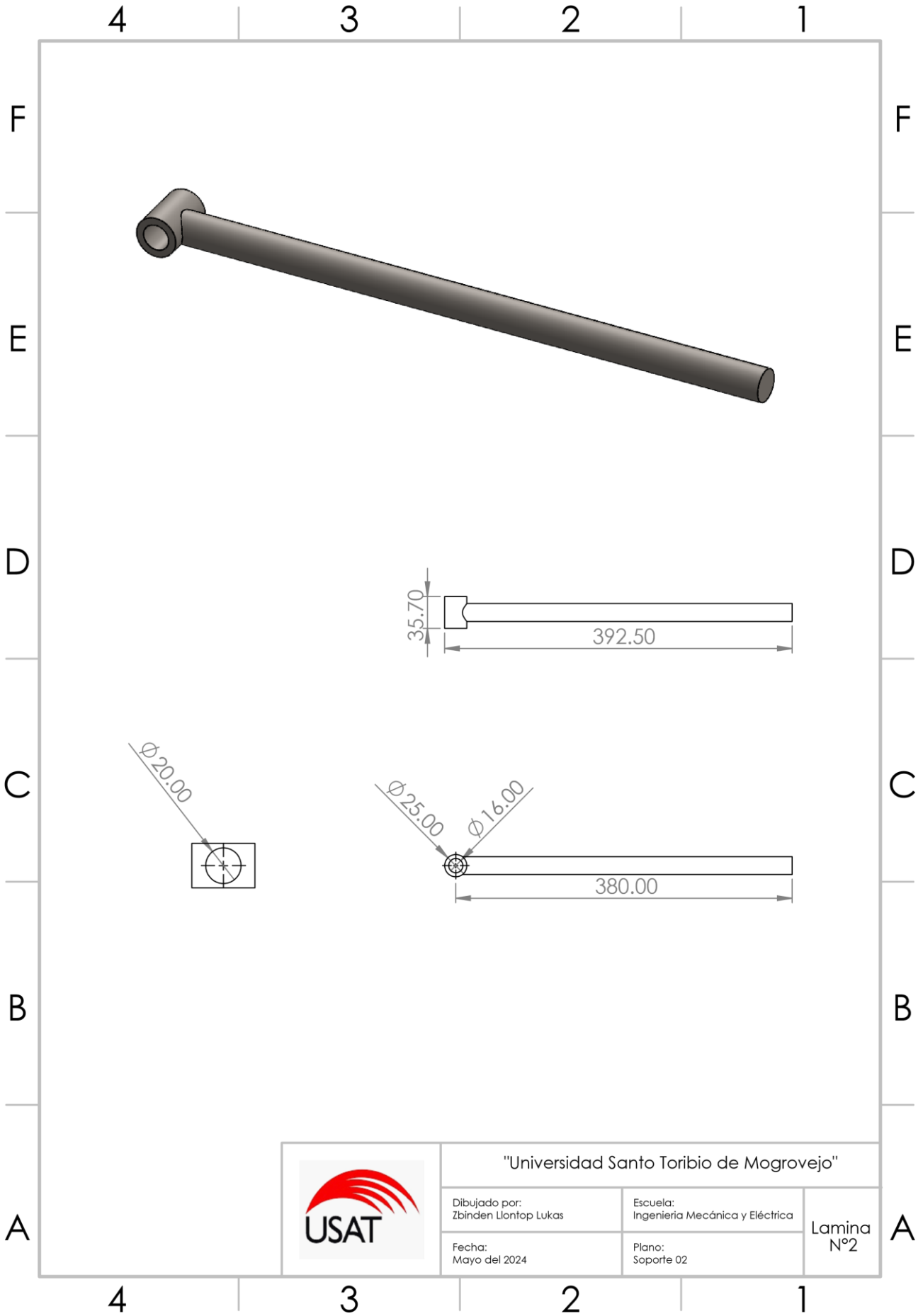
Acero SAE J403 1008		
Módulo de Young	208	Gpa
Límite de fluencia	215	MPa
Densidad	7850	Kg/cm <sup>3</sup>
Expansión térmica	0,0000136	/ K
Conductividad térmica	25	W / m.K

Anexo 25: Plano de Soporte 01

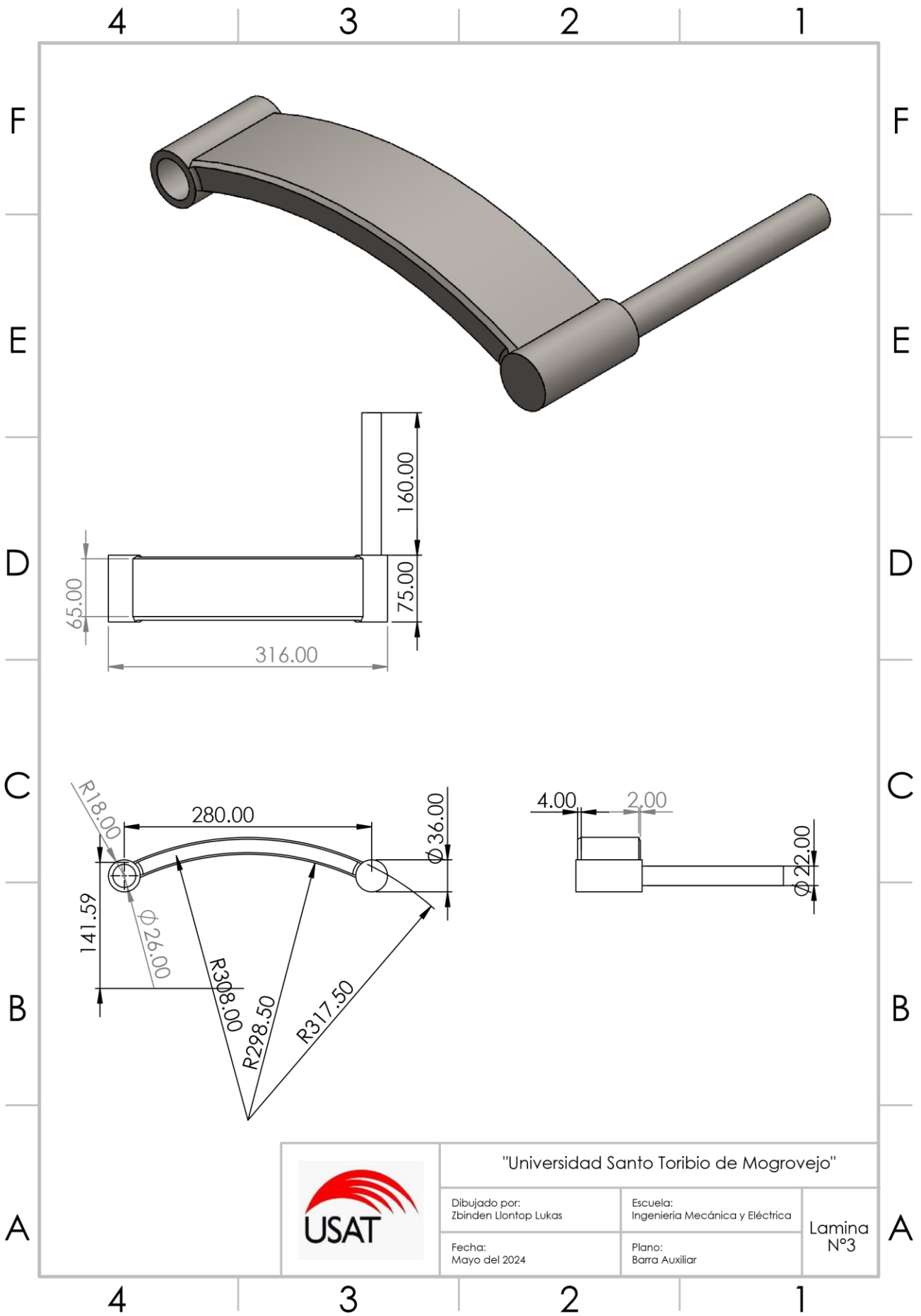


	"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"		
	Dibujado por: Zbinden Lontop Lukas	Escuela: Ingeniería Mecánica y Eléctrica	Lamina N°1
Fecha: Mayo del 2024	Plano: Soporte 01		

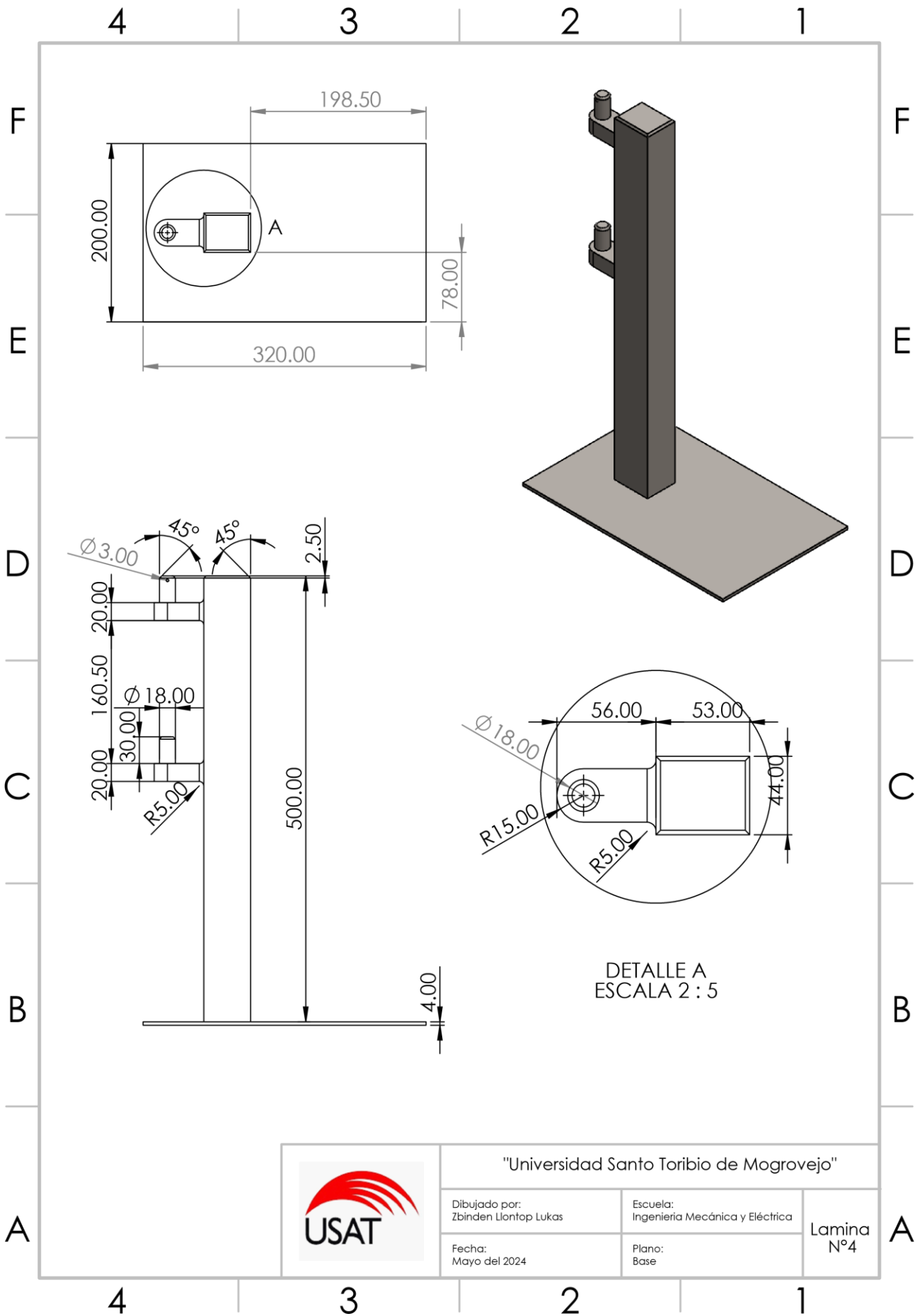
Anexo 26: Plano de Soporte 02



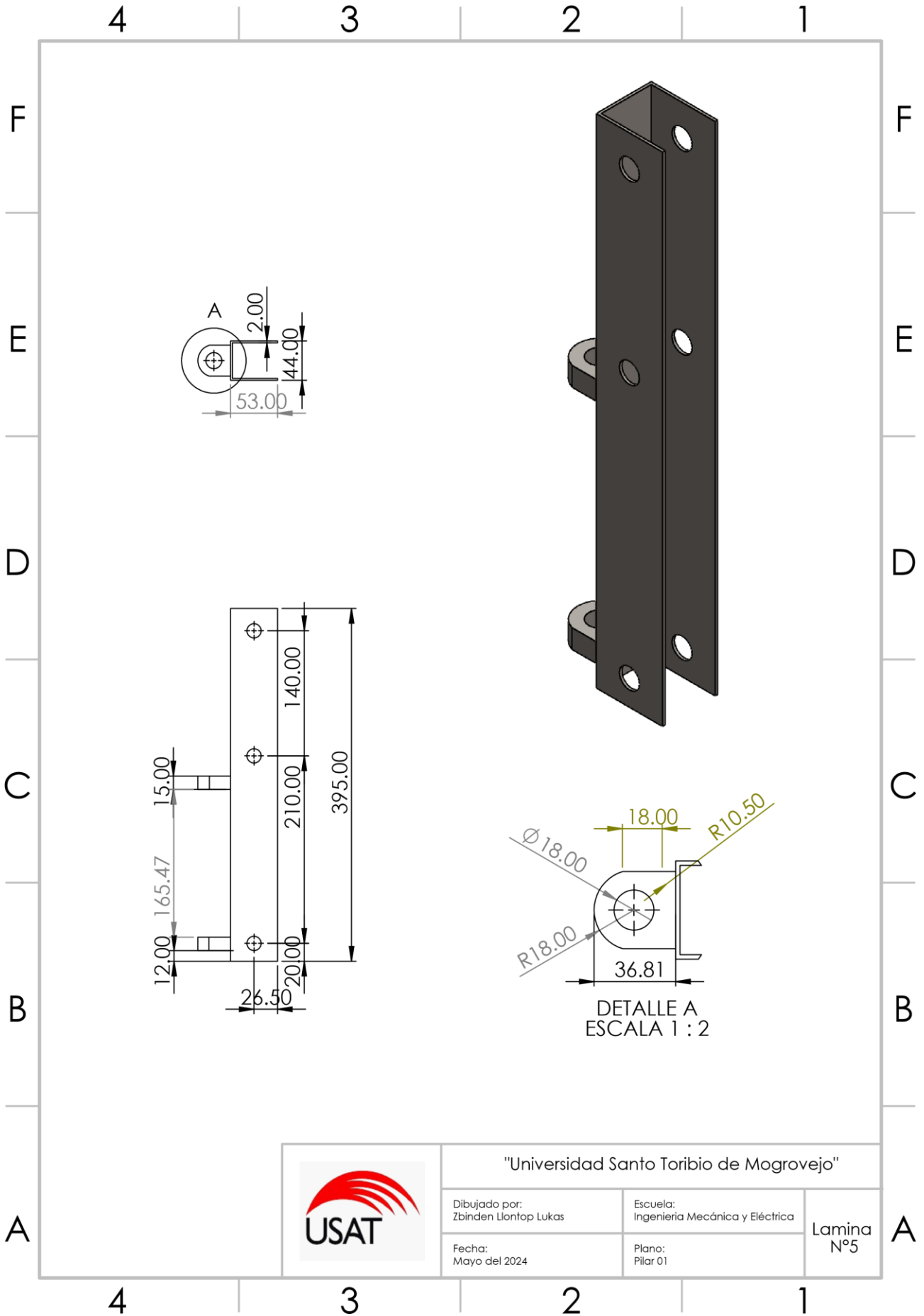
Anexo 27: Plano de Barra Auxiliar



Anexo 28: Plano de Base



Anexo 29: Plano de Pilar 01



"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por:  
Zbinden Lontop Lukas

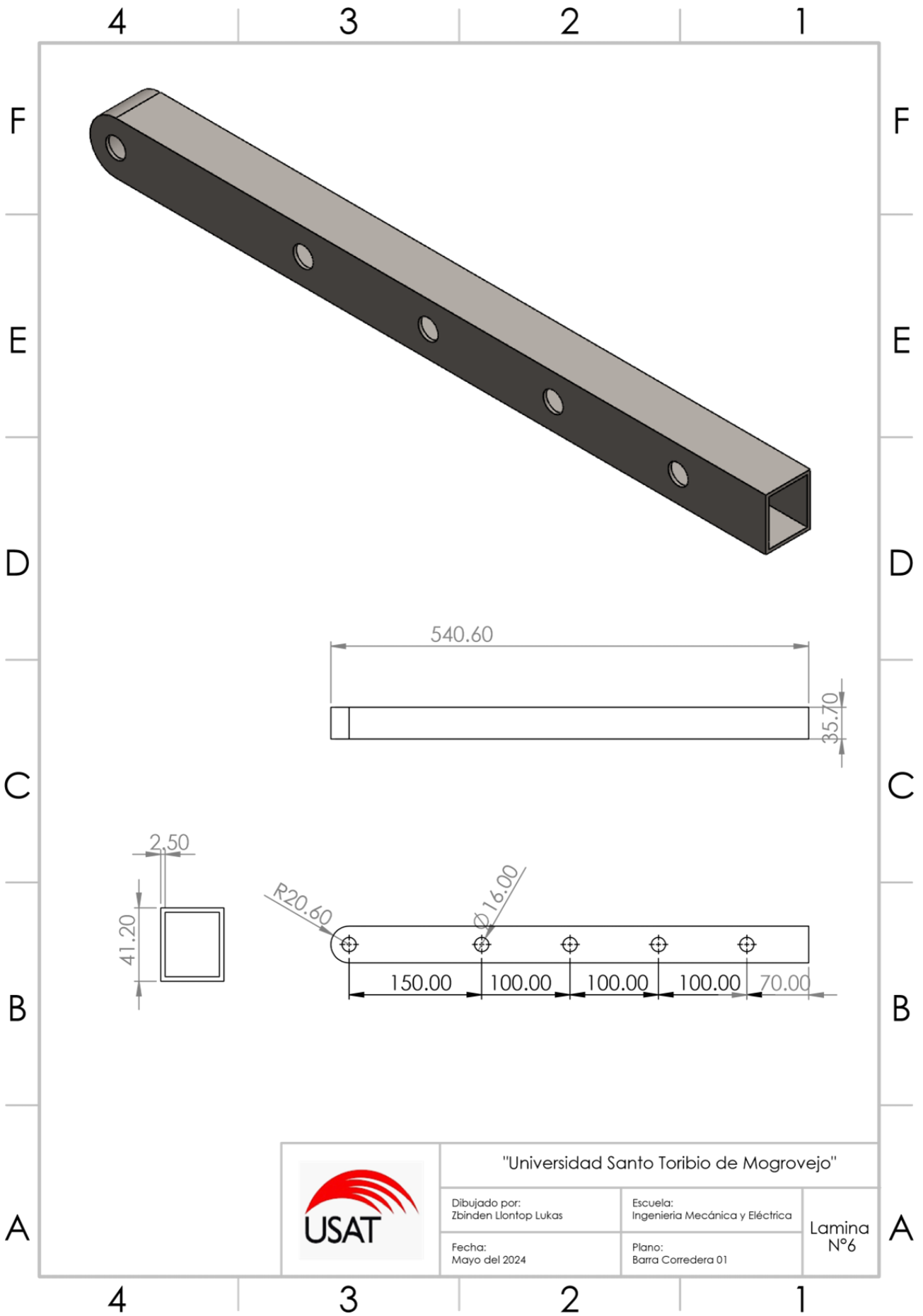
Escuela:  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Fecha:  
Mayo del 2024

Plano:  
Pilar 01

Lamina  
Nº5

Anexo 30: Plano de Barra Corredera 01



"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por:  
Zbinden Lontop Lukas

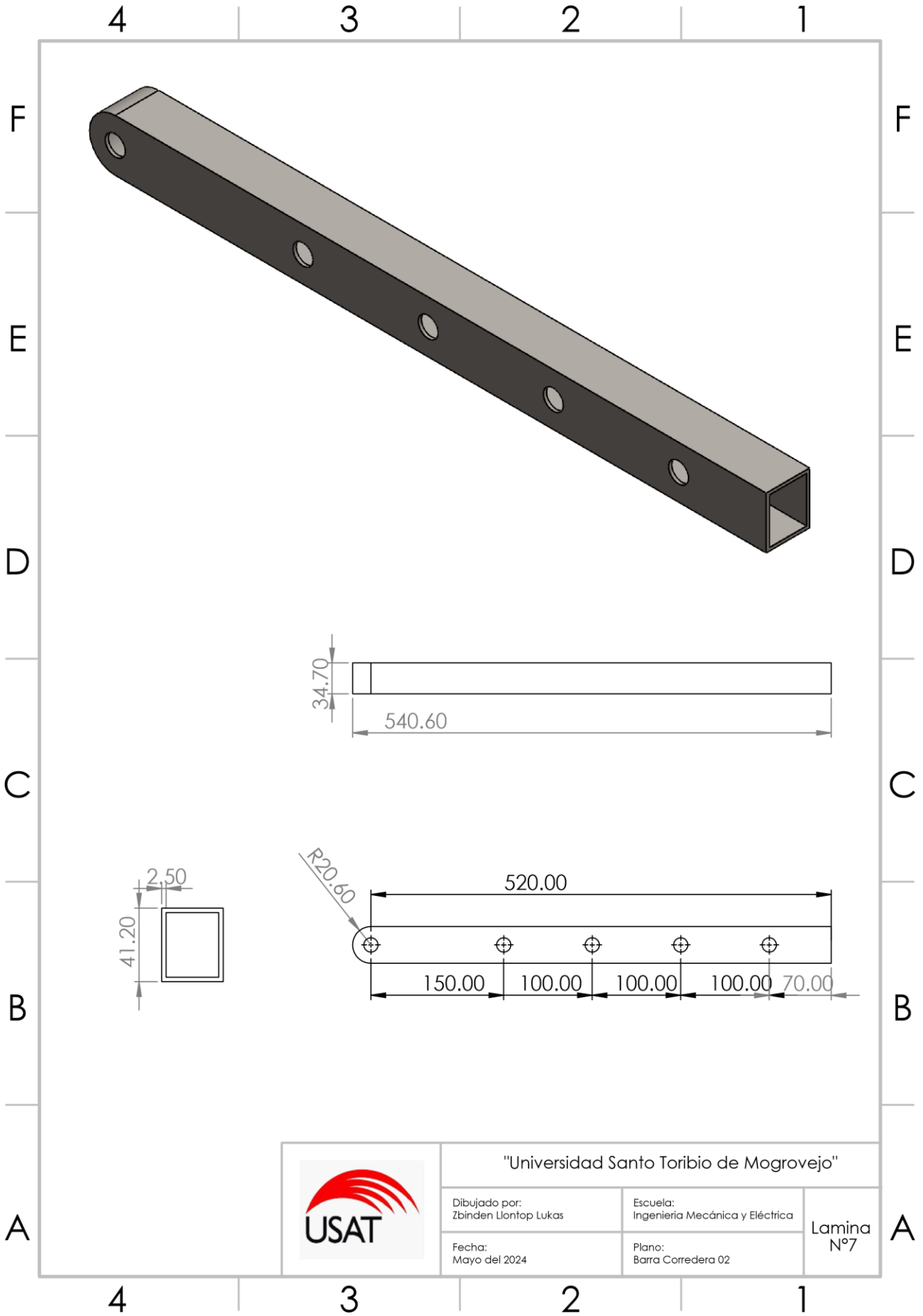
Escuela:  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Fecha:  
Mayo del 2024

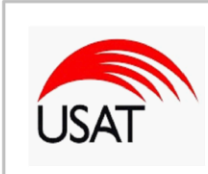
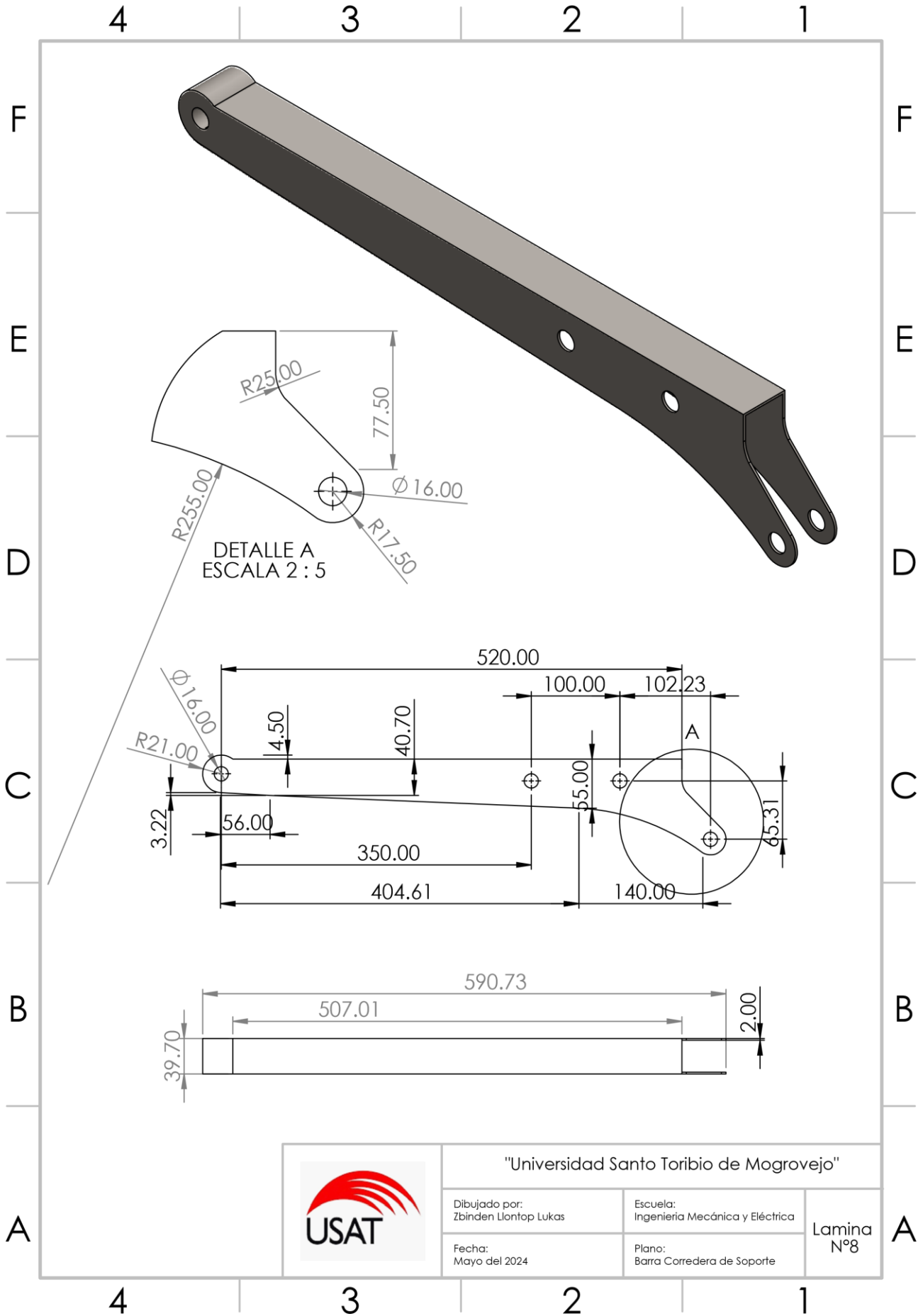
Plano:  
Barra Corredera 01

Lamina  
Nº6

Anexo 31: Plano de Barra Corredera 02



Anexo 32: Plano de Barra Corredera de Soporte

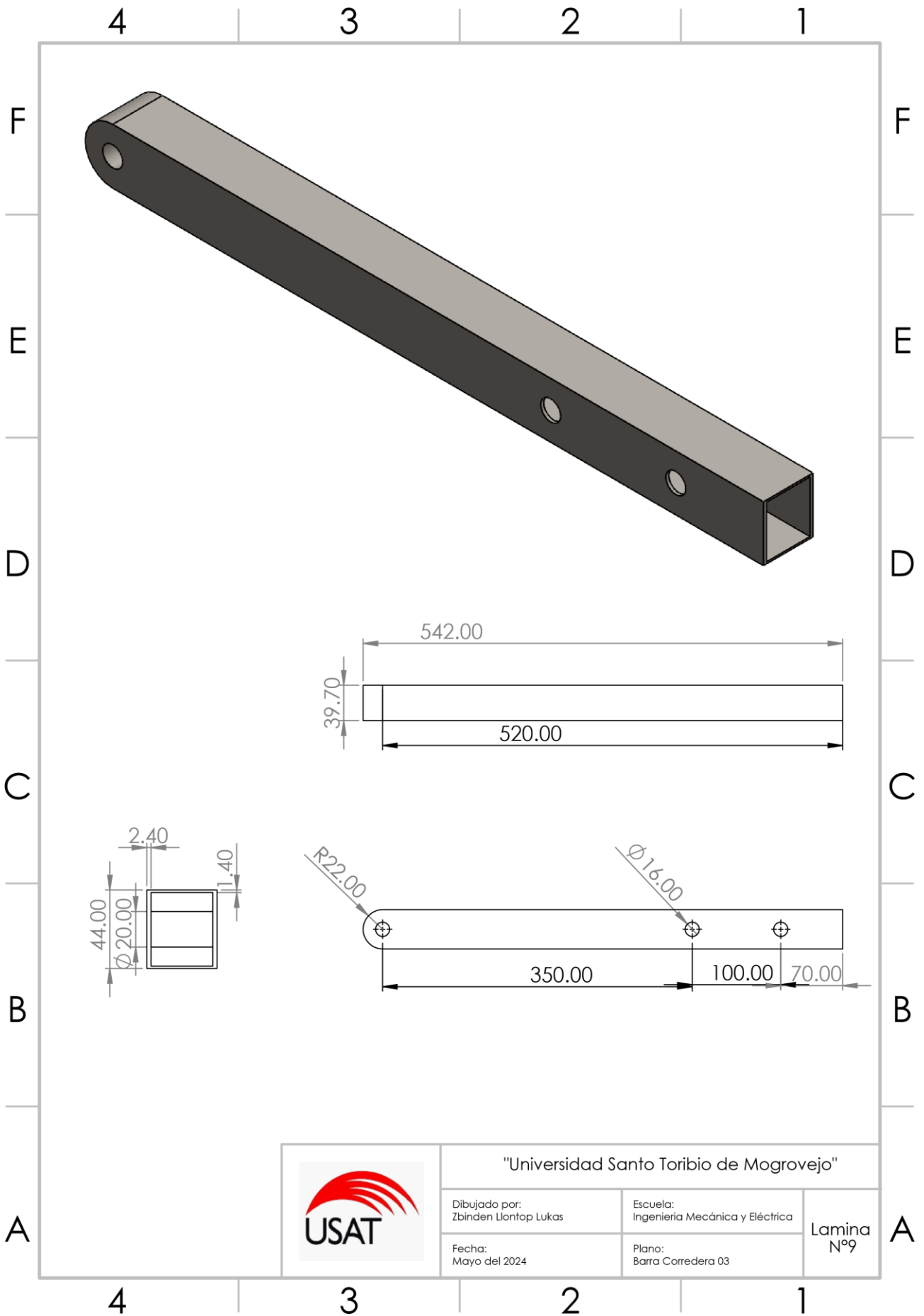


"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por: Zbinden Llontop Lukas	Escuela: Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Fecha: Mayo del 2024	Plano: Barra Corredera de Soporte

Lamina N°8

Anexo 33: Plano de Barra Corredera 03



"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por:  
Zbinden Llontop Lukas

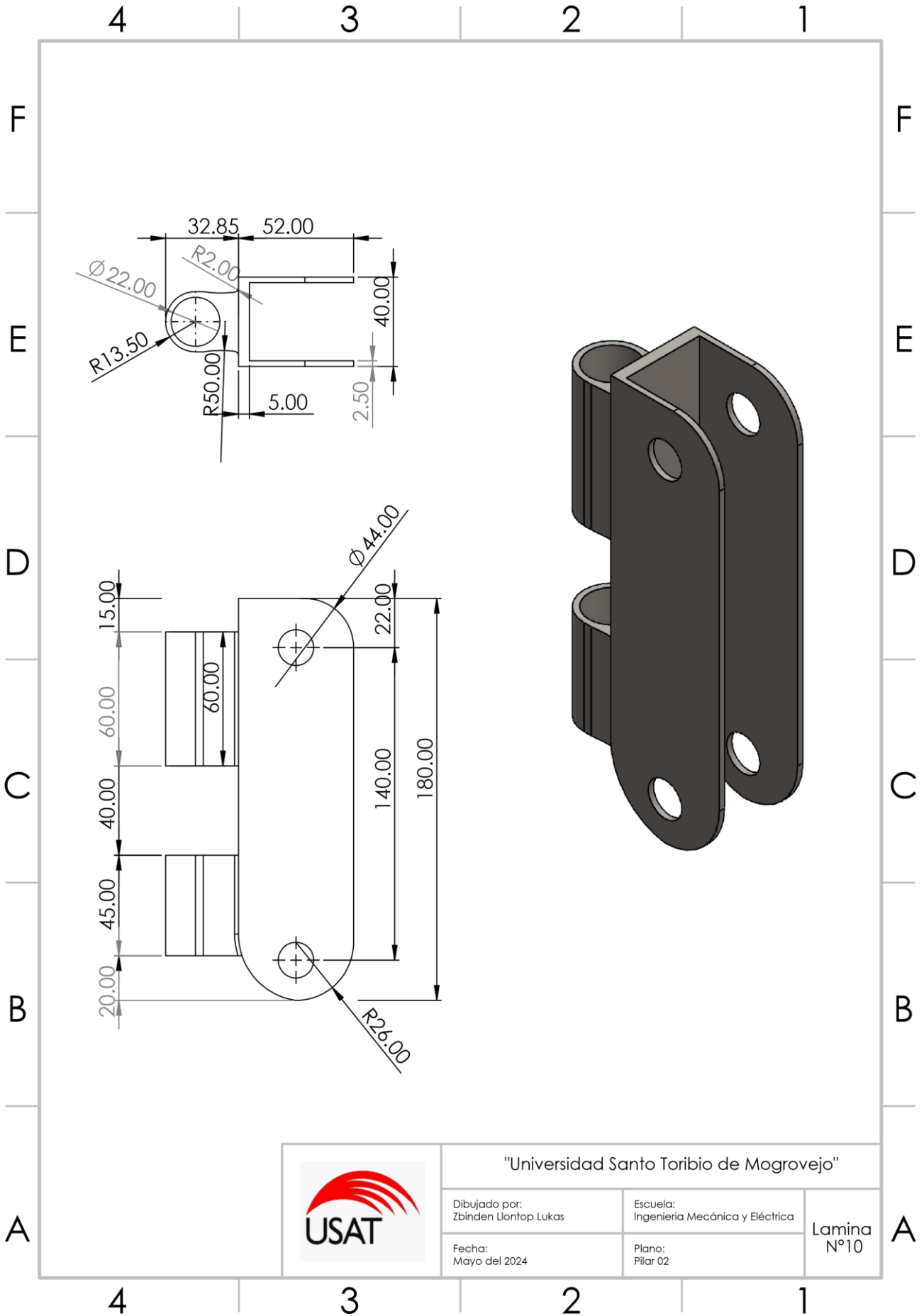
Escuela:  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Fecha:  
Mayo del 2024

Plano:  
Barra Corredera 03

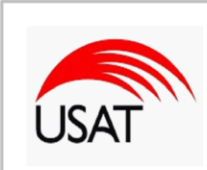
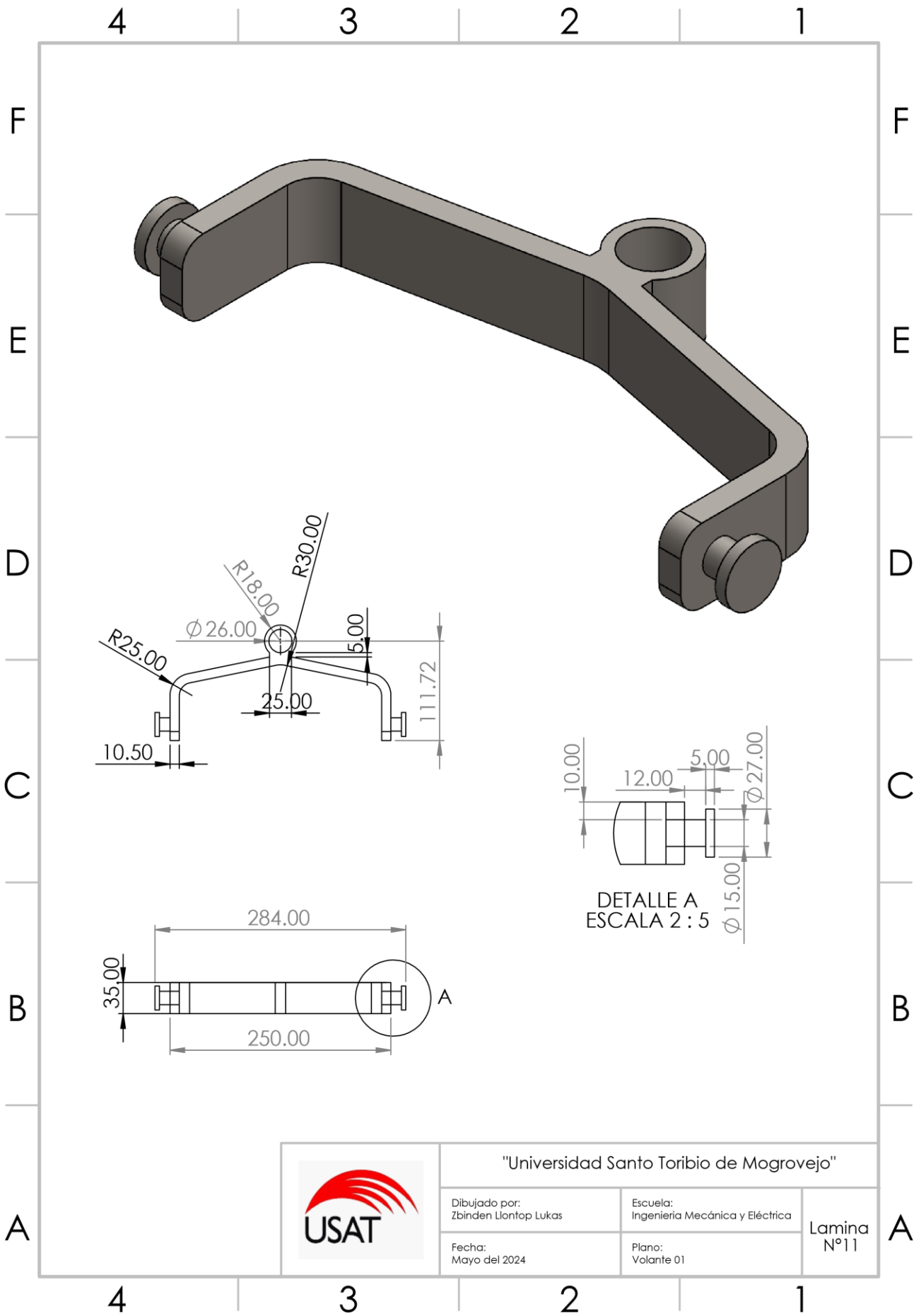
Lamina  
Nº9

Anexo 34: Plano de Pilar 02



	"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"		Lamina N°10
	Dibujado por: Zbinden Lontop Lukas	Escuela: Ingeniería Mecánica y Eléctrica	
	Fecha: Mayo del 2024	Plano: Pilar 02	

Anexo 35: Plano de Volante 01



"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por: Zbinden Lontop Lukas	Escuela: Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Fecha: Mayo del 2024	Plano: Volante 01

Lamina  
N°11

A

A

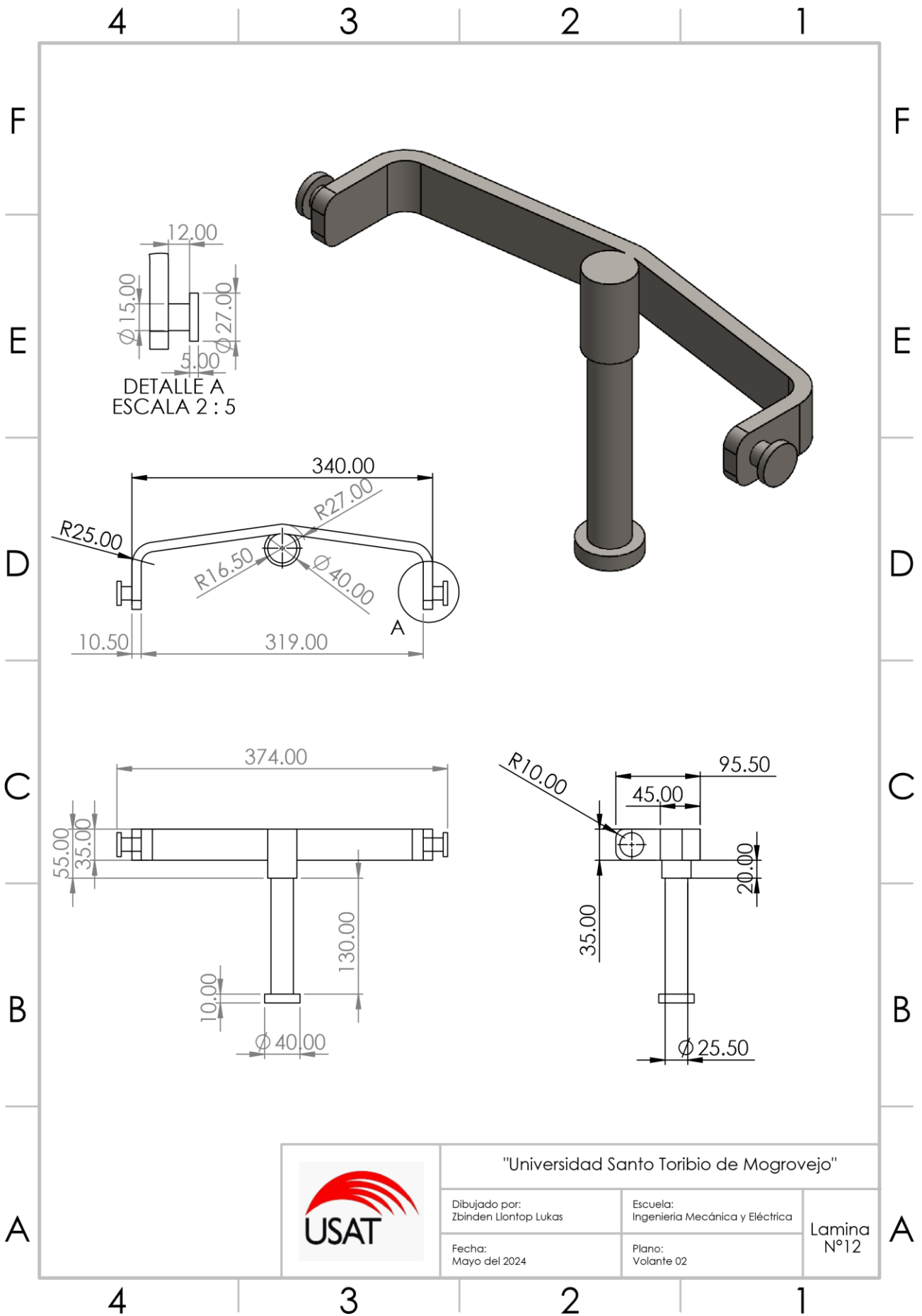
4

3

2

1

Anexo 36: Plano de Volante 02



"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por:  
Zbinden Lontop Lukas

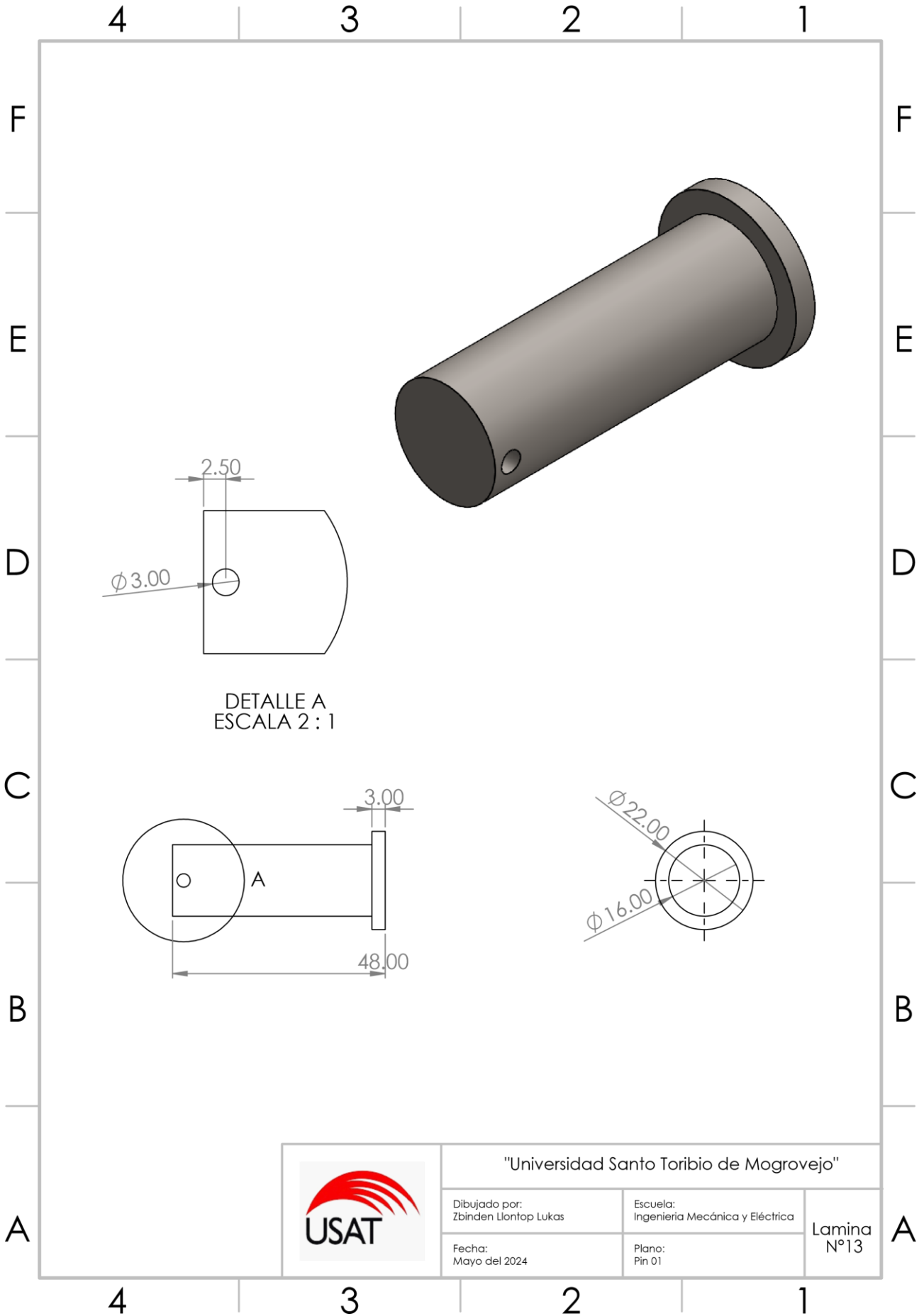
Escuela:  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Fecha:  
Mayo del 2024

Plano:  
Volante 02

Lamina  
N°12

Anexo 37: Plano de Pin 01



"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por:  
Zbinden Lontop Lukas

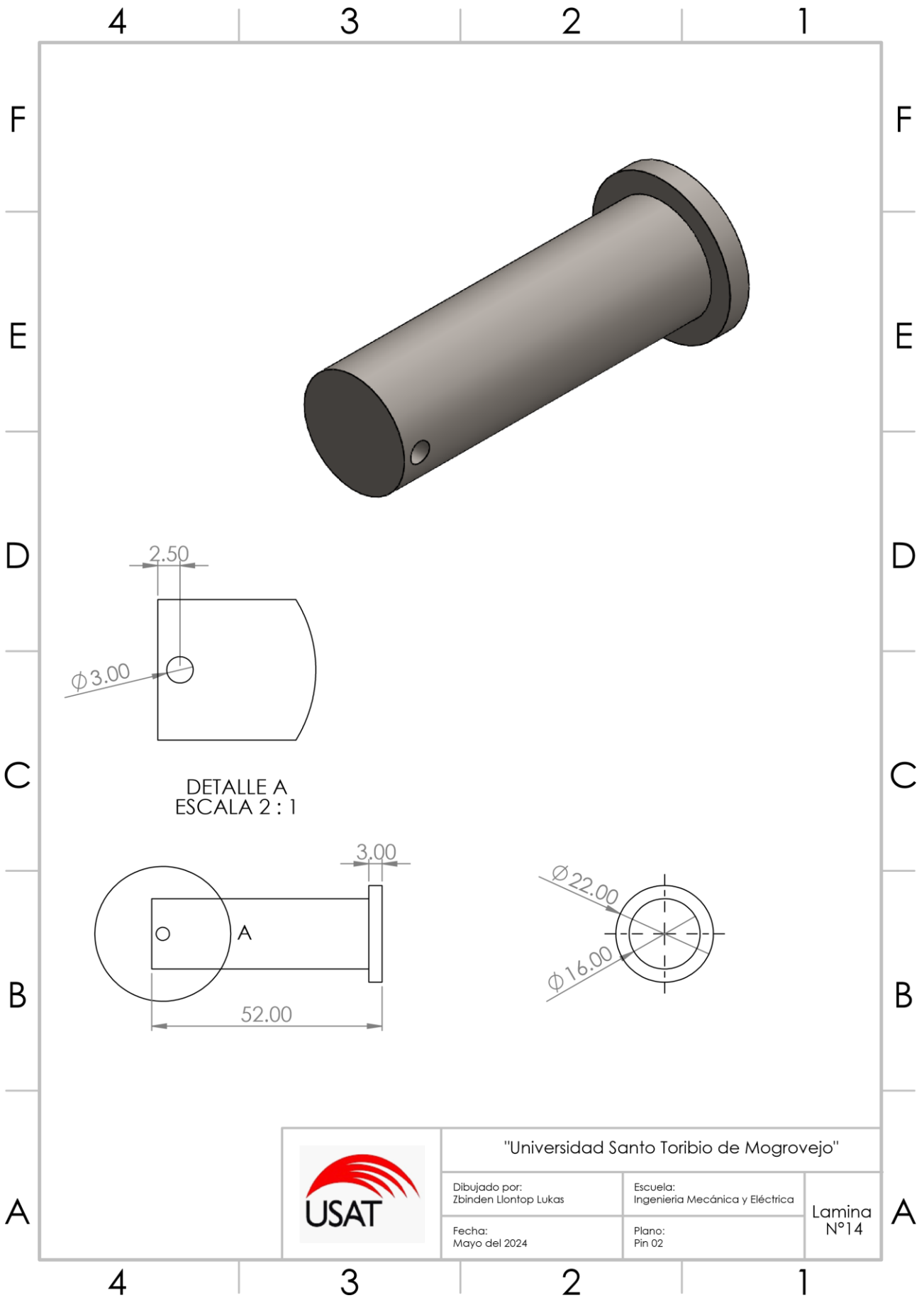
Escuela:  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Fecha:  
Mayo del 2024

Plano:  
Pin 01

Lamina  
N°13

Anexo 38: Plano de Pin 02



"Universidad Santo Toribio de Mogrovejo"

Dibujado por:  
Zbinden Llonlop Lukas

Escuela:  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Fecha:  
Mayo del 2024

Plano:  
Pin 02

Lamina  
N°14

## Anexo 39: Ficha técnica de PLC 1211 DC/DC/Rly

# SIEMENS

## Hoja de datos

## 6ES7211-1AE40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1211C, CPU compacta, DC/DC/DC, E/S integradas: 6 DI 24 V DC; 4 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, alimentación: DC 20,4-28,8 V DC, memoria de programas/datos 75 kB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1211C DC/DC/DC
Versión de firmware	V4.6
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V18 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	SI
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra inversión de polaridad	SI
Tensión de carga L+	
• Valor nominal (DC)	24 V
• Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
• Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	300 mA; Solo CPU
Consumo, máx.	900 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V DC
I <sub>t</sub>	0,5 A·s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	750 mA; Máx. 5 V DC para CM
Salidas digitales	
Número de salidas	4
• de ellas, salidas rápidas	4; Salida de tren de impulsos 100 kHz
Limitación de la sobretensión inductiva de corte a	L+ (-48 V)
Poder de corte de las salidas	
• con carga resistiva, máx.	0,5 A
• con carga tipo lámpara, máx.	5 W
Tensión de salida	
• para señal "0", máx.	0,1 V; con carga de 10 kOhm
• para señal "1", mín.	20 V

## Anexo 40: Ficha técnica de Simatic HMI KTP400

# SIEMENS

## Hoja de datos

## 6AV2123-2DB03-0AX0



SIMATIC HMI, KTP400 Basic, Basic Panel, Manejo con teclado/táctil, pantalla TFT de 4", 65536 colores, Interfaz PROFINET, configurable a partir de WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13, incluye software Open Source, que se cede gratuitamente ver CD adjunto

Información general	
Designación del tipo de producto	KTP400 Basic
Display	
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de pantalla	4,3 in
Achura del display	95 mm
Altura del display	53,9 mm
Nº de colores	65 536
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	480 píxel
• Resolución de imagen vertical	272 píxel
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	20 000 h
• Retroiluminación variable	Si
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	4
— Nº de teclas de función con LED	0
• Teclas con LED	No
• Teclas del sistema	No
• Teclado numérico	Si; Teclado en pantalla
• Teclado alfanumérico	Si; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
• Variante con pantalla táctil	Si; Analógica resistiva
Diseño/montaje	
Posición de montaje	vertical
Montaje en pared/directo	No
Montaje vertical (formato retrato) posible	Si
Montaje horizontal (formato apaisado) posible	Si
Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa	35°
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V

## Anexo 41: Ficha técnica de Convertidor Quint-PS-12VDC/24VDC

**QUINT-PS/12DC/24DC/ 5**

**DC/DC converter with SFB technology, primary-switched, input: 12 V DC, output: 24 V DC, output current: 5 A**

Data sheet  
105529\_en\_01

© PHOENIX CONTACT 2015-10-06



**QUINT-PS/12DC/24DC/ 5**

## 4 Technical data

### Input data

Nominal input voltage	12 V DC
Input voltage range	9 V DC ... 18 V DC
Current consumption	15 A (12 V, I <sub>BOOST</sub> )
Inrush current limitation	< 15 A (typical)
i <sub>T</sub>	< 0.3 A <sup>2</sup> s
Power failure bypass	> 3 ms (12 V DC)
Protective circuit	Transient surge protection Varistor
Protection against polarity reversal	≤ 30 V DC
Input fuse, integrated	25 A (internal (device protection))

### Output data

Nominal output voltage	24 V DC ±1 %
Setting range of the output voltage	18 V DC ... 29.5 V DC (> 24 V DC, constant capacity restricted)
Output current	5 A (-25 °C ... 60 °C) 6.25 A (with POWER BOOST, -25°C ... 40°C permanently, U <sub>OUT</sub> = 24 V DC) 30 A (SFB technology, 12 ms)
Magnetic circuit breaker tripping	B2 / B4 / C2
Active current limitation	Approximately 6.9 A
Max. capacitive load	Unlimited
Control deviation	< 1 % (change in load, static 10 % ... 90 %) < 2 % (change in load, dynamic 10 % ... 90 %) < 0.1 % (change in input voltage ±10 %)
Efficiency	> 90 %
Rise time	< 2 ms (U <sub>OUT</sub> (10 % ... 90 %))
Residual ripple	< 75 mV <sub>pp</sub>
Peak switching voltages	< 10 mV <sub>pp</sub> (20 MHz)
Connection in parallel	Yes, for redundancy and increased capacity
Connection in series	Yes, 2 (Devices)
Protection against surge voltage on the output	< 35 V DC
Resistance to reverse feed	35 V DC

## LA28 Compact

The LA28 Compact is a small and powerful actuator designed for use in system solutions for healthcare equipment or industrial applications. Ideal applications are for example wheelchairs, treatment chairs, patient lifts or beds.

Some benefits of the LA28 compact are:

- Compact design and small installation dimensions
- Metal back fixture makes the actuator capable of withstanding high static pull force and ensures high safety
- Quiet operation
- 3500N in push (with strong motor) and 2000N in pull
- Options such as spline and safety nut to ensure safe operation at all times.



### Features and options:

- 12V / 24V DC permanent magnet motor
- Thrust up to 3500 N (with strong motor)
- Stainless steel piston rod
- Elegant and compact design with small installation dimensions
- Colour: black
- Low noise level
- Available with extra powerful motor (strong motor), increases speed and strength

### Usage:

- Duty cycle: Max 10 % or max. 2 min. continuous use followed by 18 min. not in use
- Ambient temperatures: +5° to +40°C
- Compatibility: Compatible with LINAK control boxes. Please contact LINAK.
- Approvals: IEC 60601-1, ANSI/AAMI ES60601-1 and CAN/CSA-22.2 No 60601-1

### LA28 Compact with 12V motor

Order number	Push Max. (N)	Pull Max. (N) Plastic / Alu	*Self-lock max. (N) Push	*Self-lock max. (N) Pull Plastic / Alu	Pitch (mm/spindle rev.)	Typical speed (mm/s) Load		Standard stroke lengths (mm) In steps of 50 mm	Typical amp.	
						No	Full		12 V	24 V
285xxx-xxxxx2xx	3000	0/2000	3000	0/2000	2.5	8.6	3.6	100 – 400	6.6	-
281xxx-xxxxx2xx	2000	0/2000	2000	0/2000	3	10.2	6.2	100 – 400	6.9	-
282xxx-xxxxx2xx	2000	0/2000	500	0/500	6	19.9	8.2	100 – 400	7.7	-
282xxx-4xxxx2xx	2000	0/2000	2000	0/2000	6	19.8	7.0	100 – 400	8.5	-
283xxx-xxxxx2xx	1500	0/1500	0	0/000	9	28.9	11.7	100 – 600	7.9	-
283xxx-4xxxx2xx	1500	0/1500	1500	0/1500	9	26.5	2.8	100 – 600	7.9	-
287xxx-xxxxx2xx	800	0/800	0	0/0	12	25.8	17.1	100 – 600	5.9	-
287xxx-4xxxx2xx	800	0/800	800	0/800	12	25.8	17.1	100 – 600	5.9	-

## User Guide

# 4 Channel 5V Optical Isolated Relay Module

This is a LOW Level 5V 4-channel relay interface board, and each channel needs a 15-20mA driver current. It can be used to control various appliances and equipment with large current. It is equipped with high-current relays that work under AC250V 10A or DC30V 10A. It has a standard interface that can be controlled directly by microcontroller. This module is optically isolated from high voltage side for safety requirement and also prevent ground loop when interface to microcontroller.



### Brief Data:

- Relay Maximum output: DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- 4 Channel Relay Module with Opto-coupler. LOW Level Trigger expansion board, which is compatible with Arduino control board.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller ( 8051, AVR, \*PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).
- Relay of high quality low noise relays SPDT. A common terminal, a normally open, one normally closed terminal.
- Opto-Coupler isolation, for high voltage safety and prevent ground loop with microcontroller.