



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE MECATRÓNICA

DISEÑO DE UN SISTEMA CON CONTROL AUTOMÁTICO PARA
ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES CON PRODUCTO
TERMINADO EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS VERTICALES

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera en Mecatrónica

AUTOR: WENDY ARACELY CORDERO VINUEZA
TUTOR: ING. DIEGO RENÉ URGILES CONTRERAS, MSTR.
CO-TUTOR: ING. MÓNICA ALEXANDRA ROMERO SACOTO, MSTR.

Cuenca – Ecuador

2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Wendy Aracely Cordero Vinueza con documento de identificación N° 0106399454 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 20 de enero del 2026

Atentamente,



Wendy Aracely Cordero Vinueza
0106399454

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Wendy Aracely Cordero Vinueza con documento de identificación N° 0106399454, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora de la Propuesta Tecnológica: "Diseño de un sistema con control automático para almacenamiento de contenedores con producto terminado en cámaras frigoríficas verticales", la cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 20 de enero del 2026

Atentamente,



Wendy Aracely Cordero Vinueza
0106399454

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diego René Urgiles Contreras con documento de identificación N° 0104431374, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "DISEÑO DE UN SISTEMA CON CONTROL AUTOMÁTICO PARA ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES CON PRODUCTO TERMINADO EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS VERTICALES", realizado por Wendy Aracely Cordero Vinueza con documento de identificación N° 0106399454, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta Tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 20 de enero del 2026

Atentamente,



Ing. Diego René Urgiles Contreras, Mstr.
0104431374

Dedicatoria

Dedico este logro a mis padres, hermanos y sobrina, quienes han sido un apoyo fundamental durante toda mi etapa universitaria, que me han enseñado a no rendirme cuando las cosas se ponen difíciles y que el esfuerzo realizado hoy será el logro del mañana, gracias por su cariño, palabras de aliento y por siempre confiar en que podía conseguirlo.

La culminación de esta etapa es el reflejo del amor y acompañamiento incondicional que me ha brindado mi pareja, gracias por motivarme cuando ya no quería continuar, comprenderme aún cuando mi ánimo no era el mejor, y ayudarme en lo que he necesitado durante la elaboración de este trabajo.

Recuerden que este logro también es suyo.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, que nunca me ha dejado sola, ha sabido guiarme, otorgarme fuerza para continuar y darme sabiduría en cada decisión que he tomado en la vida; hoy le agradezco el haber culminado esta hermosa etapa y haber cumplido una meta más.

Quiero agradecer a mis padres, Pedro y Laura, quienes me han brindado los valores y enseñanzas que me han permitido convertirme en la persona que soy ahora. Les agradezco infinitamente por haberme dado todos los recursos necesarios para finalizar mis estudios universitarios, además de su cariño y apoyo inquebrantable.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi hermano, Edwin, por siempre alentarme, confiar en mis capacidades y hacerme reír cuando todo parecía volverse oscuro, gracias por siempre estar para mí.

Reconozco el valioso apoyo de mi pareja, Carlos, quien ha sabido escucharme, brindarme su afecto y palabras de motivación cuando me sentía agotada, gracias por ser mi compañía constante y soporte emocional durante toda esta etapa.

Mi agradecimiento al Ing. Diego Urgiles y la Ing. Mónica Romero, por sus valiosos conocimientos impartidos durante estos 4 años, gracias por guiarme en este proceso académico y permitirme alcanzar una de mis metas más importantes.

Agradezco a mis amigos y compañeros, Juan Zambrano, José Cajamarca, Galo Chuqui, Freddy Zavala y Natali Zoria, que me han brindado su respaldo, confianza y me han regalado preciados momentos y sonrisas.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de -titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XVI
Abstract	XVII
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Descripción del problema	1
2.2. Antecedentes	2
2.3. Importancia y alcances	2
2.4. Delimitación	3
2.4.1. Espacial o geográfica	3
2.4.2. Temporal	4
2.4.3. Sectorial o institucional	4
3. Objetivos	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos Específicos	5
4. Marco Teórico	5
4.1. Sistemas de Almacenamiento	5
4.2. Sistemas de Almacenamiento Automatizado	6
4.3. Almacenamiento en Frío	7
4.4. Cadena de Frío	8

4.5. Control de Temperatura en la Cadena de Frío	8
5. Marco Metodológico	9
5.1. Metodología del Diseño	9
5.2. Ejecución de la Metodología de Diseño	10
5.2.1. Identificación de la Necesidad	10
5.2.2. Investigación Preliminar	11
5.2.3. Planteamiento de Objetivos	11
5.2.4. Especificaciones de Diseño	11
5.2.5. Desarrollo del Diseño	19
5.2.6. Diseño del sistema de control de un dispositivo para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales . . .	159
5.2.7. Descripción del Proceso de Extracción y Depósito de Helados	159
5.2.8. Identificación de Entradas y Salidas	161
5.2.9. Diagrama de Flujo del Proceso de Control	163
5.2.10. Máquina de Estados	165
5.2.11. Selección del Controlador	168
5.2.12. Propuesta de Control	171
6. Resultados	175
6.1. Diseño Mecánico de un Dispositivo Automatizado para el Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado en Frigoríficos Verticales	175
6.1.1. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portapoleas	175
6.1.2. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portaruedas Secundarias	177
6.1.3. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portaruedas Verticales	179
6.1.4. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portaruedas Principales	180
6.1.5. Análisis del Esfuerzo y Deformación en Portabandejas	182
6.1.6. Análisis del Esfuerzo y Deformación en la Columna	184
6.1.7. Análisis del Esfuerzo y Deformación en la Riel Base	186
6.1.8. Modelado Final del Sistema Mecatrónico para el Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado	188
6.2. Diseño del Sistema de Control de un Dispositivo Automatizado para el Alma- cenamiento de Contenedores con Producto Terminado en Frigoríficos Verticales	190
7. Cronograma	196

8. Presupuesto	197
8.1. Talento humano	197
8.2. Recursos materiales	197
9. Conclusiones	198
10. Recomendaciones	200
Referencias	202
ANEXOS	205

Lista de Tablas

1.	Parámetros Funcionales	11
2.	Características del Acero Estructural ASTM 36 Galvanizado	13
3.	Características del Acero al Carbono AISI 1045	14
4.	Características del Acero para Rodamientos AISI 52100	15
5.	Características de la Fundición Gris	16
6.	Parámetros Operativos	18
7.	Parámetros Normativos y de Seguridad	19
8.	Especificaciones de Diseño	24
9.	Especificaciones para el Cálculo del Motor de la Banda del Portabandejas . .	61
10.	Datos Técnicos del Motorreductor para la Banda	64
11.	Especificaciones para el Cálculo del Motor de Elevación	78
12.	Datos Técnicos del Motorreductor para el Mecanismo de Elevación	82
13.	Especificaciones para el Cálculo del Motor de Traslación	143
14.	Datos Técnicos del Motorreductor de Traslación	145
15.	Entradas del Proceso de Control	162
16.	Salidas del Proceso de Control	163
17.	Estado - Detención del Dispositivo	167
18.	Estado - Reinicio del Dispositivo	167
19.	Estado - Funcionamiento Normal del Dispositivo	168
20.	Resultados del Eje Portapoleas	176
21.	Resultados del Eje Portaruedas Secundarias	178
22.	Resultados del Eje Portaruedas Verticales	180
23.	Resultados del Eje Portaruedas Principales	181
24.	Resultados del Portabandejas	183
25.	Resultados de la Columna	185
26.	Resultados de la Riel Base	187
27.	Recurso de talento humano	197
28.	Recurso de talento humano	198

Lista de Figuras

1.	Ubicación geográfica de Bigotes de Leche.	4
2.	Metodología del Diseño.	10
3.	Sistema AS/RS.	12
4.	Servomotor con Encoder.	17
5.	Boceto 1.	20
6.	Boceto 2.	21
7.	Boceto 3.	22
8.	Matriz de Decisión.	23
9.	Elección del Boceto 3.	24
10.	Columna.	25
11.	Partes del Perfil H.	26
12.	Medidas de la Sección 1 de la Base de la Columna.	28
13.	Sección 1 de la Base de la Columna.	29
14.	Medidas de la Sección 2 de la Base de la Columna.	31
15.	Sección 2 de la Base de la Columna.	32
16.	Medidas de la Sección 1 del Portabandejas.	34
17.	Sección 1 del Portabandejas.	35
18.	Medidas de la Sección 2 del Portabandejas.	36
19.	Sección 2 del Portabandejas.	37
20.	Medidas de la Sección 3 del Portabandejas.	38
21.	Sección 3 del Portabandejas.	39
22.	Ubicación del Rodillo Secundario de la Banda del Portabandejas.	41
23.	Medidas del Rodillo Secundario de la Banda del Portabandejas.	42
24.	Rodillo Secundario de la Banda del Portabandejas.	43
25.	Ubicación del Rodillo Primario de la Banda del Portabandejas.	45
26.	Medidas del Rodillo Primario de la Banda del Portabandejas.	46
27.	Rodillo Primario de la Banda del Portabandejas.	47
28.	Ubicación de los Portarodillos.	49
29.	Medidas del Portarodillo.	50
30.	Portarodillo.	50
31.	Perfil de Aluminio.	52
32.	Ubicación del Perfil de Aluminio.	53

33.	Longitud del Perfil de Aluminio.	54
34.	Ubicación de la Banda del Portabandejas.	55
35.	Medidas de la Banda del Portabandejas.	56
36.	Ubicación de los Rodamientos Lineales.	58
37.	Peso Rodamiento.	59
38.	Motorreductor para la Banda del Portabandejas.	63
39.	Ubicación del Motorreductor para la Banda del Portabandejas.	65
40.	DCL del Portabandejas.	66
41.	DCL del Portabandejas con Carga Puntual.	67
42.	Ubicación de las Guías Verticales.	72
43.	Guías Verticales.	73
44.	Ubicación de las Poleas.	74
45.	Medidas de las Poleas.	75
46.	Poleas.	76
47.	Motorreductor para el Mecanismo de Elevación.	81
48.	DCL de la Polea.	83
49.	Ubicación del Eje Portapoleas.	84
50.	Medidas del Eje Portapoleas.	85
51.	Eje Portapoleas.	86
52.	DCL del Eje Portapoleas.	88
53.	Corte 1.	89
54.	Corte 2.	90
55.	Corte 3.	91
56.	Corte 4.	92
57.	Diagrama de Cortante y Momento Flector.	93
58.	Ubicación de los Soportes de las Poleas.	96
59.	Medidas del Soporte de las Poleas.	97
60.	Soporte de las Poleas.	98
61.	Ubicación de las Chumaceras.	100
62.	Chumaceras.	101
63.	Ubicación de las Ruedas Secundarias.	102
64.	Medidas de las Ruedas Secundarias.	103
65.	Ruedas Secundarias.	104
66.	Ubicación de las Ruedas Verticales.	106
67.	Medidas de las Ruedas Verticales.	107

68.	Rueda Vertical.	108
69.	Ubicación de las Ruedas Principales.	110
70.	Medidas de la Rueda Principal.	111
71.	Rueda Principal.	112
72.	Ubicación del Eje Portaruedas Secundarias.	114
73.	Medidas del Eje Portaruedas Secundarias.	115
74.	Eje Portaruedas Secundarias.	116
75.	DCL del Eje Portaruedas Secundarias.	118
76.	Corte 1.	119
77.	Diagrama de Cortante y Momento Flector.	120
78.	Ubicación del Eje Portaruedas Verticales.	122
79.	Medidas del Eje Portaruedas Verticales.	123
80.	Eje Portaruedas Verticales.	124
81.	DCL del Eje Portaruedas Verticales.	126
82.	Corte 1.	127
83.	Diagrama de Cortante y Momento Flector.	128
84.	Ubicación del Eje Portaruedas Principales.	130
85.	Medidas del Eje Portaruedas Principales.	131
86.	Eje Portaruedas Principales.	132
87.	DCL del Eje Portaruedas Principales.	134
88.	Corte 1.	135
89.	Corte 2.	136
90.	Diagrama de Cortante y Momento Flector.	137
91.	Ubicación de la Placa Portaruedas Secundarias.	139
92.	Medidas de la Placa Portaruedas Secundarias.	140
93.	Placa Portaruedas Secundarias.	141
94.	Motorreductor para la Traslación.	144
95.	Ubicación del Motorreductor para la Traslación.	145
96.	DCL Columna.	146
97.	Ubicación de las Rieles Base.	148
98.	Medidas de la Riel Base.	149
99.	Riel Base.	150
100.	DCL de la Riel.	152
101.	Corte 1.	153
102.	Corte 2.	154

103. Corte 3.	155
104. Corte 4.	156
105. Diagrama de Cortante y Momento Flector.	157
106. Diagrama de Flujo del Proceso Operativo.	160
107. Diagrama de Flujo del Proceso de Control.	164
108. Máquina de Estados del Sistema de Almacenamiento.	166
109. Tabla de Ponderación para la Selección del Controlador.	169
110. Selección del Controlador.	169
111. PLC S7-1200.	171
112. MAIN TIA PORTAL.	172
113. DRIVE FACTORY IO.	173
114. SIMULACIÓN EN FACTORY IO.	174
115. ESFUERZO EN EL EJE PORTAPOLEAS.	175
116. DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTAPOLEAS.	176
117. ESFUERZO EN EL EJE PORTARUEDAS SECUNDARIAS.	177
118. DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTARUEDAS SECUNDARIAS.	178
119. ESFUERZO EN EL EJE PORTARUEDAS VERTICALES.	179
120. DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTARUEDAS VERTICALES.	179
121. ESFUERZO EN EL EJE PORTARUEDAS PRINCIPALES.	180
122. DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTARUEDAS PRINCIPALES.	181
123. ESFUERZO EN EL PORTABANDEJAS.	182
124. DEFORMACIÓN EN EL PORTABANDEJAS.	183
125. ESFUERZO EN LA COLUMNA.	184
126. DEFORMACIÓN EN LA COLUMNA.	185
127. ESFUERZO EN LA RIEL BASE.	186
128. DEFORMACIÓN EN LA RIEL BASE.	187
129. Diseño Mecánico para el Sistema de Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado.	189
130. Estado de Detención del Dispositivo - Pulsante de Paro.	190
131. Estado de Detención del Dispositivo - Indicador Objeto Mal Colocado. . . .	191
132. Transición hacia el Estado de Funcionamiento Normal - Sensor de Carga Lista.	192
133. Estado de Funcionamiento Normal del Dispositivo - Indicador Objeto Correc- tamente Colocado.	193
134. Transición hacia el Estado de Reinicio - Pulsante de Reinicio.	194
135. Simulación de la Propuesta de Control.	195

136. Cronograma de actividades.	196
---	-----

Resumen

El presente proyecto desarrolla el diseño de un sistema con control automático para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en cámaras frigoríficas verticales, con el fin de mejorar el proceso productivo de la microempresa, Bigotes de Leche. Actualmente, la manipulación de bandejas se realiza manualmente, lo que genera demoras, cuellos de botella y aumento de la fatiga del trabajador, además de incrementar el riesgo de contaminación cruzada. Para resolver esta problemática, se establecieron parámetros funcionales, operativos y normativos que permitieron definir los requerimientos del dispositivo automatizado, considerando las condiciones ambientales y las necesidades específicas del proceso.

El proyecto incluye el diseño mecánico del prototipo, desarrollado mediante la metodología de Norton, que integra análisis estructural, cálculos de esfuerzos, deformaciones y modelado de las partes críticas del dispositivo, garantizando resistencia, estabilidad y seguridad (Norton, 2009). De igual manera, se diseñó el sistema de control empleando un PLC Siemens S7-1200 y se validó la lógica de funcionamiento mediante simulación en Factory I/O, incorporando sensores, actuadores y una máquina de estados que representa el comportamiento del sistema.

En términos generales, la propuesta desarrollada demuestra que es posible diseñar un sistema automatizado de almacenamiento que cumpla con los requerimientos funcionales, mecánicos y operativos identificados en la microempresa. El análisis estructural confirmó que la configuración del dispositivo es viable desde el punto de vista mecánico, mientras que la implementación del sistema de control permitió establecer una secuencia confiable para la manipulación del contenedor. La validación mediante simulación evidenció que la lógica propuesta responde adecuadamente a las condiciones del proceso, por lo que el diseño final constituye una alternativa factible para mejorar el orden, la consistencia operativa y la gestión del almacenamiento en el entorno de trabajo.

Palabras clave: Microempresa, Control automático, Diseño mecánico, Análisis Estructural.

Abstract

This project develops the design of an automatic control system for storing containers with finished products in vertical cold rooms, with the aim of improving the production process of the micro-enterprise, Bigotes de Leche. Currently, trays are handled manually, which causes delays, bottlenecks, and increased worker fatigue, as well as increasing the risk of cross-contamination. To solve this problem, functional, operational, and regulatory parameters were established to define the requirements of the automated device, taking into account environmental conditions and the specific needs of the process.

The project includes the mechanical design of the prototype, developed using the Norton methodology, which integrates structural analysis, stress calculations, deformations, and modeling of the critical parts of the device, ensuring strength, stability, and safety (Norton, 2009). Similarly, the control system was designed using a Siemens S7-1200 PLC, and the operating logic was validated through simulation in Factory I/O, incorporating sensors, actuators, and a state machine that represents the behavior of the system.

In general terms, the proposal developed demonstrates that it is possible to design an automated storage system that meets the functional, mechanical, and operational requirements identified in the microenterprise. The structural analysis confirmed that the device configuration is mechanically feasible, while the implementation of the control system allowed for the establishment of a reliable sequence for container handling. Validation through simulation showed that the proposed logic responds adequately to the process conditions, making the final design a feasible alternative for improving order, operational consistency, and storage management in the work environment.

Keywords: Microenterprise, Automatic control, Mechanical design, Structural analysis.

1. Introducción

La producción de alimentos congelados requiere procesos ágiles, ordenados y seguros para garantizar la calidad del producto. En microempresas dedicadas a la elaboración artesanal de helados, una de las actividades que más influye en la eficiencia operativa es el almacenamiento de las bandejas con producto terminado dentro de los frigoríficos verticales. Este procedimiento, cuando se realiza de manera manual, incrementa considerablemente los tiempos de producción, genera cuellos de botella y expone al trabajador a tareas repetitivas que aceleran la fatiga física.

Ante esta realidad, el diseño de dispositivos automatizados representa una oportunidad para mejorar la manipulación de contenedores, potenciar la productividad y reducir riesgos asociados al manejo directo del producto. La automatización del almacenamiento no solo contribuye a la eficiencia del proceso, sino que también disminuye la probabilidad de contaminación cruzada y mantiene condiciones adecuadas de temperatura.

El presente trabajo propone el diseño integral de un sistema automatizado de almacenamiento para la microempresa, Bigotes de Leche, ubicada en Cuenca, Ecuador. El proyecto abarca desde la identificación de los parámetros funcionales y operativos del dispositivo, el desarrollo del diseño mecánico y el análisis estructural, hasta la implementación del sistema de control utilizando un PLC y la validación de su funcionamiento mediante simulación. De esta manera, se presenta una propuesta técnica viable que puede servir como referencia para otras microempresas del sector alimentario que busquen optimizar sus procesos mediante la automatización.

2. Problema

2.1. Descripción del problema

Dentro de los procedimientos de fabricación en la industria alimentaria, sobre todo en la producción artesanal de helados, se suscita un obstáculo en el que las bandejas con producto terminado arriban por la banda transportadora, y es el operario quien, de forma manual, acomoda cada bandeja en el frigorífico vertical, completando los espacios disponibles. Este proceso aumenta el tiempo de producción y provoca cuellos de botella, además de, que requiere

tiempo y esfuerzo físico por parte del trabajador.

2.2. Antecedentes

El almacenamiento de productos terminados manifiesta una etapa decisiva en la logística de elaboración y repartición, se realiza con mayor periodicidad en compañías que laboran con bienes que cuentan con una única vida útil, como los productos congelados. Con respecto a la microempresa estudiada, Bigotes de Leche, el procedimiento de almacenamiento en congeladores verticales se realiza de forma manual, lo que involucra que los operadores deben manejar físicamente las bandejas de producto. Esta circunstancia ocasiona un tiempo relevante de ejecución y productividad, perjudicando la eficiencia global del proceso.

La automatización de los sistemas de almacenamiento vertical se ha transformado en una tendencia importante en el campo empresarial, sobre todo en el área de alimentos congelados, donde es elemental sostener condiciones impecables de conservación, es tanta la petición de la automatización en esta zona, que “en el año 2023 se valoró en 12.3 mil millones de dólares, mientras que, en el 2024 alcanzó los 25,14 mil millones de dólares” (UnivDatos, 2024)

La implementación de dispositivos automatizados no solo mejora la colocación y recuperación de productos en el sector de almacenamiento, sino que, también respalda la continuidad de la cadena de frío, lo que coopera para conservar la calidad del producto terminado e impide el bloqueo de dicha cadena.

2.3. Importancia y alcances

■ Importancia

La instauración de un dispositivo de almacenamiento vertical automatizado en la microempresa de productos congelados, reducirá las multitareas de los operarios en esa fase de la elaboración. Este dispositivo contribuirá a renovar el proceso de almacenamiento y perfeccionará la eficiencia de la manipulación de los productos terminados. En el sector de alimentos congelados, es esencial sostener una cadena de frío constante para garantizar la calidad de los productos. Además, el empleo de la automatización perfecciona las condiciones laborales y disminuye la contaminación cruzada del producto.

Para la microempresa, el dispositivo automatizado de almacenamiento constituye una fabulosa oportunidad para potenciar el área vacante y optimizar sus operaciones. Esto le

autorizará escuchar las tendencias de automatización en la industria y conseguir una administración del almacenamiento moderna y efectiva, progresando en su competitividad en el mercado.

- Alcance

Reconocer la necesidad vigente, ejecutando un levantamiento de información de la condición actual de la zona de almacenamiento para plantear un diseño de un prototipo automatizado, incluyendo su sistema de control. Se especificarán los parámetros requeridos para el diseño del dispositivo, acoplados a las condiciones características de la microempresa. Luego, se creará un prototipo que autoriza el manejo de los contenedores de forma eficiente y automatizada.

El objeto del proyecto no es solo otorgar un recurso para esta microempresa, sino también transformarse en un ejemplo que otras pequeñas empresas del área alimentaria puedan imitar. El diseño de un dispositivo de almacenamiento vertical automatizado para contenedores de productos congelados, aplicaría la tecnología para mejorar la manipulación de los contenedores de forma exacta y segura, minimizando la participación humana, conservando la calidad del producto final e impidiendo interrupciones en la cadena de frío.

2.4. Delimitación

El asunto de estudio se encuadrará en los siguientes aspectos:

2.4.1. Espacial o geográfica

El presente trabajo se sitúa en la locación definida de Bigotes de Leche, una iniciativa empresarial que se ocupa de la producción de helados artesanales en Cuenca, Ecuador. Este sector geográfico es esencial, ya que, define el medio de operación y las condiciones locales, mismas que generan un efecto directo en los procedimientos de elaboración, el ajetreo de ofertas y compras en el mercado, y las medidas fundamentales que se pueden ejecutar.

Ubicación geográfica de Bigotes de Leche.



El encuadre temporal del presente proyecto comprende una extensión global de 240 horas. En el transcurso de estos meses, se realizará cada función de indagación, inspección y sugerencias de soluciones. Este lapso temporal es relevante para descifrar el entorno en el que se lleva a cabo el proyecto, porque, los procedimientos de fabricación, los cambios en el mercado y las tácticas de negocio pueden cambiar con el tiempo. Además, este plazo concede una inspección minuciosa de los restos que encara Bigotes de Leche en su labor actual y brinda un cimiento firme para trazar futuros progresos.

La delimitación sectorial de este diseño se enfoca en la fábrica de helados artesanales, exactamente en Bigotes de Leche, una microempresa destinada a la elaboración de helados artesanales en la localidad de Cuenca, Ecuador. La averiguación se llevará a cabo al interior de la organización mencionada, examinando sus procedimientos, patrimonio, y fluctuaciones de mercado, con el fin de, plantear mejoras definidas para la microempresa.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema con control automático para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en cámaras frigoríficas verticales.

3.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros para el diseño de un dispositivo automatizado para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales.
- Realizar el diseño mecánico de un dispositivo para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales.
- Diseñar el sistema de control de un dispositivo para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales.

4. Marco Teórico

De acuerdo con Cembranos. F. (2008), la automatización es el reemplazo del trabajo humano por mecanismos, independientes o no entre sí, impulsados por un suministro de energía externa, competentes para realizar ciclos completos de ordenamientos que pueden redundar interminablemente.

Un almacén es un establecimiento que, en conjunto con los dispositivos de almacenaje, de manejo, y de administración, permite controlar las discrepancias entre los movimientos de ingreso y salida de mercadería. Estos movimientos no suelen estar ordenados y ese es uno de los motivos por los que es necesario definir una óptima logística de almacenamiento. (MECALUX S.A.)

Entre algunos de los indicadores para comprobar la eficiencia se encuentran los siguientes: cabida de almacenamiento, consistencia del almacenamiento, accesibilidad, productividad del sistema, disponibilidad y utilización.

4.1. Sistemas de Almacenamiento

Al instante de diseñar los sistemas de almacenamiento es rigurosamente necesario observar las peculiaridades del material, las cuales son: peso, tamaño, tamaño de las bandejas y el

aspecto, durabilidad, costo. Entre los más empleados se hallan los siguientes sistemas:

- Almacenamiento en estantería: este sistema abastece una excelente densidad de almacenamiento, ya que, no está restringido por la acumulación máxima por caja, y, además, no es viable disponer de una caja colocada en la porción inferior de la repisa, lo que consiente almacenar mayor variedad de artículos en un espacio de almacenamiento.
- Almacenamiento en cajones: en este tipo de almacenamiento se posee gavetas para almacenar diversos productos en un sistema de cajones, lo que admite lograr una buena densidad de almacenamiento, cuando se guarda diferentes especímenes de productos de un tamaño congruentemente chico.

En cláusulas de estructuras de bodegaje concurren diferentes posibilidades, según los rasgos de los elementos que se almacenarán, el área que se tiene y el requerimiento de fluidez. La locación de los artículos en los almacenes debe ser determinada de modo que se permita la ubicación veloz y sin fallas de los componentes. El sistema más empleado en la actualidad es:

- Sistema de almacenamiento automático: Los sistemas de almacenamiento y recuperación han ayudado a la industria. Este sistema actual es más rápido, posee movimiento más sutiles, y avances en el sistema de información, mismos que siguen siendo una óptica de interés en la industria. Del mismo modo, pueden almacenar productos con gran densidad y facilitan la recuperación de cargas, además de, que permiten aprovechar al máximo el área libre. Cabe destacar, que los sistemas mencionados son frecuentemente destinados para almacenar materia prima, producto terminado o producto en proceso. (GIEICOM, 2021)

4.2. Sistemas de Almacenamiento Automatizado

A continuación, se detallan las formas más comunes de almacenamiento automatizado presentes en el mercado actual:

- Sistemas AS/RS: Los sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados permiten desplazar cargas pesadas y explotar al máximo el área disponible de almacenamiento, por lo tanto, los trabajadores de las plantas de almacenaje aumentan su rendimiento, se incrementa el volumen de bodegaje y se disminuyen los costos operativos. Se pueden

encontrar los transelevadores, que son sistemas que se mueven a través de los corredores para colocar o quitar los productos de los pasillos, también, existe los miniloader (minicargas), que se emplean para manipular cargas más pequeñas y ligeras.

- **Sistemas Shuttle:** Está conformado por carros motorizados colocados en cada piso de las repisas verticales, elevadores y redes de transporte; siendo así, los shuttle cogen los productos y los entregan a la red de transporte. Además, estos sistemas incrementan la densidad de almacenamiento, son flexibles y aseguran una circulación ininterrumpida de los productos.
- **Sistemas de Carrusel:** Se refiere a un grupo de estanterías que se colocan en disposición horizontal y vertical, en las que se guarda el producto y se lo traslada empleando un motor y un software definido, se puede utilizar en lugar de un transelevador. Este sistema posee beneficios como: se emplea al máximo el espacio de almacenamiento, permite la intervención del operario de forma veloz e invulnerable y una inspección del inventario automática, lo que reduce el tiempo en la locación de productos. (Logística Flexible, 2024)
- **Sistemas de Almacenamiento Vertical (VLM):** Este tipo de sistema emplea una red de transmisión utilizando cadenas y servomotores, lo que vendría a ser el módulo de ascensión vertical, para suministrar automáticamente los productos; este sistema asegura que los procesos sean eficientes, ya que otorgan el artículo directamente al operario, permite ahorrar espacios y administrar los inventarios de forma automatizada.

4.3. Almacenamiento en Frío

El almacenaje en frío es comúnmente utilizado en la industria farmacéutica y de alimentos; para un correcto almacenamiento en frío, se debe certificar el mantenimiento de la cadena de frío, la viabilidad del depósito y la sustentabilidad energética, además, es importante conocer que, la adquisición del producto refrigerado se ha incrementado en un 10 por ciento desde la pandemia, lo que genera relevancia en el desarrollo de sistemas de almacenamiento en frío. (AR Racking, 2025). Las principales dificultades que debe superar un almacén en frío son: optimización en volumen del espacio disponible de los depósitos y asegurar que el gasto energético no sea excesivo, ya que, esto se traduciría en daños al medio ambiente y el aumento de gastos de la empresa. A continuación, se presentarán las características fundamentales que deberían cumplir las repisas para almacenamiento en frío:

- Optimización del espacio y regularización de la temperatura: Las estanterías que se colocarán dentro del frigorífico deben aprovechar al límite el espacio disponible para el almacenamiento, y bajo ninguna circunstancia obstaculizar la cadena de frío.
- El acero de las repisas debe ser resistente a la corrosión: El material que se utilizará en las repisas debe tolerar temperaturas bajas extremas, sin verse afectado por la corrosión, con el objetivo de, que no se descomponga el sistema de almacenaje, ya que, podría llegar a dañar el producto, por ello, se recomienda utilizar acero galvanizado.
- Recursos compactos y de bastante densidad: Las repisas deben permitir un almacenamiento de gran compactibilidad, con el fin de, incrementar el espacio de bodegaje y mantener la atmósfera de frío en todo el almacén, porque, amparan una asignación moderada de la temperatura.
- Economizar los costos de provisiones y minimizar el tiempo de carga y descarga.

4.4. Cadena de Frío

La cadena de frío se refiere a la administración efectiva de la temperatura de los artículos perecibles, con el objeto de, conservar su seguridad y calidad, desde el ingreso del producto, su paso a través de los puestos de repartición, hasta cuando llega al cliente, de este modo, se fomenta la seguridad en el sector alimentario. Por consiguiente, una falla o bloqueo en la cadena de frío podría derivar en la degeneración de los alimentos, es por ello, que la automatización resulta ser una buena opción para asegurar la calidad de los productos congelados o refrigerados, puesto que, otorga seguridad, plenitud y trazabilidad de los artículos almacenados.

4.5. Control de Temperatura en la Cadena de Frío

Observar la temperatura en la cadena de frío es clave para asegurar que los alimentos y demás productos congelados lleguen a su destino en buenas condiciones. Tradicionalmente, el procedimiento se llevaba a cabo de manera manual, registrando los datos en un papel, lo que provocaba retrasos y olvidos por parte de los operarios, dando lugar a pérdidas de los alimentos dañados, por ello, las empresas tuvieron la necesidad de implementar sistemas de administración de la calidad, que permitan medir, regular y registrar las temperaturas en tiempo real, para incorporar dichos sistemas, se emplearon sensores y receptores de datos.

- Sistemas de monitoreo remoto: Aunque los frigoríficos suelen contar con termómetros, éstos no siempre alertan al consumidor si la temperatura es la adecuada, por lo que, un

sistema de monitoreo remoto permitiría regular la condición de la temperatura; éstos poseen un registrador que separa los datos de la temperatura, mismos que son obtenidos de los sensores que se ubican en el refrigerador; este sistema de registro cuenta con alarmas que notifican al usuario si la temperatura está descontrolada, también, tiene una batería recargable para asegurar el monitoreo constante en caso de un corte de energía eléctrica. Se recomienda seleccionar un sistema que tenga conexión con la nube, que otorgue las condiciones registradas en tiempo real y las lecturas del sensor cuando se ofrezca.

- **Sensores y sondas:** Para medir la temperatura del refrigerador se puede emplear un termómetro, pero es mejor utilizar sensores o sondas, que además de medir la temperatura, mantienen un vínculo con el entorno, los elementos que se calibran y otros aparatos de monitoreo para exponer y chequear la variable mencionada de forma constante. Cabe destacar, que la sonda es más resistente a temperaturas extremadamente bajas, que serían poco tolerables para algunos sensores.
- **Fluctuaciones de Temperatura:** Este fenómeno puede ser causado por los ciclos de descongelamiento, al abrir o cerrar la puerta del refrigerador o debido a los ventiladores que permiten la circulación del aire, para evitar esta situación, puede utilizarse una sonda con un amortiguador de temperatura, ya que, éste simula la temperatura al interior de los alimentos, cuando los mismos se encuentran dentro del espacio frío. Además, las sondas, que pueden ser con cable o inalámbricas, suelen evitar las falsas alarmas, provocadas por cambios ligeros en la temperatura.

5. Marco Metodológico

5.1. Metodología del Diseño

La metodología de diseño es una herramienta indispensable al momento de crear nuevos artefactos, debido a que es un proceso que señala específicamente los pasos que se deben seguir para obtener el diseño deseado. La metodología que se aplicará al presente proyecto es tomada del libro, *Diseño de Maquinaria*, cuarta edición, por Robert L. Norton. Dicha metodología sugiere lo siguiente:

Figura 2

Metodología del Diseño.



Nota: La imagen 2 describe la metodología de diseño empleada en el proyecto.

5.2. Ejecución de la Metodología de Diseño

5.2.1. Identificación de la Necesidad

El dispositivo se está desarrollando con el objetivo de facilitar el almacenaje de productos terminados, evitando así, el proceso manual de almacenamiento, y con ello, lograr reducir los cuellos de botella, retrasos en la producción, la contaminación cruzada, y preservar la calidad del producto.

5.2.2. Investigación Preliminar

La investigación relacionada a dispositivos de almacenamiento de contenedores se realizó en el apartado 4, Marco Teórico, dicha información servirá de guía para el desarrollo del diseño del artefacto.

5.2.3. Planteamiento de Objetivos

Los objetivos que se encuentran descritos en el apartado 3, pretenden resolver la necesidad planteada en la sección 5.2.1., mediante el desarrollo del diseño de un dispositivo automatizado de almacenamiento de contenedores, incluyendo el diseño del prototipo mecánico, así como, su sistema de control.

5.2.4. Especificaciones de Diseño

En este apartado se establecerán los parámetros para el diseño de un dispositivo automatizado para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales, definiendo los parámetros funcionales, técnicos, operativos, ambientales, normativos y de seguridad, mediante la realización de un análisis en la microempresa Bigotes de Leche y la exploración de diversas fuentes bibliográficas.

Parámetros funcionales

El dispositivo tendrá que cumplir con las siguientes especificaciones:

Tabla 1

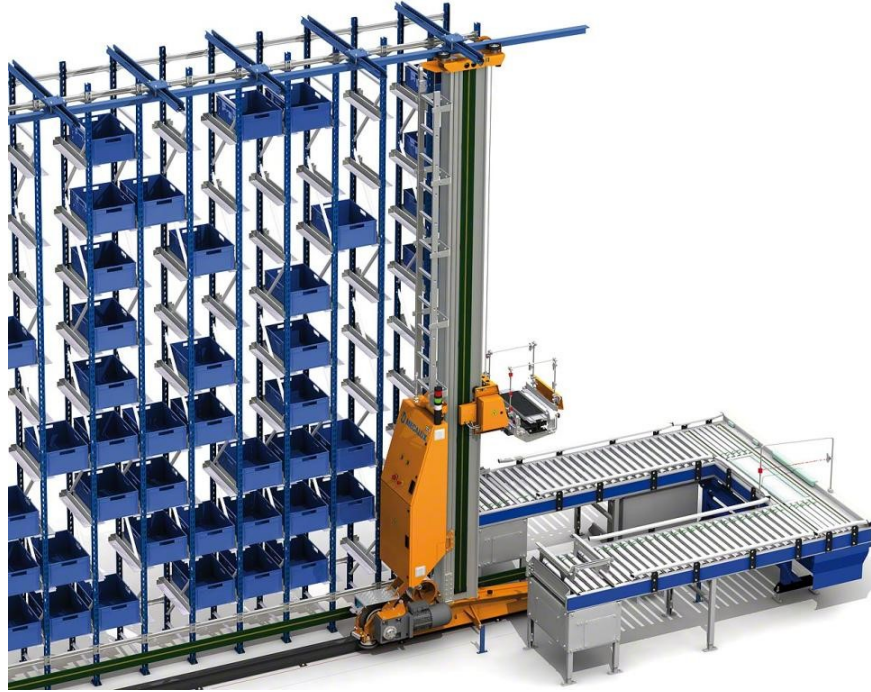
Parámetros Funcionales.

Parámetro	Descripción
Tamaño de las bandejas a almacenar	50cm * 30cm * 0,4 cm
Altura a alcanzar	1,8 m
Profundidad a alcanzar	80 cm
Sistema a emplear	AS/RS, explicado en la sección 4.2
Movimientos presentes	De elevación y de traslación

Nota: La tabla 1 muestra los parámetros funcionales para el diseño del dispositivo.

Figura 3

Sistema AS/RS.



Nota: En la imagen 3 se observa un sistema AS/RS aplicado a un almacén. Tomada de (Direct Industry, 2025).

Parámetros técnicos

- El material elegido para la constitución del dispositivo es el acero estructural ASTM A36 galvanizado, ya que, según Alro Steel (2025), posee una conveniente resistencia mecánica, buena soldabilidad, favorable protección contra la corrosión y un costo admisible comprado con otras opciones estructurales. De acuerdo con la perspectiva mecánica, el acero ASTM A36 tiene un límite elástico mínimo de 250 MPa y una resistencia máxima a la tracción percibida entre 400 y 550 MPa, cuantías con las que se logra soportar cargas distintivas de estructuras de almacenamiento automático, evitando ingresar a estado plástico. En analogía, materiales como el aluminio estructural 6061-T6 exhiben un límite elástico aproximado a 240 MPa, pero con un módulo elástico de 69 GPa, es decir, tres veces menor al del acero ASTM A36 (200 GPa), lo que significa que se presenta un valor mayor de deformación para una misma carga. Por ello, el acero mencionado brinda una superior rigidez estructural y seguridad dimensional,

particularidades esenciales en sistemas verticales de almacenaje. La excelente soldabilidad del acero ASTM A36 es gracias a su bajo contenido de carbono (0,26%), lo que se manifiesta en un carbon equivalent (CE) menor a 0,4. Este parámetro permite llevar a cabo procedimientos de soldadura sin precalentamiento, rebajando la creación de fisuras. En símil, aceros como el ASTM A572 o aceros aleados necesitan revisiones térmicas más rigurosas, aumentando los costos de elaboración y manutención. Con respecto a la resistencia a la corrosión, el revestimiento galvanizado genera una capa de zinc que opera como defensa frente a entornos húmedos. De acuerdo con, Condair (2025), la corrosión del acero al carbono se apresura cuando la humedad relativa asciende a más del 60%. En el ambiente de labor del dispositivo, que corresponde a cámaras frigoríficas y zonas de fabricación alimenticia con una humedad alrededor del 55%, el galvanizado minimiza la celeridad de corrosión y dificulta la oxidación superficial, acrecentando la vida útil del sistema. Desde la perspectiva económica, el acero ASTM A36 galvanizado posee un costo por kilogramo formidablemente menor que opciones como el acero inoxidable o perfiles de aluminio. Asimismo, su alta comercialización, sencilla elaboración y bajo mantenimiento hacen que el costo del material sea inferior. Estas peculiaridades vuelven al acero ASTM A36 galvanizado una elección duradera, segura y económicamente factible para estructuras metálicas propuestas para sistemas de almacenamiento automatizado en entornos alimenticios. A continuación, en la tabla 2 se señalan las principales propiedades del acero estructural ASTM A36 galvanizado:

Tabla 2

Características del Acero Estructural ASTM 36 Galvanizado.

Característica	Valor	Unidades
Densidad	7850	Kg/m ³
Resistencia a la tracción	400-550	MPa
Límite elástico	≥ 250	MPa
Dureza	119-159	HB
Calor específico	486	J/Kg*K
Módulo de Young	200	GPa

Nota: La tabla 2 muestra las principales características del acero estructural ASTM 36 galvanizado.

- El material selecto para la elaboración de las poleas y de los ejes del sistema de almacenamiento es el acero al carbono AISI 1045, también conocido como acero de transmisión, el cual se identifica por su contenido medio de carbono y su composición equitativa de resistencia mecánica, firmeza y maquinabilidad, lo que lo convierte en una buena opción para dispositivos expuestos a esfuerzos de torsión y flexión característicos de ejes rotativos (SteelPRO Group, 2025). Este material posee un límite elástico entre 310 a 450 MPa y una resistencia a la tracción alrededor de 570 a 700 MPa, lo que asegura la suficiencia para soportar cargas mecánicas relevantes sin deformación persistente en circunstancias de trabajo normales (Rapid-Protos, 2025). En similitud, el acero aleado SAE 4140, gracias que está compuesto por cromo y molibdeno, otorga mayor resistencia y tenacidad, aún así, su dureza significativa también conlleva procedimientos de maquinado y tratamientos térmicos más complicados y costosos (CustomProc, 2025). Por otra parte, materiales como el aluminio estructural muestran poca densidad y mecanizado sencillo, pero poseen reducida resistencia mecánica y poca capacidad para sobrellevar esfuerzos de torsión altos, por ello, no son la mejor opción para aplicaciones en ejes de transmisión con cargas dinámicas (MatWeb, 2025). De este modo, el acero AISI 1045 es una elección económicamente factible para los ejes de transmisión del sistema, al brindar un balance apropiado entre desempeño mecánico, facilidad de elaboración y coste. En la tabla 3 se observan las propiedades del acero al carbono AISI 1045:

Tabla 3

Características del Acero al Carbono AISI 1045.

Característica	Valor	Unidades
Densidad	7850	Kg/m ³
Resistencia a la tracción	570-700	MPa
Límite elástico	310-450	MPa
Dureza	170-210	HB
Calor específico	486	J/Kg*K
Módulo de Young	200	GPa

Nota: La tabla 3 muestra las principales características del acero al carbono AISI 1045.

- En empleos de rodamientos en las chumaceras, es común que los elementos rodantes

estén producidos con acero para rodamientos AISI 52100, que es un acero aleado de alto carbono y cromo que, después de un adecuado tratamiento térmico, consigue alta dureza, óptima resistencia al desgaste y gran resistencia a la fatiga, peculiaridades fundamentales para sobrellevar cargas radiales y axiales iterativas sin fracasos apresurados; estas particularidades vuelven a este acero el material normalizado en la industria para unidades sometidas a esfuerzos de fricción repetitiva, generando un trabajo íntegro y una vida útil larga en situaciones de trabajo rigurosas (XHG,2025). Ahora, en la tabla 4, se señalan las propiedades del material mencionado:

Tabla 4

Características del Acero para Rodamientos AISI 52100.

Característica	Valor	Unidades
Densidad	7810	Kg/m ³
Resistencia a la tracción	900-1200	MPa
Límite elástico	600-800	MPa
Dureza	58-66	HRC
Calor específico	460	J/Kg*K
Módulo de Young	210	GPa

Nota: La tabla 4 indica las características del acero para rodamientos AISI 52100.

- La fundición gris es una fusión de hierro carbono comúnmente empleada en la fabricación de chumaceras, gracias a su valiosa rigidez estructural, gran facultad de amortiguación de vibraciones y amplia resistencia a cargas de compresión, rasgos que benefician la permanencia y la labor de los rodamientos. Este material se compone significativamente de carbono en presentación de grafito laminar, lo que le otorga una maquinabilidad preferente y adecuada conductividad térmica, haciendo sencilla la producción de geometrías complicadas y la evaporación de calor creado durante el empleo. A pesar de que su resistencia a la tracción y maleabilidad son pequeñas comparadas con los aceros estructurales, la fundición gris brinda un desempeño mecánico apropiado para cargas estáticas y dinámicas moderadas, también es más económica de fabricar e industrializar que materiales como aceros o fundición nodular. Debido a ello, es el material normalizado para soportes de chumaceras en bastantes diligencias industriales, en las que la

rigidez, el amortiguamiento y la correspondencia costo beneficio son esenciales (Greeny Place,2025). La tabla 5, muestra algunas características de la fundición gris:

Tabla 5

Características de la Fundición Gris.

Característica	Valor	Unidades
Densidad	7600	Kg/m ³
Resistencia a la tracción	150-400	MPa
Límite elástico	98-285	MPa
Dureza	160-300	HB
Calor específico	490-560	J/Kg*K
Módulo de Young	100-180	GPa

Nota: La tabla 5 exhibe las características de la fundición gris.

- Para el correcto funcionamiento del dispositivo se requerirá de diferentes tipos de motores eléctricos para realizar sus movimientos en tres ejes principales: traslación horizontal, elevación vertical y posicionamiento del carro extractor. A continuación, se describen los motores disponibles, de los cuales se realizarán los cálculos para dimensionar las características del dispositivo adecuado previo a su selección:

1. Motor para la traslación horizontal: El movimiento horizontal del transelevador a lo largo del pasillo se realiza mediante un motor de inducción trifásico (asincrónico), controlado por un variador de frecuencia (VFD). Este tipo de motor ofrece un buen equilibrio entre robustez, eficiencia y facilidad de controlar. El uso del variador permite ajustar la velocidad y el par en función de la carga, lo que mejora el rendimiento energético y la precisión en el frenado y posicionamiento.

2. Motor para la elevación vertical: La elevación del mástil que transporta el carro requiere de un motor potente y seguro. Generalmente, se emplean motores trifásicos de corriente alterna, también controlados por VFDs.

3. Motor para el movimiento y posicionamiento del carro extractor: El carro extractor,

encargado de tomar o depositar los contenedores en las estanterías, necesita movimientos rápidos y de alta precisión. Para ello, se utilizan servomotores de corriente alterna con encoder incorporado. Estos sistemas permiten controlar con alta exactitud la posición, velocidad y aceleración del carro, lo que es fundamental para ciclos de operación cortos y confiables.

Figura 4

Servomotor con Encoder.



Nota: Se observa un servomotor con encoder incorporado. Tomada de (Makermotor,2025) .

- El dispositivo necesitará sensores precisos y confiables para garantizar un funcionamiento seguro, eficiente y automatizado, de este modo, se podrá monitorear en tiempo real el estado de los movimientos, la presencia de carga y el posicionamiento. A continuación, se describen los sensores que podrían emplearse en el diseño:

1. **Sensores de proximidad capacitivos:** Estos sensores se emplean para detectar la presencia o ausencia de objetos cercanos sin necesidad de contacto físico, específicamente, los sensores capacitivos pueden detectar materiales no metálicos.

2. **Sensores fotoeléctricos:** Funcionan mediante la emisión y recepción de haces de luz, generalmente infrarroja. Son ampliamente utilizados para detectar la presencia de contenedores en el carro extractor, verificar espacios libres en el frigorífico, y confirmar si se ha realizado correctamente la carga o descarga.

3. **Encoders:** Los encoders permitirán un control preciso de la posición y velocidad de los ejes del dispositivo. Su uso es fundamental para garantizar un posicionamiento exacto, tanto en el movimiento horizontal (traslación), como en la elevación vertical y el desplazamiento del carro extractor.

4. **Sensores de carga:** Mediante celdas de carga o sensores de presión, se detectará si el carro porta una unidad de carga. Esta información es esencial para evitar la sobrecarga del sistema, confirmar operaciones correctas y proteger los componentes mecánicos del equipo.

5. **Sensores de seguridad:** Para asegurar la integridad operativa del sistema, se incorporará sensores de seguridad como un botón de paro de emergencia y finales de carrera. Estos dispositivos permiten detectar intrusiones en la zona de operación, evitar choques y garantizar paradas controladas ante cualquier evento imprevisto.

Parámetros operativos

Tabla 6

Parámetros Operativos.

Ciclos de Trabajo	Velocidad Estandarizada o Nominal
8 ciclos por día*	Traslación horizontal: 120 m/min Elevación vertical: 50 m/min Carro extractor: 15 m/min

Nota: La tabla 6 indica los parámetros operativos que debe cumplir el dispositivo.

*8 ciclos por día: se refiere a que en el día se almacenan 8 bandejas, con 40 helados cada una, es decir, 320 helados por día.

Parámetros Ambientales

- El dispositivo debe trabajar en una zona que presenta una humedad aproximada del 55%, ya que, según Condair (2025), conservar una humedad alrededor del 55% reduce la formación de condensación en el ambiente de producción, mejorando la seguridad del artículo elaborado y minimizando desperdicios por contaminación ambiental.

Parámetros Normativos y de Seguridad

Se propone que el diseño realizado permita futuras mejoras y en caso de que se desee implementar en la microempresa, se ejecutará una evaluación bajo una serie de normativas técnicas que garanticen su funcionamiento seguro, eficiente y conforme a los requerimientos legales aplicables. Estas normas abarcan aspectos de seguridad mecánica, control eléctrico, automatización y condiciones estructurales.

Tabla 7

Parámetros Normativos y de Seguridad.

Norma	Enfoque
ISO 12100:2010	Diseño seguro en maquinaria, identificación de riesgos en el diseño
ISO 3691-5:2014	Señala los requisitos para equipos automatizados de almacenamiento
IEC 61131-3	Normaliza los lenguajes de programación empleados en PLC
EN 528:	Establece criterios de diseño para transelevadores
INEN 2 800:2013	Indica los requisitos de seguridad para maquinaria en Ecuador

Nota: La tabla 7 indica la normativa referencial para que el diseño del dispositivo cumpla con los requerimientos mínimos de seguridad y que deben considerarse a priori durante la etapa de fabricación e implementación.

5.2.5. Desarrollo del Diseño

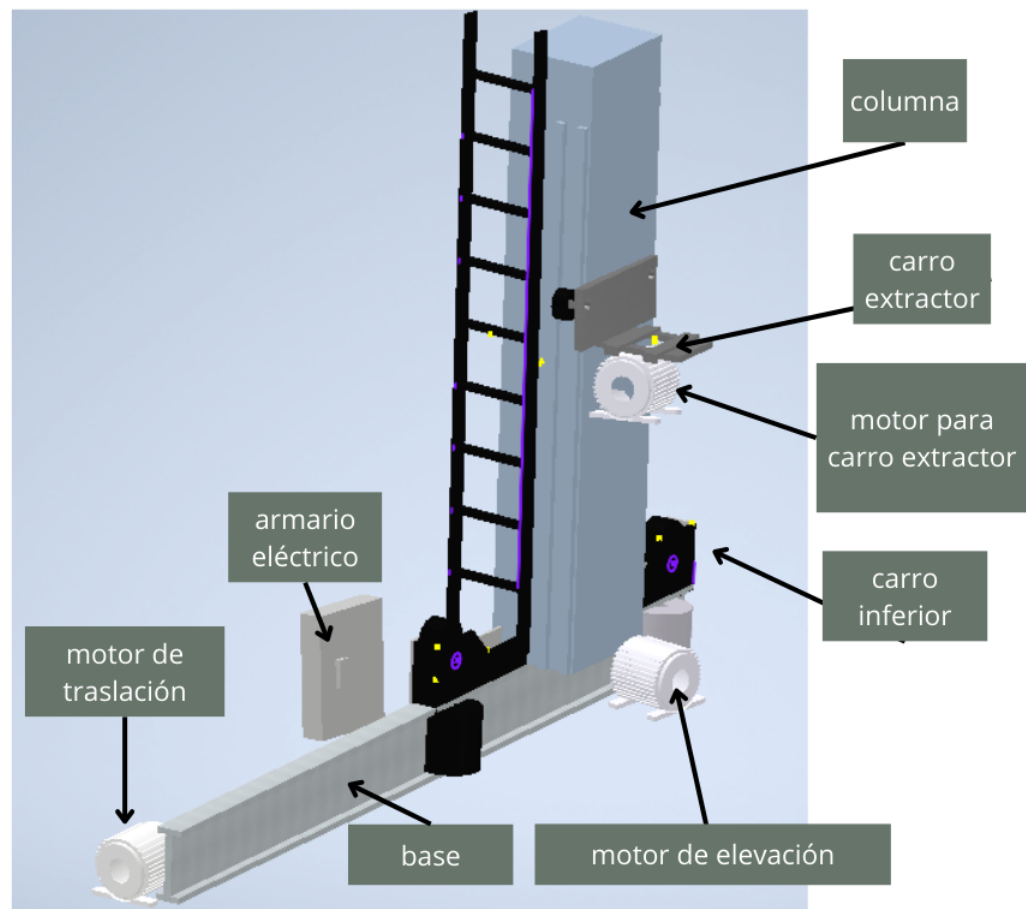
En este apartado se realizará el diseño mecánico de un dispositivo para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales, detallando los cálculos a ejecutarse, los mecanismos a emplearse en el diseño del dispositivo, y la elaboración de bocetos del prototipo mecánico, con el fin de seleccionar el más adecuado.

■ Bocetos Iniciales del Prototipo Mecánico

Se realizaron tres propuestas para la elaboración del prototipo mecánico del dispositivo de almacenamiento automatizado de contenedores con producto terminado, y mediante la aplicación de una matriz de decisión, que compara y evalúa cada propuesta de acuerdo con varios parámetros, se selecciona el boceto más adecuado, que cumpla con los requerimientos que establece el diseño final.

Figura 5

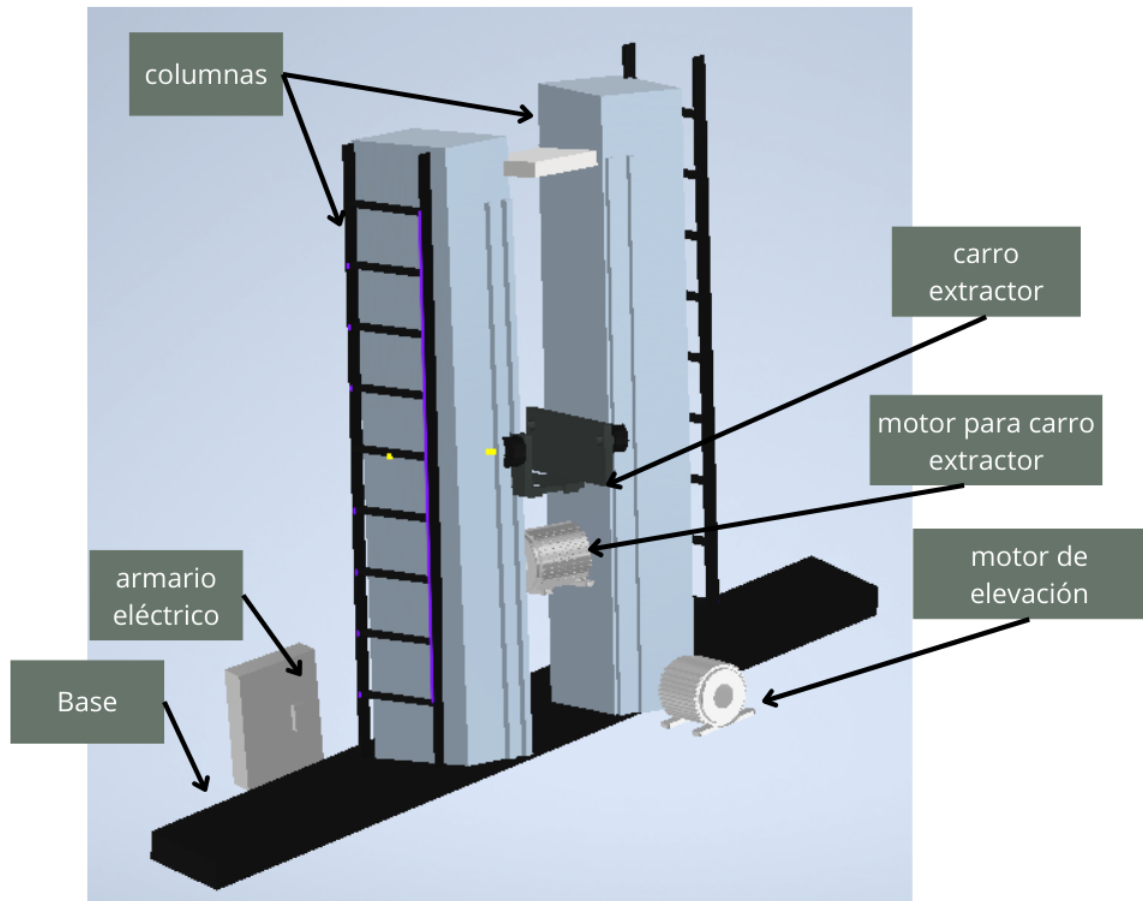
Boceto 1.



Nota: Se observa la primera propuesta para el diseño final del dispositivo .

Figura 6

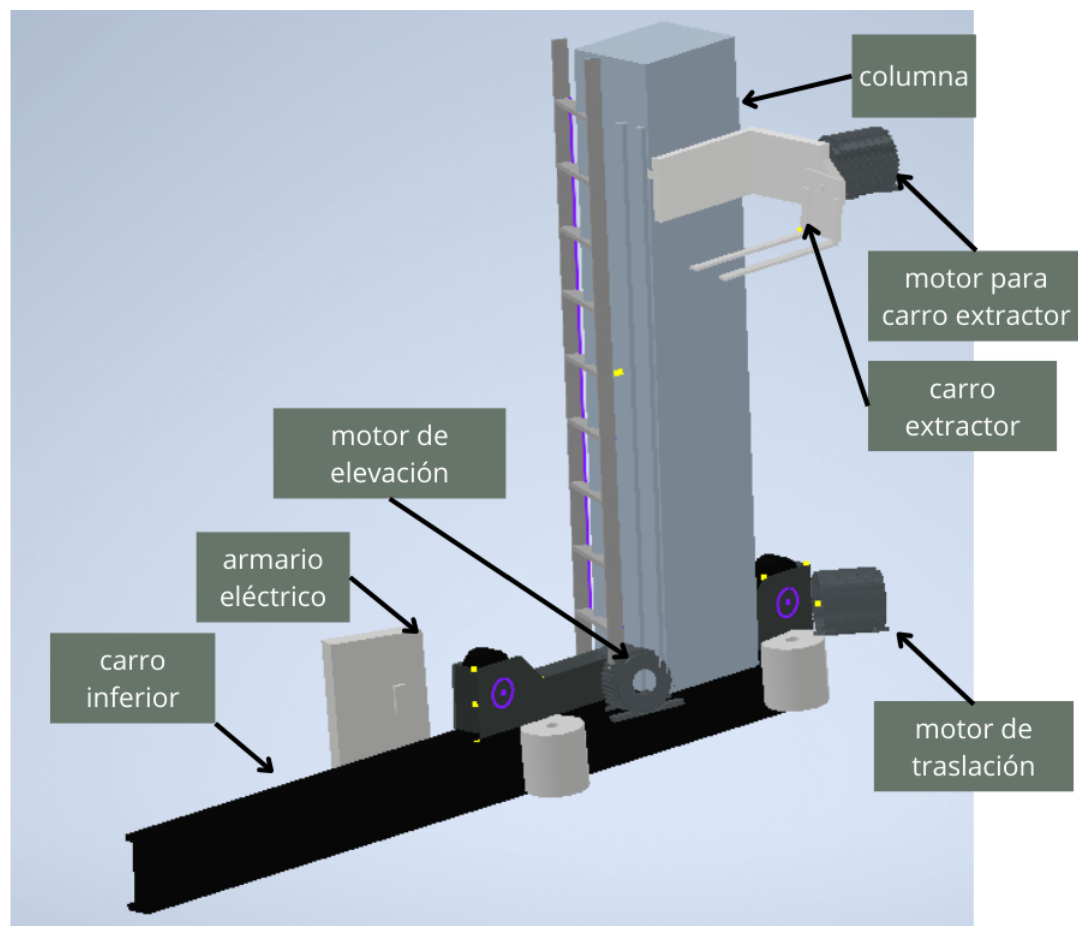
Boceto 2.



Nota: Se observa la segunda propuesta para el diseño final del dispositivo .

Figura 7

Boceto 3.



Nota: Se observa la tercera propuesta para el diseño final del dispositivo .

La valoración se llevó a cabo de acuerdo con los siguientes parámetros: geometría, capacidad de carga, dimensiones del módulo, mantenimiento, costo, operabilidad, seguridad, complejidad mecánica, modularidad, escalabilidad, facilidad de uso y estabilidad. Cada uno de los criterios juega un papel fundamental en la funcionalidad y viabilidad del dispositivo, por ello, se observaron de manera conjunta para asegurar una elección justificada y acertada.

Figura 8

Matriz de Decisión.

	Geometría	Capacidad de Carga	Dimensiones del Módulo	Mantenimiento	Costo	Operabilidad	Seguridad	Complejidad Mecánica	Modularidad	Escalabilidad	Facilidad de Uso	Estabilidad	RANGO
FACTOR DE PONDERACIÓN	0,05	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,15	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	1
DISEÑO 1	6 0,3	5 0,5	7 0,7	6 0,3	5 0,5	4 0,4	4 0,6	6 0,3	6 0,3	4 0,2	5 0,5	4 0,4	5
DISEÑO 2	3 0,1	6 0,6	4 0,4	5 0,25	4 0,4	2 0,2	5 0,75	5 0,25	4 0,2	3 0,15	4 0,4	6 0,6	4,3
DISEÑO 3	8 0,4	5 0,5	7 0,7	7 0,35	5 0,5	7 0,7	6 0,9	8 0,4	7 0,35	4 0,2	7 0,7	6 0,6	6,3

Nota: la figura 8 indica los parámetros sobre los cuales se evaluarán los bocetos propuestos.

La geometría se relaciona con la forma que posee el dispositivo, y, por ende, con la capacidad que tendrá de actuar en el ambiente de trabajo; la capacidad de carga define el peso que puede levantar y trasladar el equipo; las dimensiones del módulo aseguran que el dispositivo logre recoger y depositar los contenedores de las medidas especificadas en la tabla 1, así como, alcanzar cada piso del frigorífico; el mantenimiento expresa la facilidad de dar manutención al artefacto, mientras que, el costo toma en cuenta los gastos de construcción, instalación y mantenimiento del dispositivo, de igual forma, la operabilidad se refiere a la facilidad de poner en marcha y controlar el dispositivo diseñado; la seguridad son las normas que garantizan que el diseño no sea riesgoso para el operario ni para su entorno; la complejidad mecánica se relaciona con que tan elaborado es el diseño, de acuerdo con, la cantidad y disposición de sus componentes; la modularidad es la competencia que tiene un dispositivo de reemplazar u optimizar sus elementos sin perjudicar a todo el sistema; la escalabilidad es la suficiencia del diseño para aumentar y adaptarse a un determinado requerimiento; la facilidad de uso se refiere al nivel de simplicidad con que puede ser operado el dispositivo; y la estabilidad está relacionado con la capacidad del diseño para conservar su firmeza al realizar sus funciones.

Figura 9

Elección del Boceto 3.

	Geometría	Capacidad de Carga	Dimensiones del Módulo	Mantenimiento	Costo	Operabilidad	Seguridad	Complejidad Mecánica	Modularidad	Escalabilidad	Facilidad de Uso	Estabilidad	RANGO
FACTOR DE PONDERACIÓN	0,05	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,15	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	1
DISEÑO 1	6 0,3	5 0,5	7 0,7	6 0,3	5 0,5	4 0,4	4 0,6	6 0,3	6 0,3	4 0,2	5 0,5	4 0,4	5
DISEÑO 2	3 0,1	6 0,6	4 0,4	5 0,25	4 0,4	2 0,2	5 0,75	5 0,25	4 0,2	3 0,15	4 0,4	6 0,6	4,3
DISEÑO 3	8 0,4	5 0,5	7 0,7	7 0,35	5 0,5	7 0,7	6 0,9	8 0,4	7 0,35	4 0,2	7 0,7	6 0,6	6,3

Nota: Se escoge el boceto 3 para el diseño del dispositivo .

Según la matriz de decisión, la evaluación de cada uno de los diseños de acuerdo con los criterios establecidos determinó que el boceto 3 es el más apropiado para el dispositivo de almacenamiento automatizado de contenedores con producto terminado, pues, a pesar de, tener una menor capacidad de carga, se destaca en su geometría, dimensiones del módulo, simplicidad en el mantenimiento, operabilidad, complejidad mecánica y facilidad de uso, razones que la hacen la mejor opción para diseñar el dispositivo de almacenamiento.

■ Análisis Estructural del Dispositivo Automatizado para el Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado

Primero, se especificarán las dimensiones y material del dispositivo, las cuales se basan en los parámetros funcionales definidos en la sección 5.2.4.

Tabla 8

Especificaciones de Diseño.

Especificación	Descripción
Altura	1,8 metros
Profundidad de Operación	80 centímetros
Ancho del Módulo	50 centímetros
Material de elementos	Acero Estructural Galvanizado

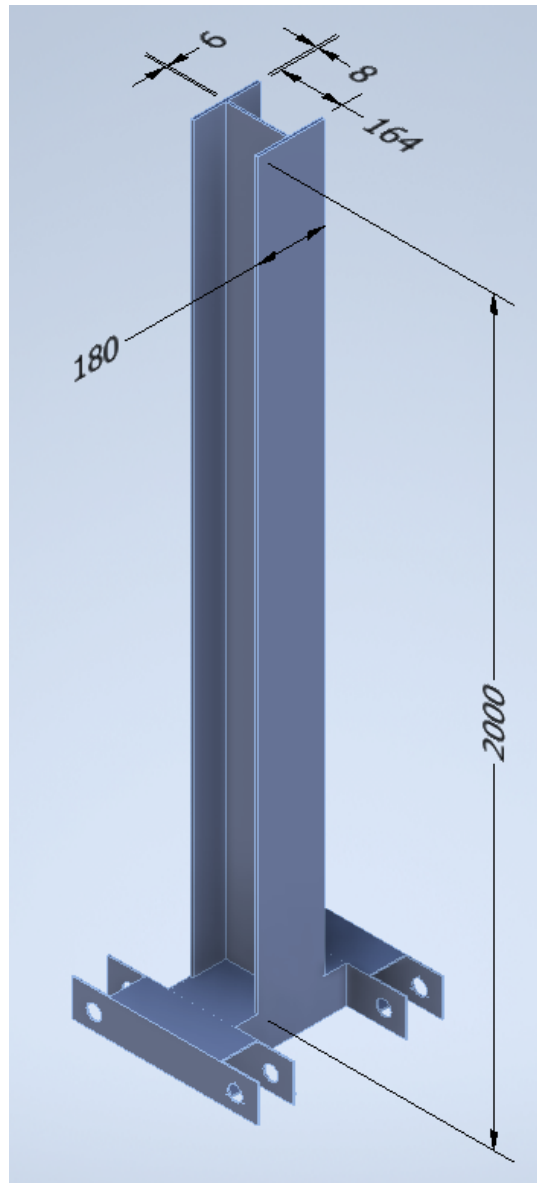
Nota: En la tabla 8 se describen las especificaciones que debe cumplir el diseño.

A continuación, se calcularán las masas y pesos de cada elemento del dispositivo de almacenamiento, a partir de sus dimensiones.

Columna

Figura 10

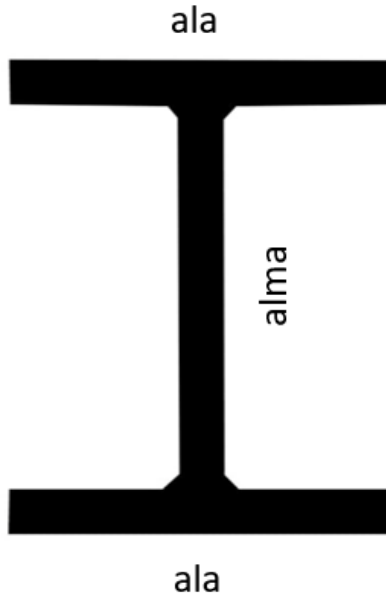
Columna.



Nota: Se observa la columna con perfil H.

Figura 11

Partes del Perfil H.



Nota: Se indican las partes que conforman el perfil H de la columna.

Conociendo las partes de un perfil H, presentado en la figura 11, se usará la siguiente expresión para calcular el área de la sección transversal de la columna:

$$A = (2 * b_{ala} * e_{ala}) + (h_{alma} * e_{alma}) \quad (1)$$

Donde:

b_{ala} : base del ala del perfil H

e_{ala} : espesor del ala del perfil H

h_{alma} : altura del alma del perfil H

e_{alma} : espesor del alma del perfil H

A : Área de la sección transversal de la columna

$$A = 0,003864m^2$$

Se continúa con la siguiente expresión para calcular el volumen de la columna:

$$V = A * L \quad (2)$$

Donde:

V : Volumen de la columna

L : longitud de la columna

A : Área de la sección transversal de la columna

$$V = 7,720 \times 10^{-3} m^3$$

Ahora se calculará la masa de todos los elementos que componen el dispositivo, usando la siguiente expresión:

$$m = d * V \quad (3)$$

Donde:

m : masa del elemento

d : densidad del elemento

V : Volumen del elemento

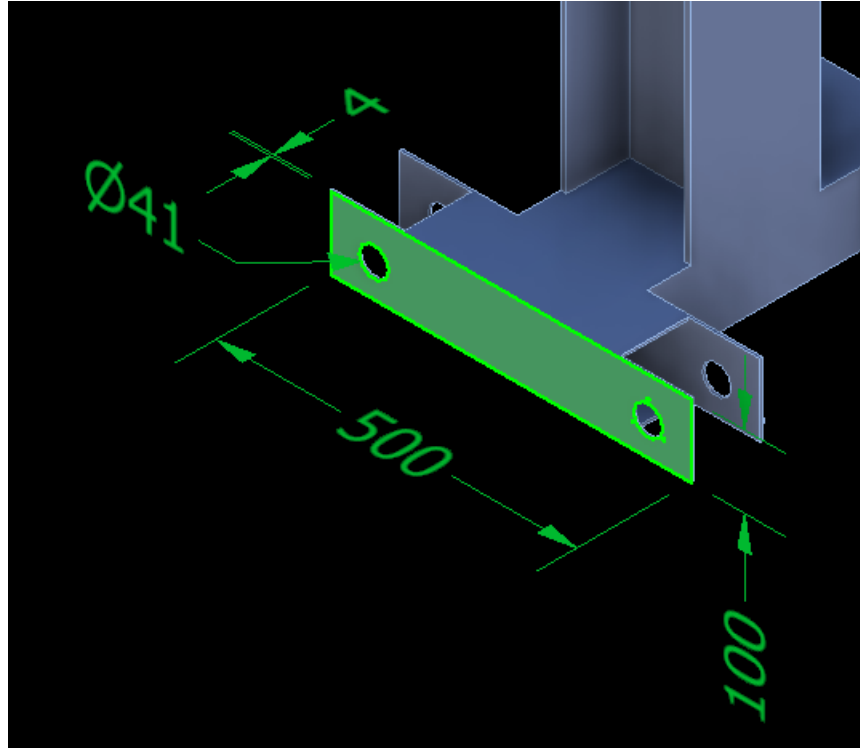
$$m_{col} = 60,6648kg$$

Se procede a calcular la masa de la base o soporte de la columna, dividiéndola por secciones.

- Sección 1 - Base de la Columna

Figura 12

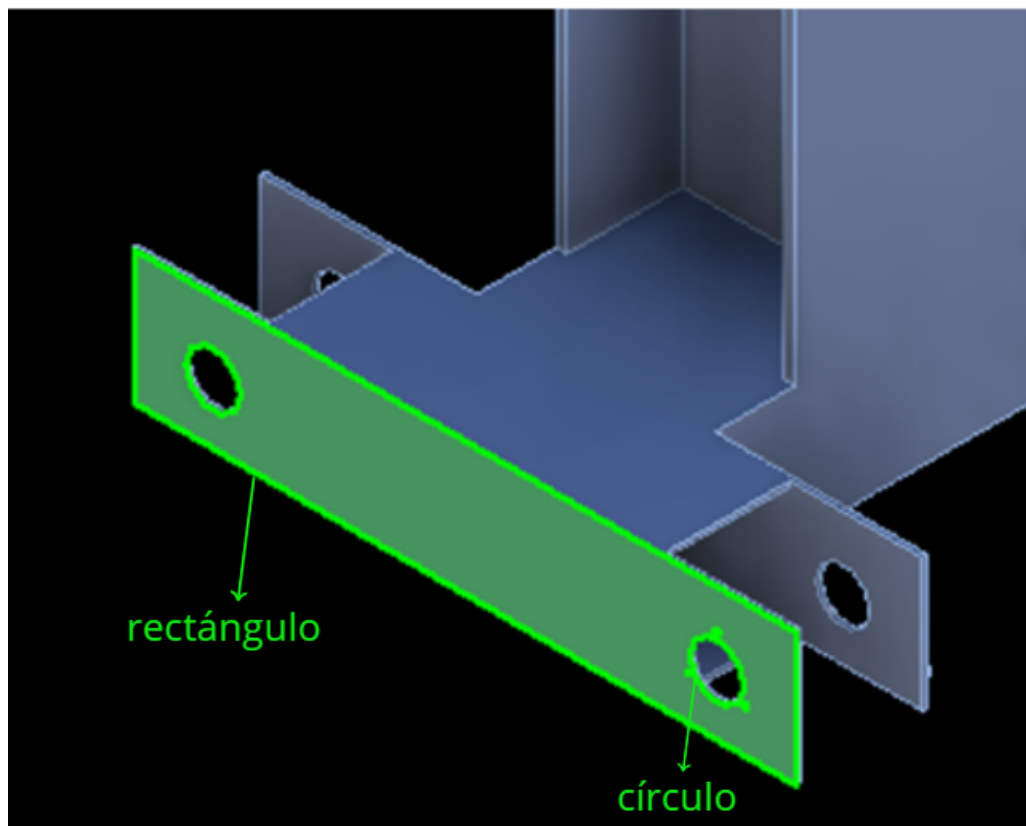
Medidas de la Sección 1 de la Base de la Columna.



Nota: Se observan las medidas de la sección señalada.

Figura 13

Sección 1 de la Base de la Columna.



Nota: Se observan las figuras planas por las que está compuesta la sección indicada.

Usando las fórmulas de área para el rectángulo y círculos señalados en la figura 13, se tiene:

$$A_{rectangulo} = b * h \quad (4)$$

Donde:

$A_{rectangulo}$: Área de la porción rectangular de la sección 1 de la base de la columna

b : base de la porción rectangular

h : altura de la porción rectangular

$$A_{rectangulo} = 0,05m^2$$

Se calcula el área de la porción circular de la base de la columna.

$$A_{circulo} = \pi * r^2 \quad (5)$$

Donde:

$A_{circulo}$: Área de la porción circular de la sección 1 de la base de la columna

r : radio de las secciones circulares

$$A_{circulo} = 1,32 \times 10^{-3} * 2 = 2,64 \times 10^{-3} m^2$$

Luego, se calcula el área útil de la sección 1 de la base de la columna.

$$A_{\acute{u}til} = A_{rectangulo} - A_{circulo} \quad (6)$$

$$A_{\acute{u}til} = 0,04736m^2$$

Se calcula el volumen de la sección analizada.

$$V_{s1col} = A_{\acute{u}til} * e \quad (7)$$

Donde:

V_{s1col} : volumen de la sección 1 de la base de la columna

e : espesor de la sección 1 de la base de la columna

$A_{\acute{u}til}$: área útil de la sección 1 de la base de la columna

$$V_{s1col} = 1,89 \times 10^{-4} m^3$$

Ahora, empleando la ecuación 3 y observando que la sección analizada está presente 4

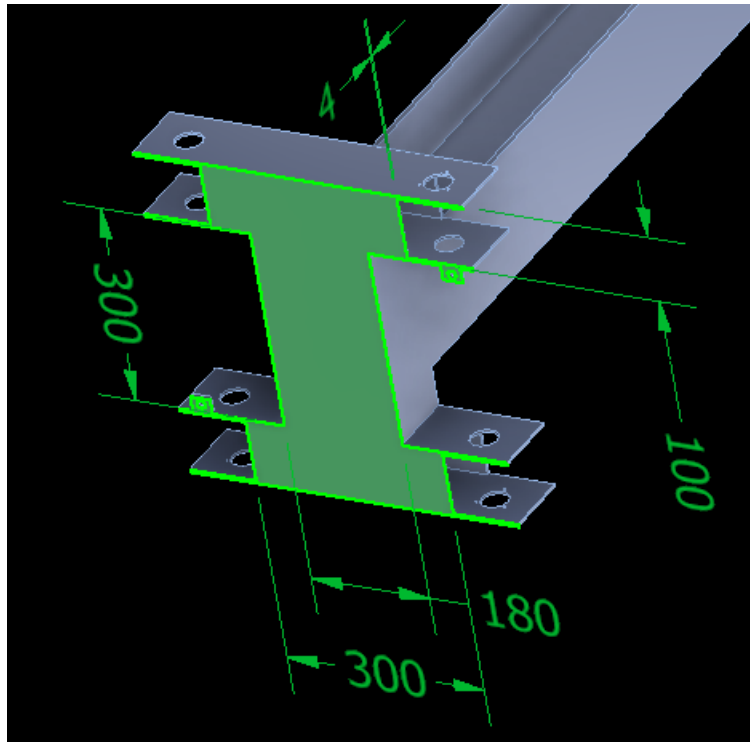
veces en la base de la columna, se obtendrá su masa.

$$m_{s1} = 5,936kg$$

■ Sección 2 - Base de la Columna

Figura 14

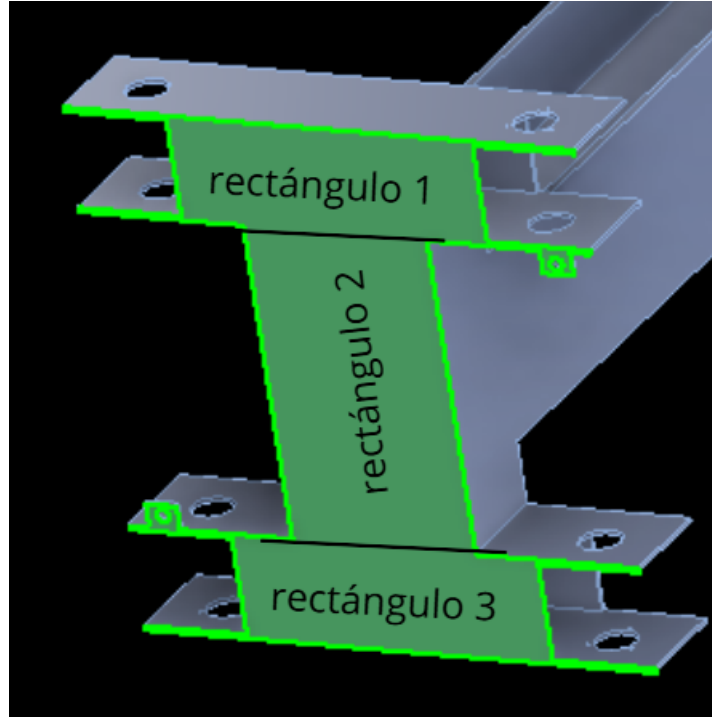
Medidas de la Sección 2 de la Base de la Columna.



Nota: Se aprecia las medidas de la sección indicada.

Figura 15

Sección 2 de la Base de la Columna.



Nota: Se observan las figuras planas que conforman la sección señalada.

Se calculará el área de la sección 2 de la base de la columna, haciendo uso de la ecuación 4 para obtener el área de un rectángulo y observando que se puede dividir la sección en 3 rectángulos, siendo el primero y el último el mismo, tal como se indica en la figura 15, de este modo, se obtienen los siguientes resultados:

$$A_{rec1} = 0,0276m^2$$

$$A_{rec3} = 0,0276m^2$$

$$A_{rec2} = 0,0531m^2$$

De esta manera, se tiene:

$$A_{\text{útil}} = A_{rec1} + A_{rec2} + A_{rec3} \quad (8)$$

$$A_{\acute{u}til} = 0,1083m^2$$

Se calcula el volumen de la sección, empleando la ecuación 7:

$$V_{s2col} = 4,332 \times 10^{-4} m^3$$

Empleando la ecuación 3 de la densidad y tomando en cuenta que la sección estudiada aparece 2 veces en la base de la columna, se calculará la masa.

$$m_{s2} = 6,802kg$$

Ahora, se sumarán las masas de todos los elementos de la columna para obtener su masa total y su peso.

$$m_{colTotal} = m_{col} + m_{s1} + m_{s2} \quad (9)$$

$$m_{colTotal} = 73,4028kg$$

Usando la expresión para calcular el peso, se obtiene el peso total de la columna:

$$w = m * g \quad (10)$$

Donde:

w : peso del elemento

m : masa del elemento

g : gravedad

De este modo, el peso de la columna es:

$$w_{col} = m_{colTotal} * g$$

Donde:

w_{col} : peso total de la columna

$m_{colTotal}$: masa total de la columna

g : gravedad

$$w_{col} = 720,081N$$

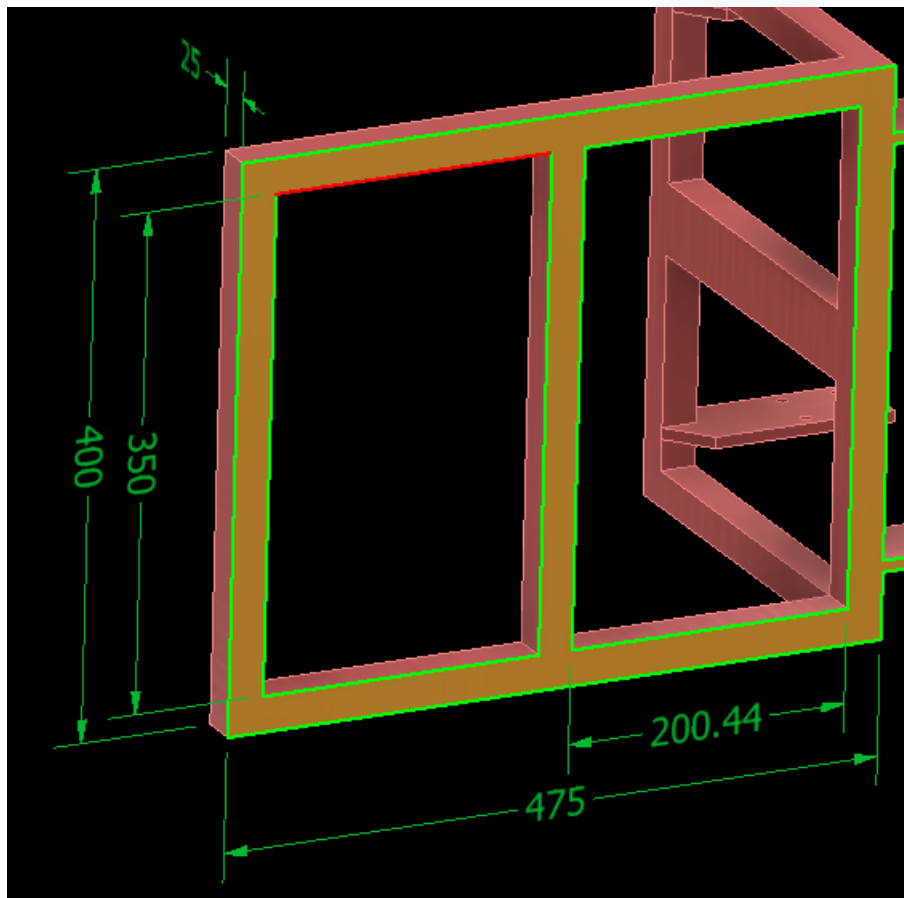
Portabandejas

Se calculará la masa y peso del portabandejas a partir de sus dimensiones y dividiéndolo en secciones, con el fin de hacer más sencillo el cálculo de áreas y volúmenes.

- Sección 1 - Portabandejas

Figura 16

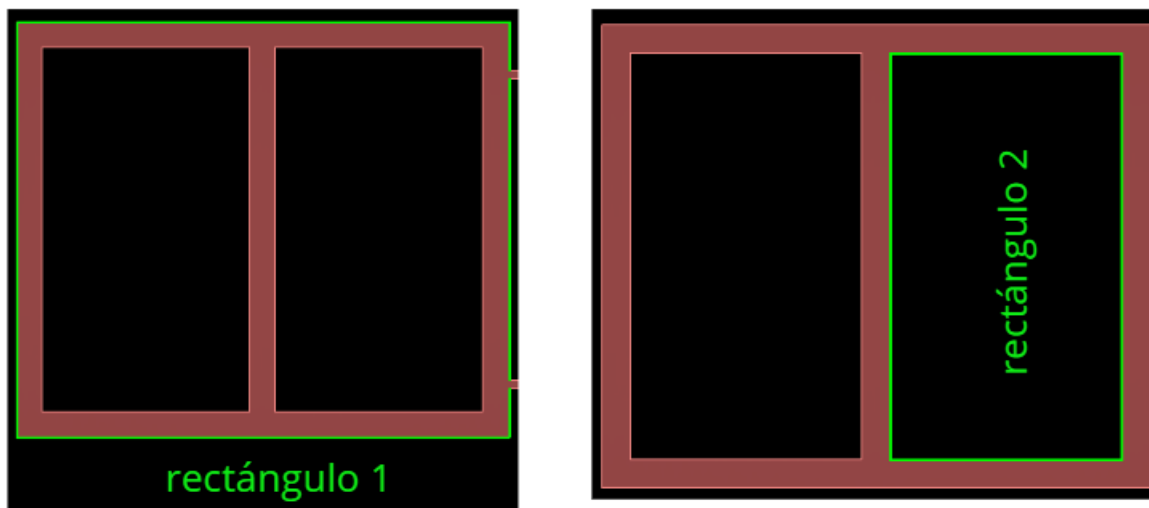
Medidas de la Sección 1 del Portabandejas.



Nota: Se observan las medidas de la sección indicada del portabandejas.

Figura 17

Sección 1 del Portabandejas.



Nota: Se señalan las figuras planas que conforman la sección estudiada.

Empleando la ecuación 4, se obtiene las áreas de los rectángulos observados en la sección de la figura 13.

$$A_{rec1} = 0,19m^2$$

$$A_{rec2} = 0,070154m^2$$

A continuación, se calcula el área total de la sección.

$$A_{\acute{u}til} = A_{rec1} - 2 * A_{rec2}$$

$$A_{\acute{u}til} = 0,0497m^2$$

Se calcula el volumen de la sección, empleando la ecuación 7:

$$V_{s1portabandejas} = 1,2425 \times 10^{-3}m^3$$

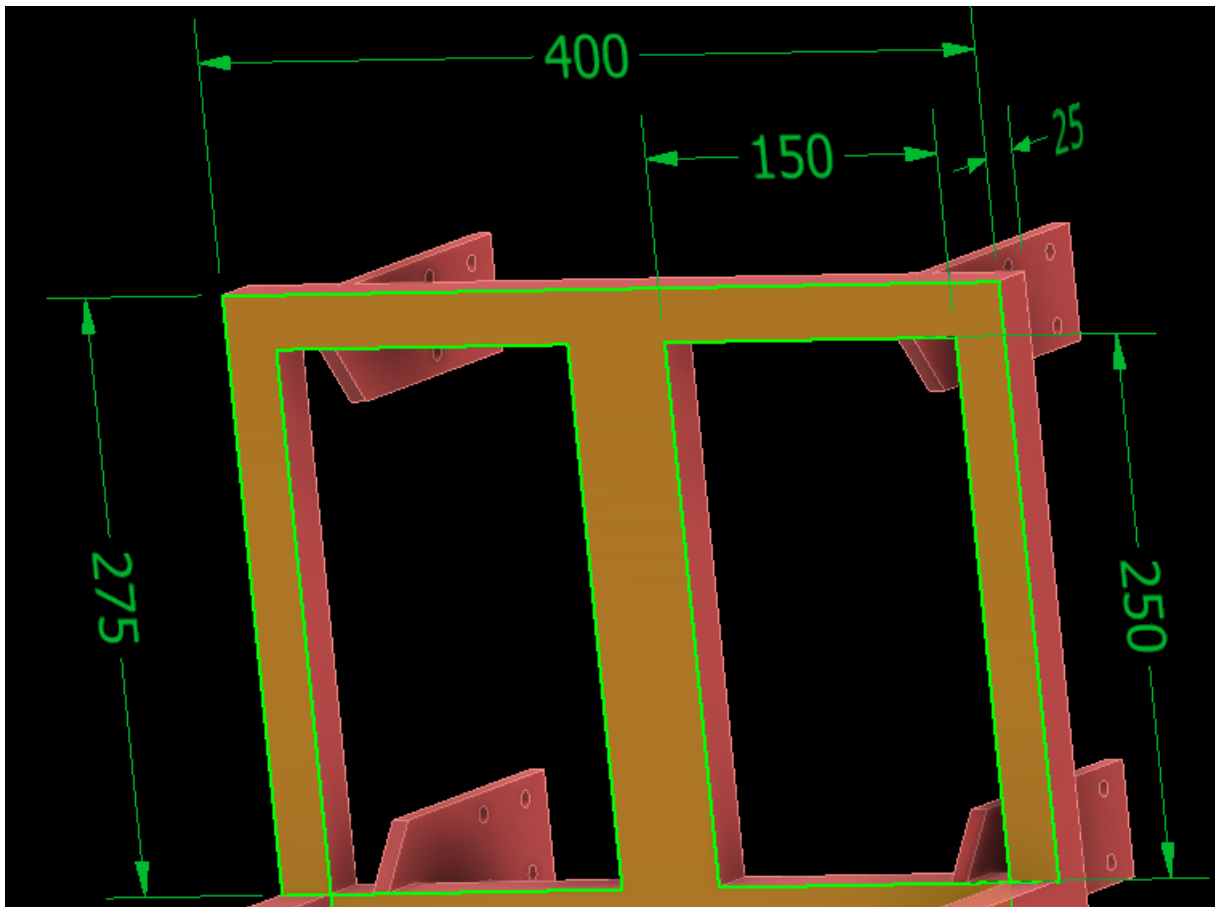
Usando la ecuación 3, se calcula la masa de la sección analizada.

$$m_{s1portabandejas} = 9,7536kg$$

■ Sección 2 - Portabandejas

Figura 18

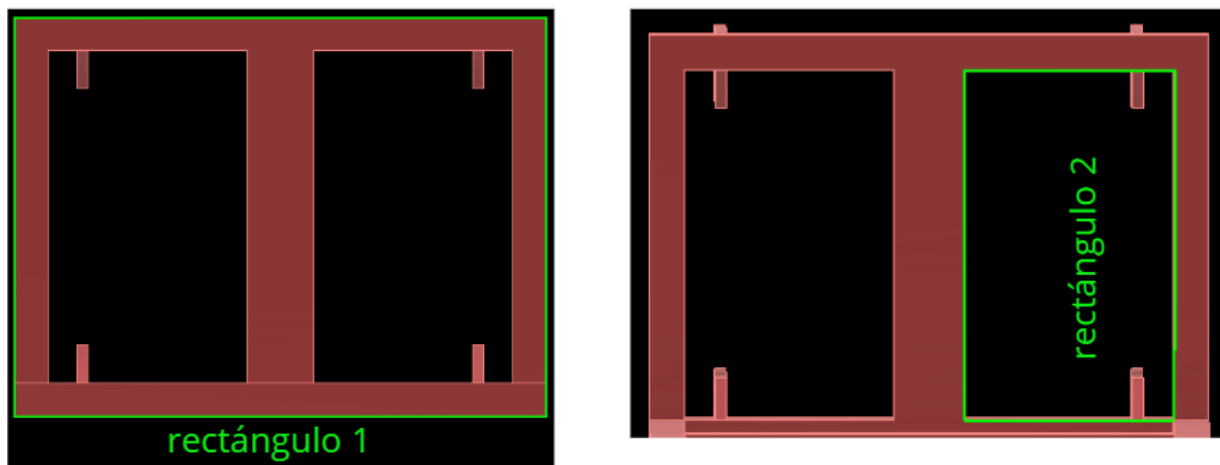
Medidas de la Sección 2 del Portabandejas.



Nota: Se observan las medidas de la sección indicada del portabandejas.

Figura 19

Sección 2 del Portabandejas.



Nota: Se observan las figuras que forman la sección 2 del portabandejas.

Empleando la ecuación 4, se obtiene las áreas de los rectángulos observados en la sección de la figura 19.

$$A_{rec1} = 0,11m^2$$

$$A_{rec2} = 0,0375m^2$$

A continuación, se calcula el área total de la sección.

$$A_{útil} = A_{rec1} - 2 * A_{rec2}$$

$$A_{útil} = 0,035m^2$$

Se calcula el volumen de la sección, empleando la ecuación 7:

$$V_{s2portabandejas} = 8,75 \times 10^{-4} m^3$$

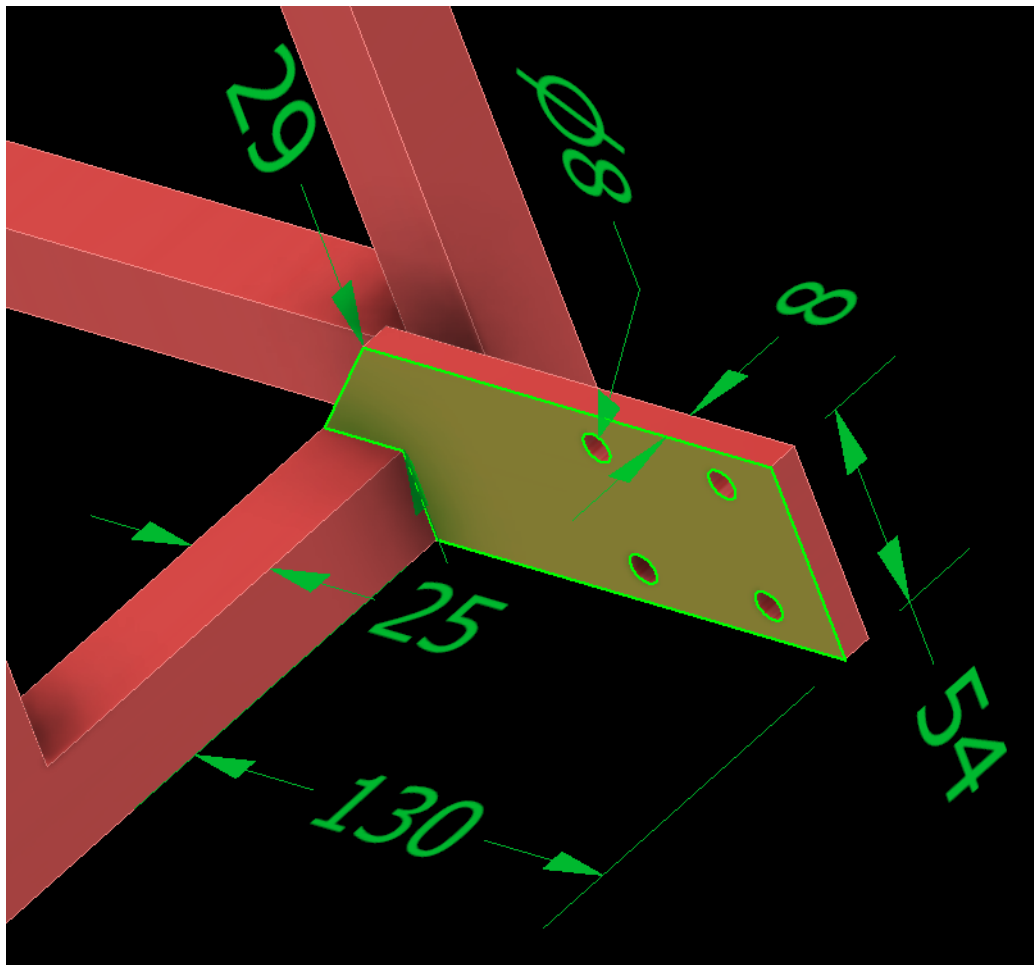
Usando la ecuación 3, se calcula la masa de la sección estudiada.

$$m_{s2portabandejas} = 6,869kg$$

■ Sección 3 - Portabandejas

Figura 20

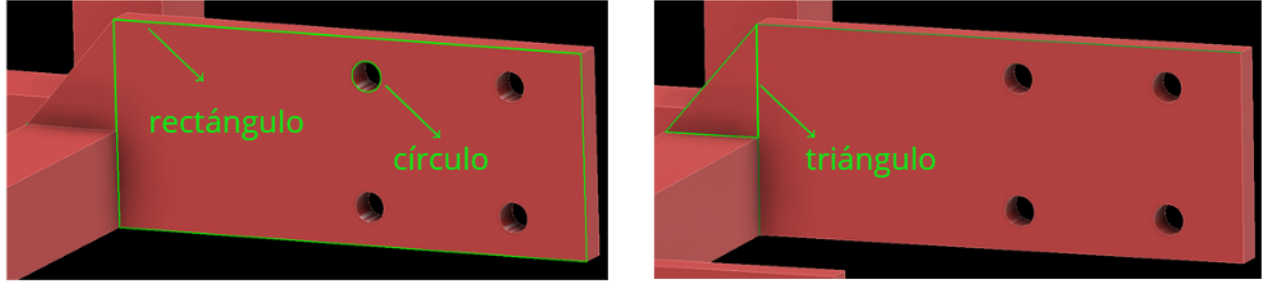
Medidas de la Sección 3 del Portabandejas.



Nota: Se indican las medidas de la sección 3 del portabandejas.

Figura 21

Sección 3 del Portabandejas.



Nota: Se etiquetan las figuras que conforman la sección señalada del portabandejas.

Empleando la ecuación 4 la ecuación 5, y la ecuación correspondiente al área de un triángulo, se obtiene el área del rectángulo, círculos y triángulo observados en el soporte presentado en la figura 21.

$$A_{rec} = 7,02 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{cir} = 5,027 \times 10^{-5} m^2$$

Haciendo uso de la expresión para calcular el área de un triángulo, se tiene:

$$A_{tri} = \frac{b * h}{2} \quad (11)$$

Donde:

A_{tri} : Área del triángulo

b : base del triángulo

h : altura del triángulo

De este modo, el área del triángulo observado es:

$$A_{tri} = 3,625 \times 10^{-4} m^2$$

A continuación, se calcula el área total de la sección.

$$A_{\text{útil}} = A_{\text{rec}} + A_{\text{tri}} - 4 * A_{\text{cir}}$$

$$A_{\text{útil}} = 7,18142 \times 10^{-3} m^2$$

Se calcula el volumen de la sección, empleando la ecuación 7:

$$V_{s3portabandejas} = 5,75 \times 10^{-5} m^3$$

Usando la ecuación 3, se calcula la masa de la sección estudiada.

$$m_{s3portabandejas} = 0,4514 kg$$

Conociendo que el portabandejas posee 4 soportes, se obtiene la masa total de todos los soportes.

$$m_{s3portabandejas_{Total}} = 1,81 kg$$

Ahora, se sumarán las masas de todos los elementos del portabandejas para obtener su masa total y su peso.

$$m_{portabandejas_{Total}} = m_{s1portabandejas} + m_{s2portabandejas} + m_{s3portabandejas_{Total}} \quad (12)$$

$$m_{portabandejas_{Total}} = 18,4326 kg$$

Empleando la ecuación 10, se obtendrá el peso del portabandejas.

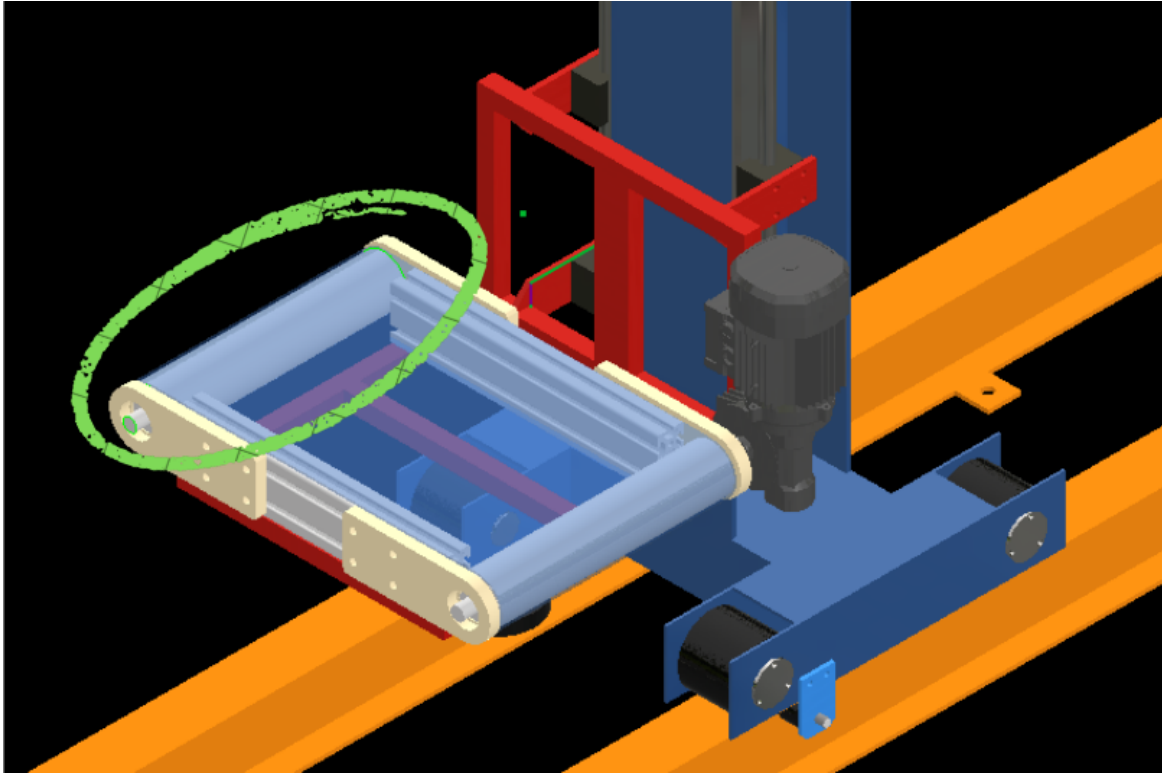
$$w_{portabandejas_{Total}} = 180,824 N$$

- Rodillo Secundario de la Banda del Portabandejas

En la figura 22, se indica la localización del rodillo secundario dentro del diseño.

Figura 22

Ubicación del Rodillo Secundario de la Banda del Portabandejas.

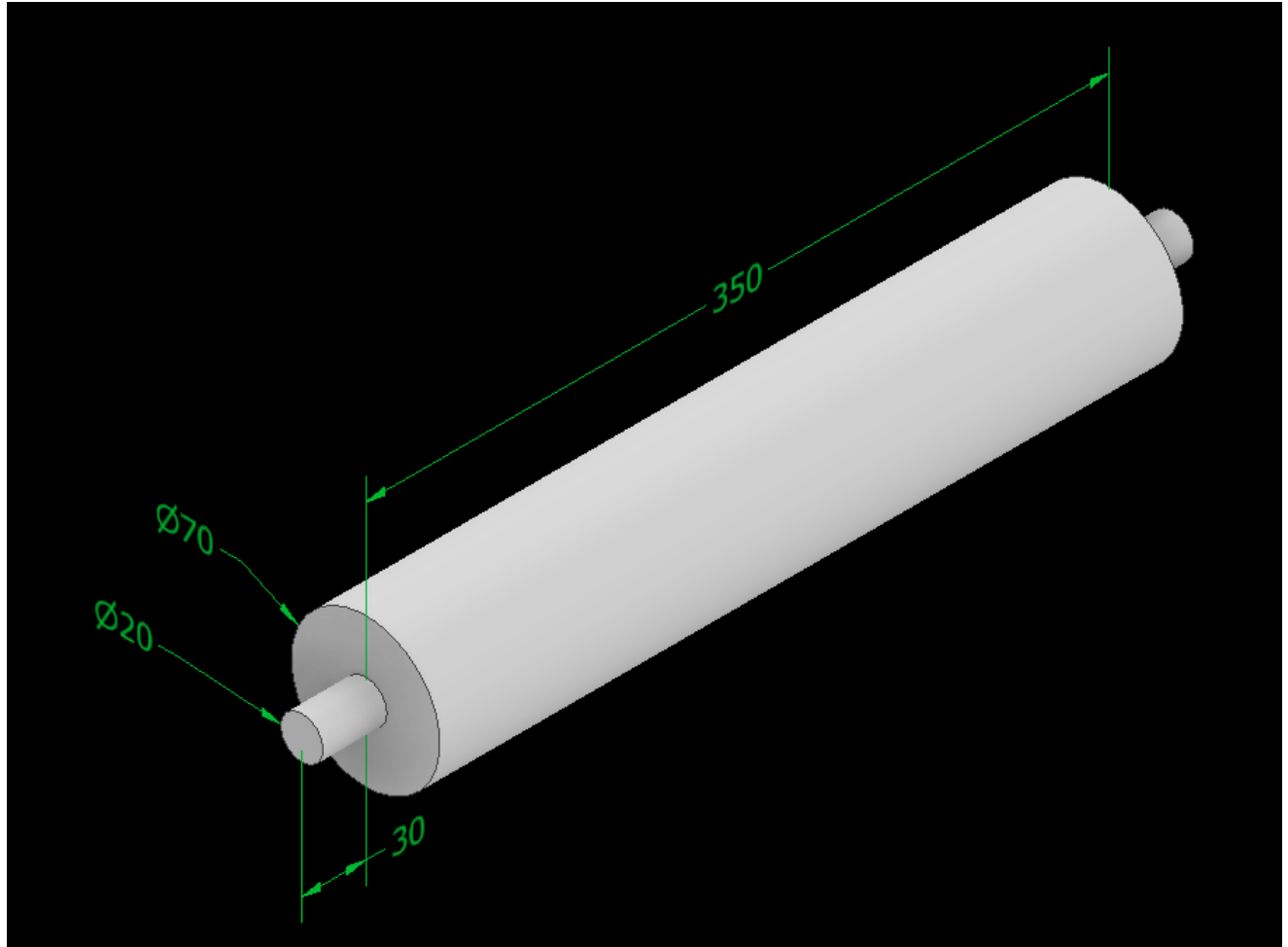


Nota: Se señala la ubicación del rodillo secundario.

Se procede a calcular la masa y peso del rodillo secundario de la banda del portabandejas, a partir de sus dimensiones y analizándolo por secciones, para facilitar el cálculo de áreas y volúmenes.

Figura 23

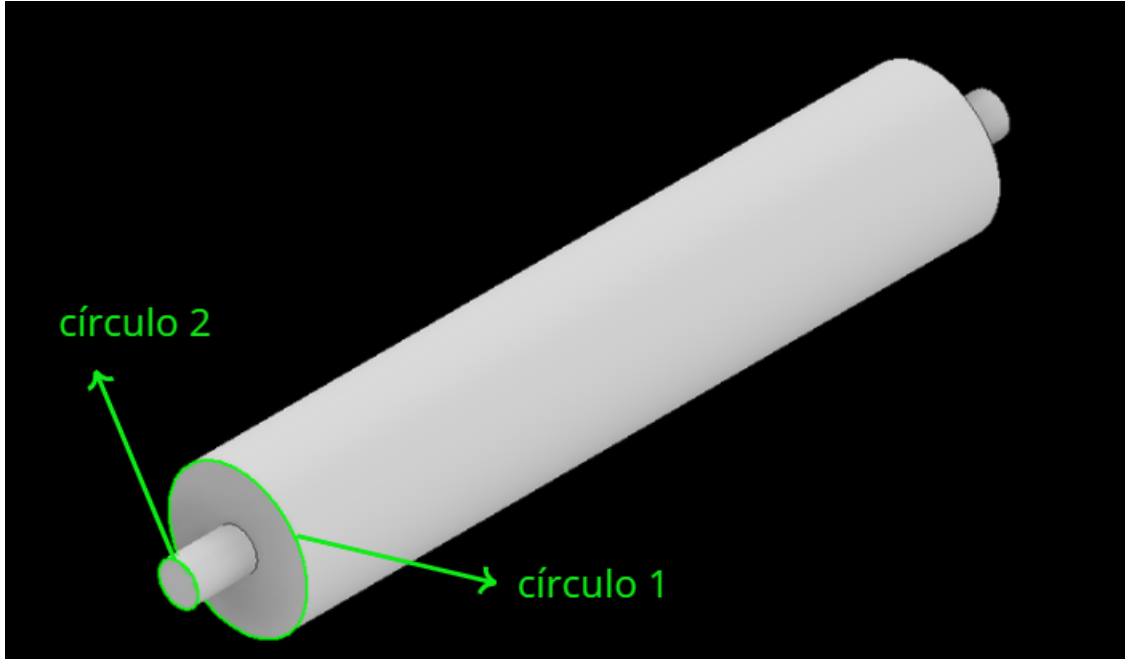
Medidas del Rodillo Secundario de la Banda del Portabandejas.



Nota: Se observan las dimensiones del rodillo secundario de la banda del portabandejas.

Figura 24

Rodillo Secundario de la Banda del Portabandejas.



Nota: Se indican las figuras planas que conforman el rodillo secundario de la banda del portabandejas.

Empleando la ecuación 5, se obtiene el área de los círculos que se observan en la figura 24.

$$A_{cir1} = 3,85 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{cir2} = 3,1416 \times 10^{-4} m^2$$

Ahora, se calculará los volúmenes correspondientes a las áreas calculadas anteriormente, usando la ecuación 7.

$$V_{cir1} = 1,3475 \times 10^{-3} m^3$$

$$V_{cir2} = 9,4248 \times 10^{-6} m^3$$

Seguido, se calculará el volumen total del rodillo secundario de la banda del portabandejas.

$$V_{rodillosecundario_{Total}} = V_{cir1} + 2 * V_{cir2}$$

$$V_{rodillosecundario_{Total}} = 1,366 \times 10^{-3} m^3$$

Se procede a calcular la masa total del elemento analizado, empleando la ecuación 3.

$$m_{rodillosecundario_{Total}} = 10,7231 kg$$

Haciendo uso de la ecuación 10, se obtiene el peso del rodillo secundario de la banda del portabandejas.

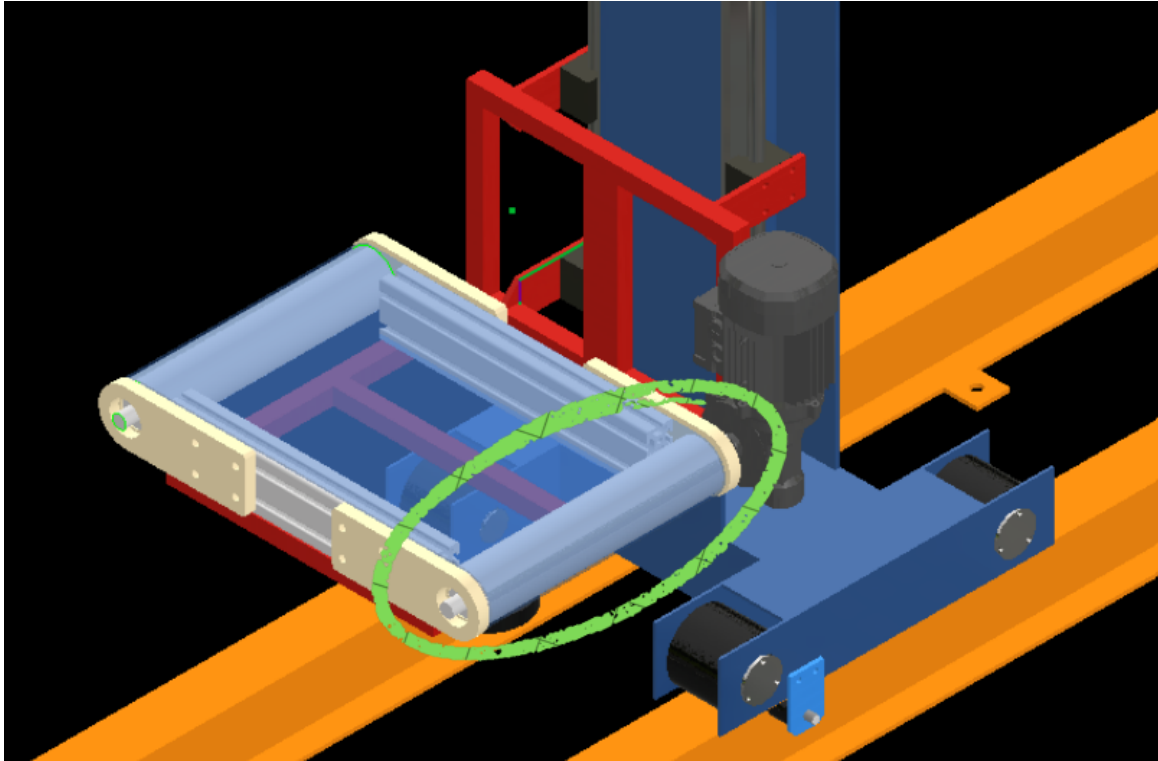
$$w_{rodillosecundario_{Total}} = 105,2 N$$

- Rodillo Primario de la Banda del Portabandejas

En la figura 25, se indica la localización del rodillo primario dentro del diseño.

Figura 25

Ubicación del Rodillo Primario de la Banda del Portabandejas.

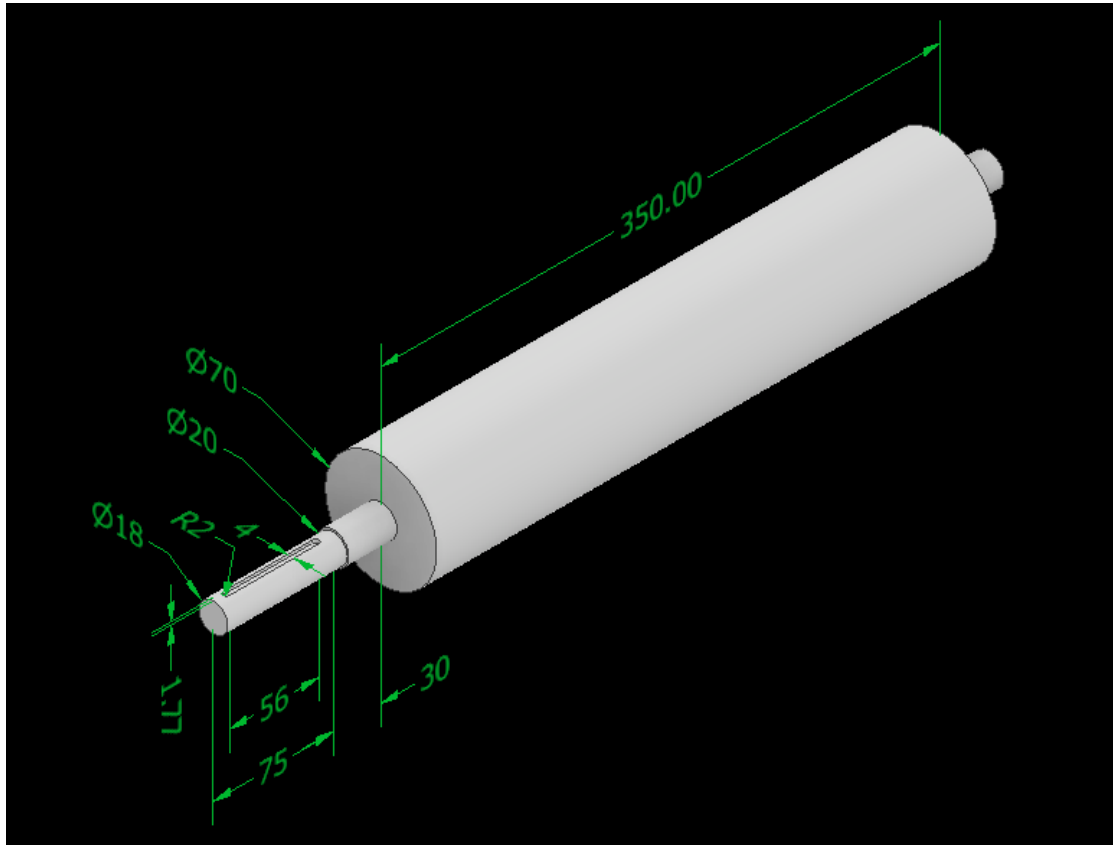


Nota: Se señala la ubicación del rodillo primario.

Se va a calcular la masa y peso del rodillo primario de la banda del portabandejas a partir de sus dimensiones y estudiándolo por secciones, para el cálculo de áreas y volúmenes.

Figura 26

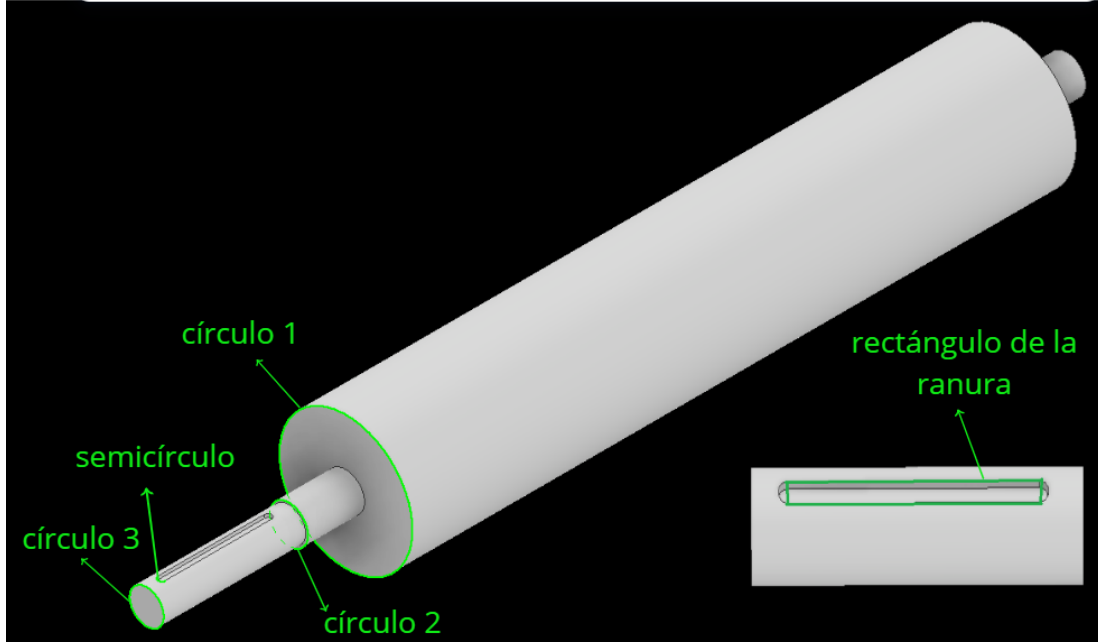
Medidas del Rodillo Primario de la Banda del Portabandejas.



Nota: Se observan las dimensiones del rodillo primario de la banda del portabandejas.

Figura 27

Rodillo Primario de la Banda del Portabandejas.



Nota: Se enseñan las figuras planas que componen el rodillo primario de la banda del portabandejas.

Empleando la ecuación 4 y 5, se obtiene el área del rectángulo y de los círculos que se observan en la figura 27.

$$A_{recranura} = 2,24 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{cir1} = 3,85 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{cir2} = 3,1416 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{cir3} = 2,545 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{semicirranura} = 6,283 \times 10^{-6} m^2$$

$$A_{ranura} = A_{recranura} + 2 * A_{semicirranura}$$

$$A_{ranura} = 2,366 \times 10^{-4} m^2$$

Se procede a calcular los volúmenes de las áreas presentes en el rodillo primario de la

banda del portabandejas, usando la ecuación 7.

$$V_{cir1} = 1,3475 \times 10^{-3} m^3$$

$$V_{cir2} = 9,4248 \times 10^{-6} m^3$$

$$V_{cir3} = 1,909 \times 10^{-5} m^3$$

$$V_{ranura} = 4,19 \times 10^{-7} m^3$$

$$V_{ranTotal} = V_{cir3} - V_{ranura}$$

$$V_{ranTotal} = 1,8671 \times 10^{-5} m^3$$

De este modo, el volúmen total del rodillo primario de la banda del portabandejas es:

$$V_{rodilloprimarioTotal} = V_{cir1} + 2 * V_{cir2} + V_{ranTotal}$$

$$V_{rodilloprimarioTotal} = 1,385 \times 10^{-3} m^3$$

Ahora, usando la ecuación 3, se calculará la masa total del elemento.

$$m_{rodilloprimarioTotal} = 10,87 kg$$

También, empleando la ecuación 10, se calcula el peso de la pieza analizada.

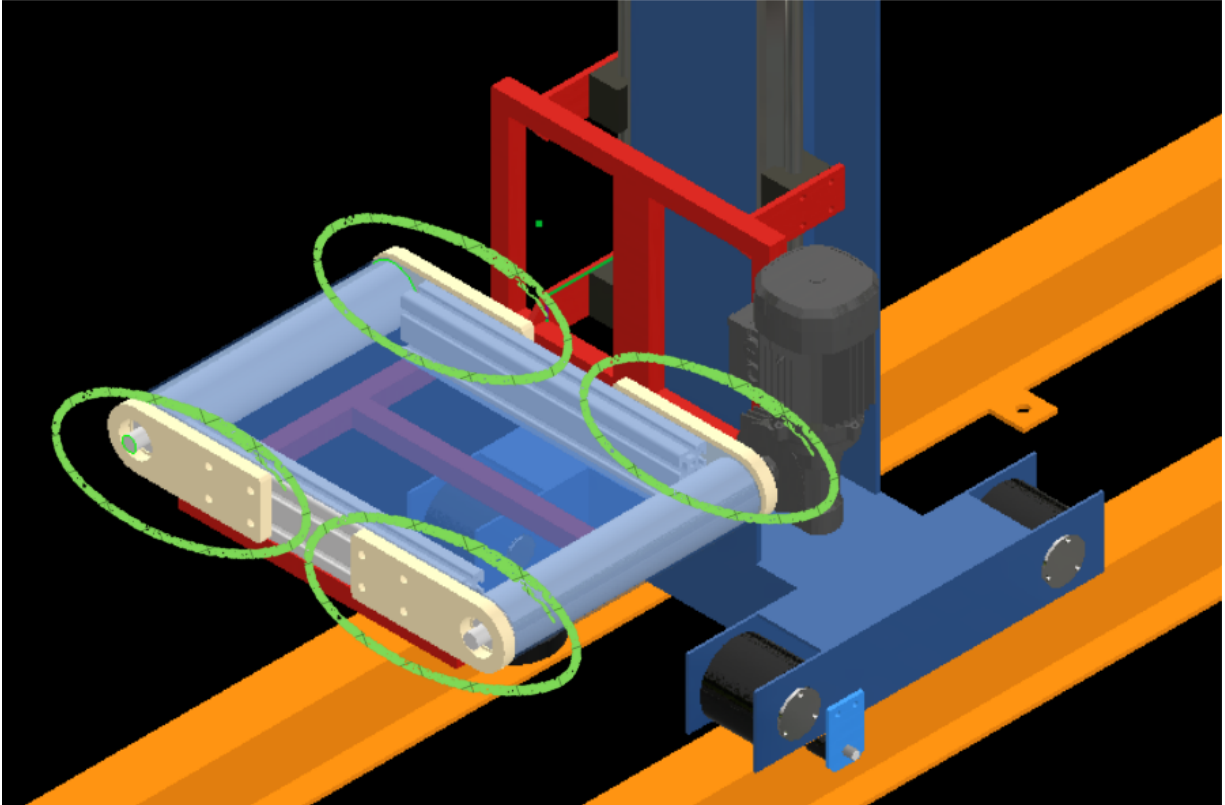
$$w_{rodilloprimarioTotal} = 106,6347 N$$

■ Portarodillos

En la figura 28, se señala la ubicación de los portarodillos en el diseño.

Figura 28

Ubicación de los Portarodillos.

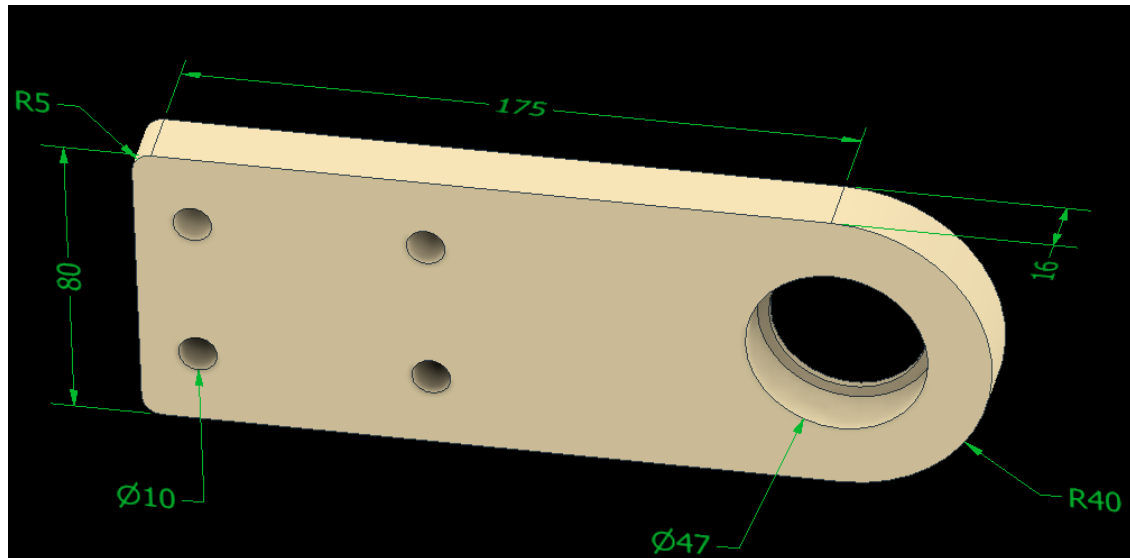


Nota: Se señala la ubicación de los portarodillos.

Se obtendrá la masa y peso de los portarodillos, partiendo de sus dimensiones y secciones con áreas y volúmenes posibles de calcular.

Figura 29

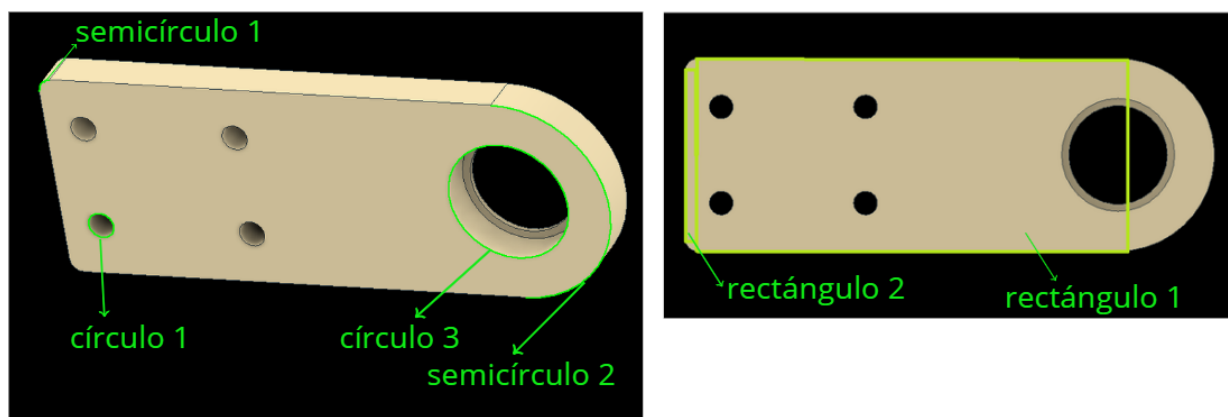
Medidas del Portarodillo.



Nota: Se observan las dimensiones del portarodillo.

Figura 30

Portarodillo.



Nota: Se indican las figuras que forman el portarodillo.

Haciendo uso de la ecuación 4 y 5, se calculan las áreas del rectángulo y de los círculos que se pueden ver en la figura 30.

$$\begin{aligned}
 A_{rec1} &= 0,014m^2 \\
 A_{rec2} &= 3,5X10^{-4}m^2 \\
 A_{semicir1} &= 1,963X10^{-5}m^2 \\
 A_{cir2} &= 7,854X10^{-5}m^2 \\
 A_{cir3} &= 1,735X10^{-3}m^2 \\
 A_{semicir2} &= 2,51X10^{-3}m^2
 \end{aligned}$$

Así, el área útil del portarodillo es:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{útil}} &= A_{rec1} + A_{rec2} + (4 * A_{semicir1}) + A_{semcir} - (4 * A_{cir2}) - A_{cir3} \\
 A_{\text{útil}} &= 0,01489m^2
 \end{aligned}$$

Se calcula el volumen total del portarodillo, empleando la ecuación 7.

$$V_{\text{portarodillo}} = 2,3824X10^{-4}m^3$$

Luego, se obtiene la masa del elemento, usando la ecuación 3.

$$m_{\text{portarodillo}} = 1,87kg$$

Recordando, que existen 4 portarodillos en el dispositivo de almacenamiento, la masa total de los portarodillos es:

$$m_{\text{portarodillo}_{Total}} = 7,48kg$$

Ahora, con la ecuación 10, se calcula el peso de los 4 portarodillos.

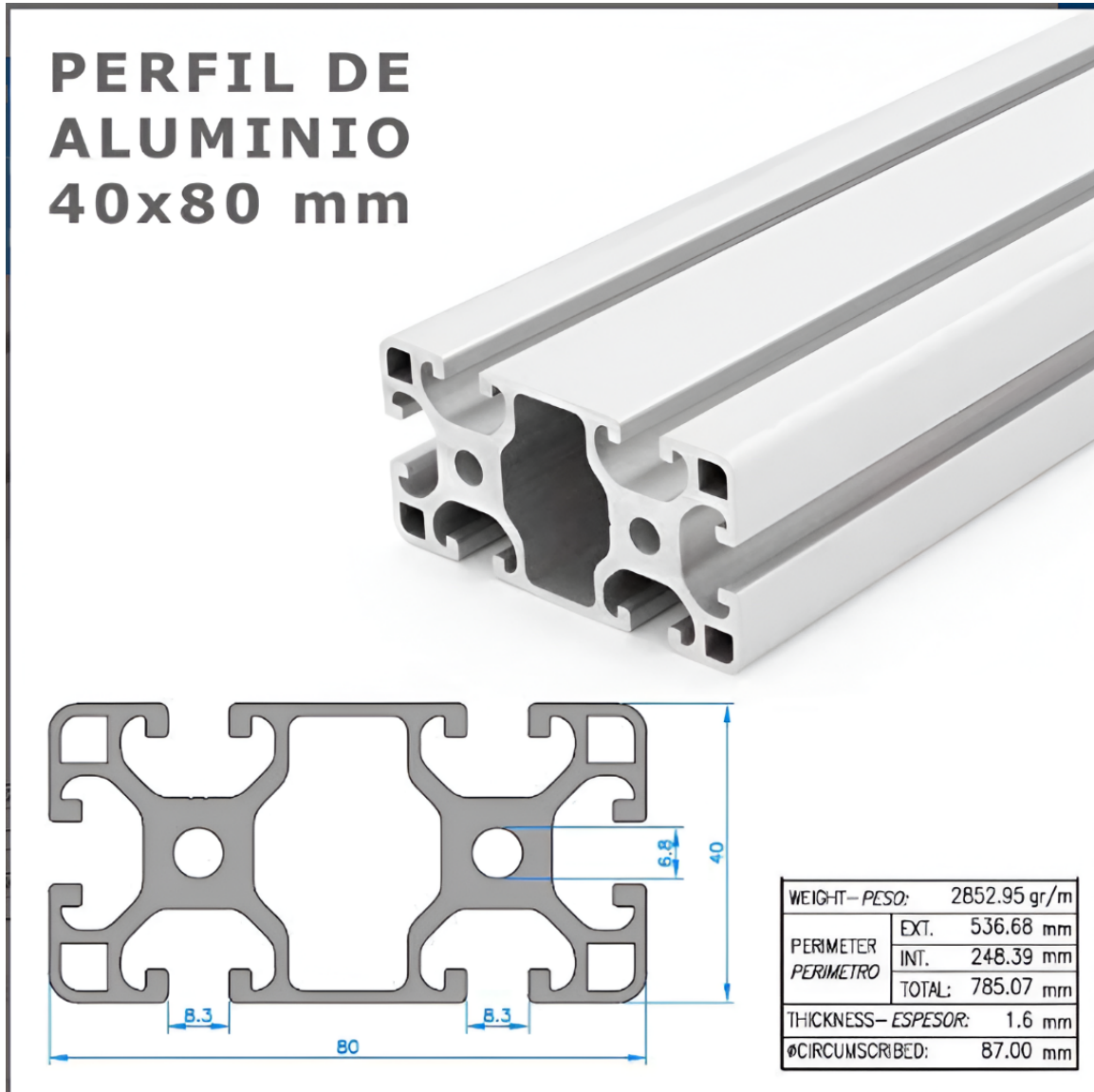
$$w_{\text{portarodillo}_{Total}} = 73,38N$$

■ Perfil de Aluminio

Para el diseño mecánico del dispositivo se usó el siguiente perfil de aluminio:

Figura 31

Perfil de Aluminio.

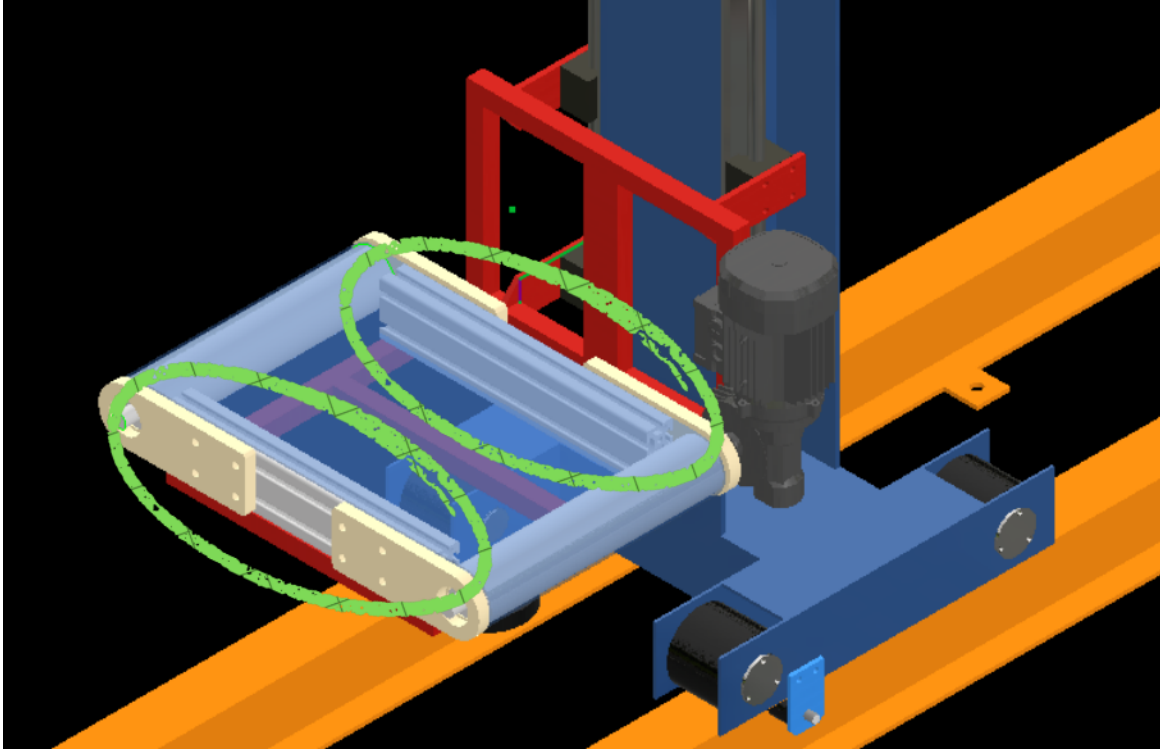


Nota: Se observa el perfil de aluminio normalizado que se empleó en el diseño del dispositivo.

A continuación, se señala la localización del perfil de aluminio en el dispositivo de almacenamiento:

Figura 32

Ubicación del Perfil de Aluminio.

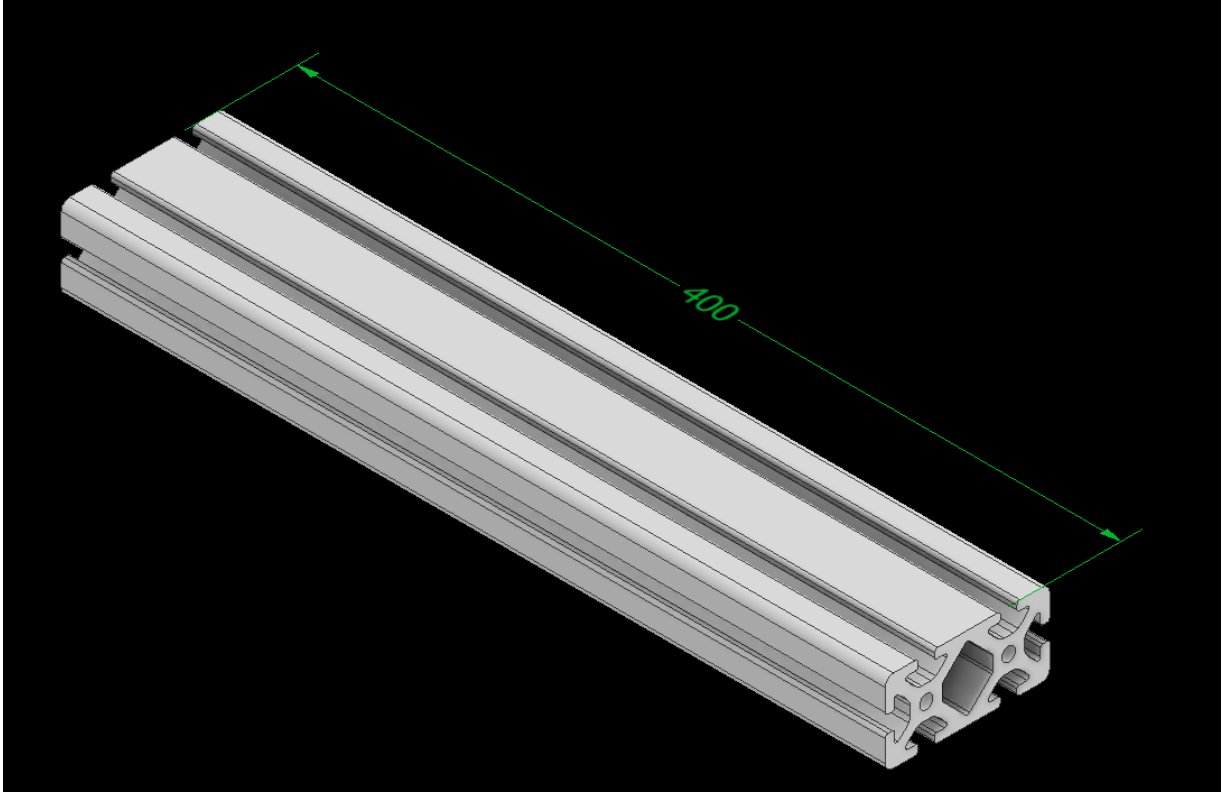


Nota: Se observa la localización del perfil de aluminio normalizado.

De igual modo, se muestra la longitud del perfil de aluminio:

Figura 33

Longitud del Perfil de Aluminio.



Nota: Se observa la longitud el perfil de aluminio normalizado que se empleó en el diseño del dispositivo .

Se procede a calcular la masa exacta del perfil de aluminio, de acuerdo a su longitud.

$$m_{perfil_{aluminio}} = \frac{2852,95gr * 0,4m}{m}$$
$$m_{perfil_{aluminio}} = 1,1412kg$$

Ya que, se usaron 2 perfiles de alumnnio en el diseño, la masa total es:

$$m_{perfil_{aluminio}Total} = 2,2824kg$$

Haciendo uso de la ecuación 10, se calcula el peso de los perfiles.

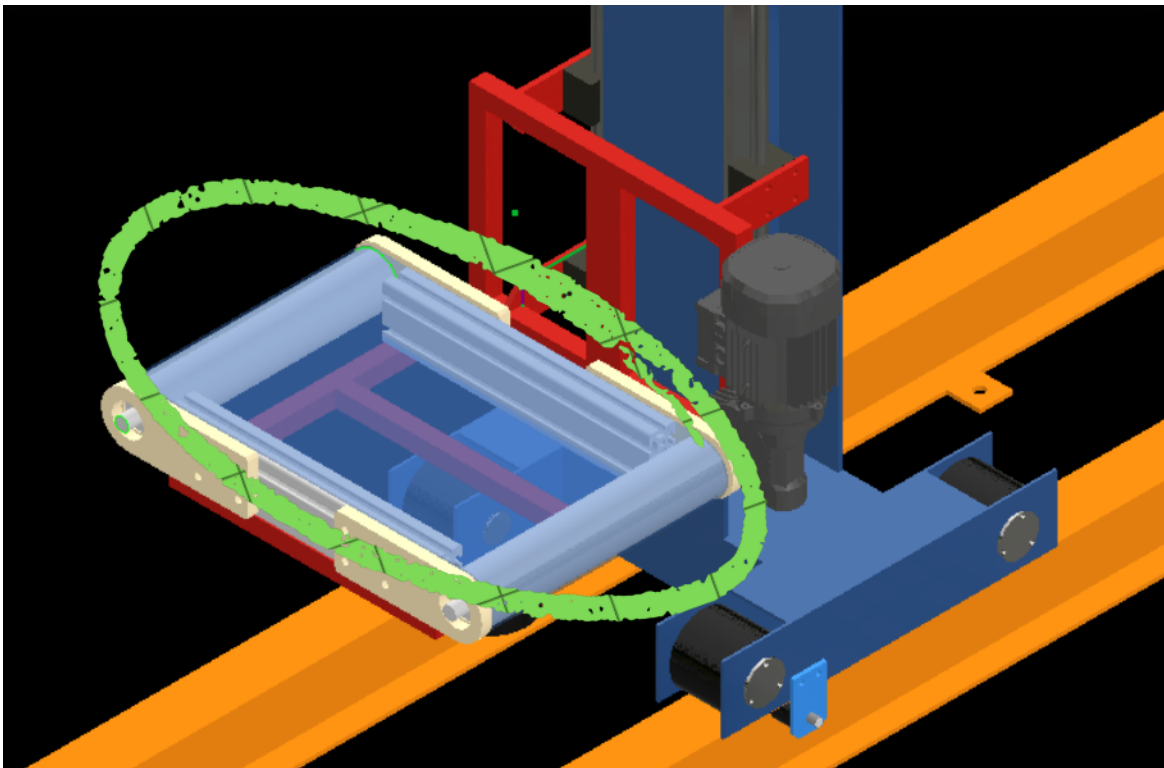
$$w_{perfil_{aluminio_{Total}}} = 22,39N$$

- Banda del Portabandejas

En la figura 34, se indica la ubicación de la banda en el dispositivo a diseñado.

Figura 34

Ubicación de la Banda del Portabandejas.

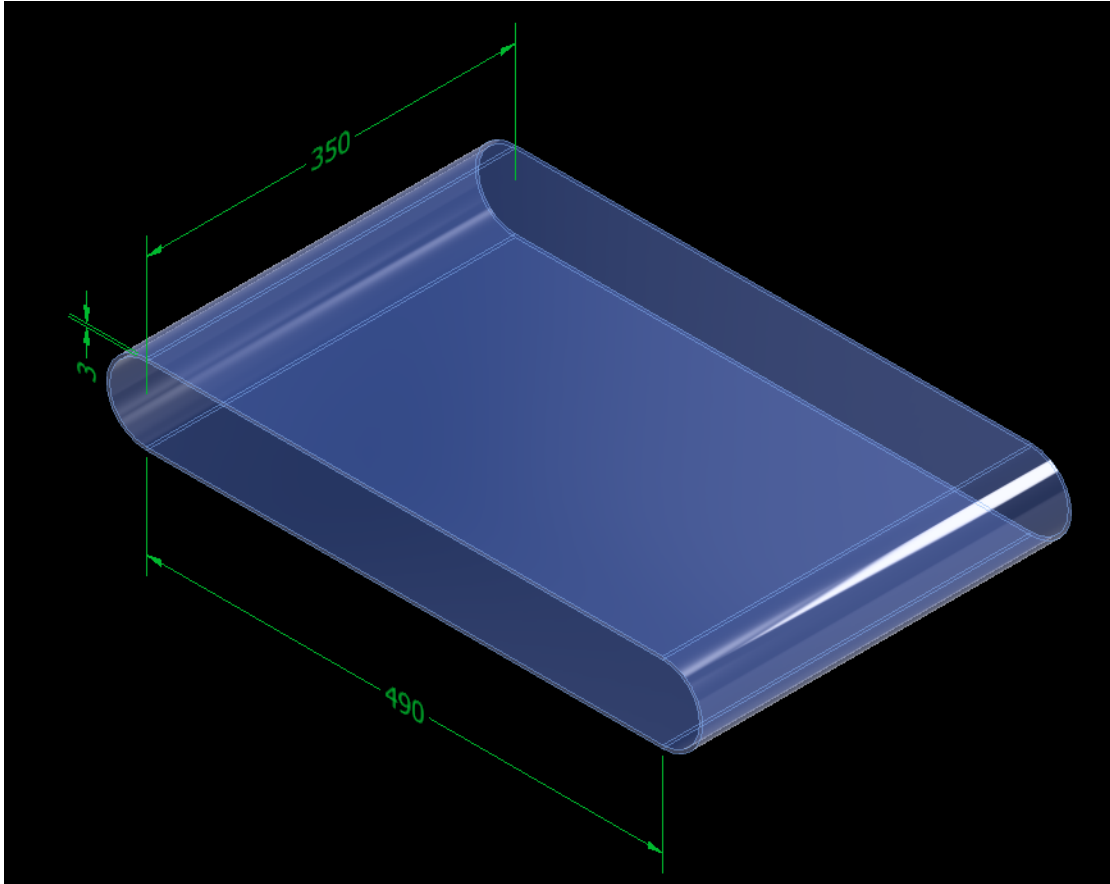


Nota: Se observa las dimensiones de la banda del portabandejas.

Se calculará la masa y el peso de la banda del portabandejas, de acuerdo a sus dimensiones.

Figura 35

Medidas de la Banda del Portabandejas.



Nota: Se observa las dimensiones de la banda del portabandejas.

Aplicando la ecuación 34, se calculará el área de la banda.

$$A_{banda} = 0,1715m^2$$

Ahora, con la ecuación 7, se obtiene el volumen de la banda.

$$V_{banda} = 5,145 \times 10^{-4}m^3$$

Empleando la ecuación 3, se tiene la masa del objeto.

$$m_{banda} = 0,6174kg$$

Posteriormente, se calcula el peso de la banda, usando la ecuación 10.

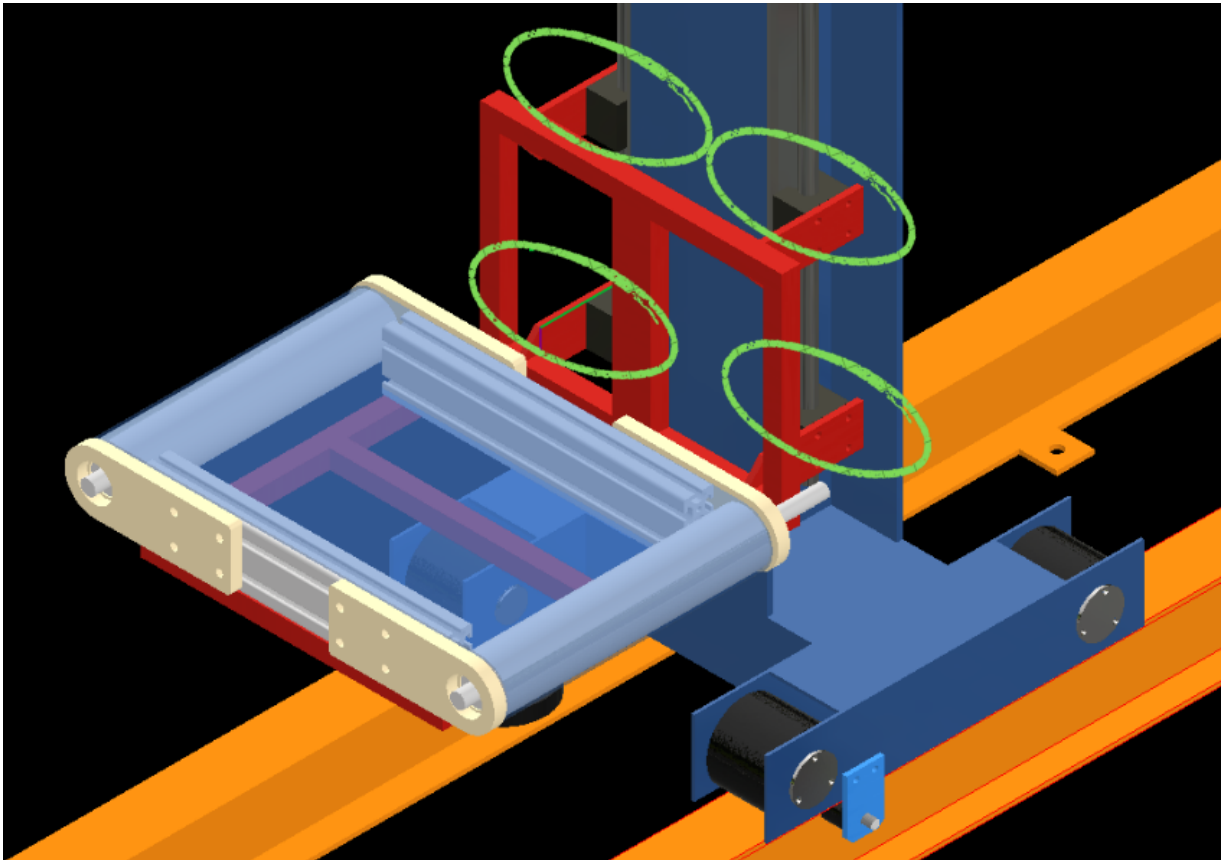
$$w_{banda} = 6,1N$$

- Rodamientos Lineales

En la figura 36, se observa la ubicación de los rodamientos lineales en el diseño del dispositivo.

Figura 36

Ubicación de los Rodamientos Lineales.

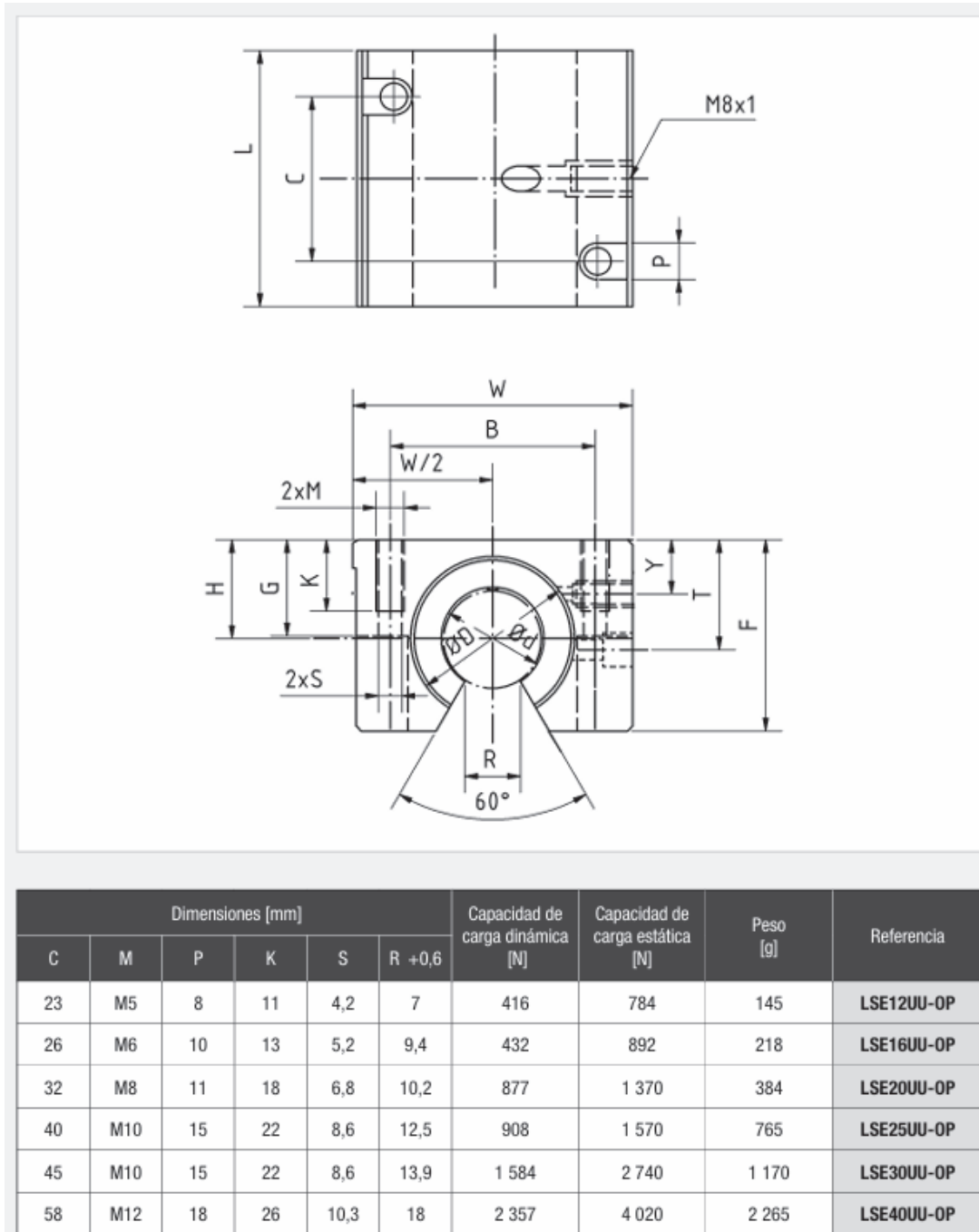


Nota: Se señala la ubicación de los rodamientos lineales en el dispositivo de almacenamiento.

Los rodamientos lineales que se emplearon específicamente son los de diámetro 20mm. Posteriormente, se obtendrá la masa de los 4 rodamientos presentes en el dispositivo de almacenamiento, partiendo de la hoja de datos de la pieza mencionada, que se muestra a continuación:

Figura 37

Peso Rodamiento.



Nota: Se observan las especificaciones de los rodamientos normalizados que se emplean en el diseño del dispositivo de almacenamiento.

Calcular la masa de los 4 rodamientos lineales.

$$m_{rod} = 1,536kg$$

Aplicando la ecuación 10, se calcula el peso de los rodamientos.

$$w_{rod} = 15,1N$$

■ Carga - Helados

Se calculará el peso de la carga que transportará el dispositivo de almacenamiento, es decir, el peso de los helados.

De acuerdo con Ortega y Solórzano (2025), cada helado tiene una densidad promedio de 0,832 g/ml y un volumen de 88,7206 ml, con estos datos y usando la ecuación 3, se calculará la masa total de cada helado:

$$m_{carga} = 0,073812kg$$

Ahora se procede a calcular la masa que soportará cada bandeja, sabiendo que cada una de las mismas, puede llevar 40 helados:

$$m_{bandeja_{cargada}} = 2,953kg$$

Se conoce que cada bandeja tiene una masa de aproximadamente 540 gramos, siendo así, la carga total que deberá soportar el dispositivo es:

$$m_{carga_{Total}} = m_{bandeja_{cargada}} + 0,540$$

$$m_{carga_{Total}} = 3,493kg$$

Luego, aplicando la ecuación 10, se obtiene el peso de la carga.

$$w_{carga_{Total}} = 34,27N$$

■ Cálculo del Motor para la Banda del Portabandejas.

Tabla 9

Especificaciones para el Cálculo del Motor de la Banda del Portabandejas.

Especificación	Descripción
Velocidad	15m/min = 0,25 m/s
Masa Transportada	3,493 kg
Coeficiente de fricción de la banda	0,35
Eficiencia Requerida	0,85

Nota: En la tabla 9 se describen las especificaciones para el cálculo del motor de la banda del portabandejas.

Haciendo uso de la siguiente expresión para calcular la fuerza que deberá mover el motor, se tiene:

$$F = \mu * m * g \quad (13)$$

Donde:

F : Fuerza que debe mover el motor

μ : coeficiente de fricción

m : masa de la carga que debe mover el motor

g : gravedad

De este modo:

$$F = 12N$$

Ahora se calculará la potencia necesaria que debe tener el motor, empleando la siguiente ecuación:

$$P_n = F * v \quad (14)$$

Donde:

P_n : Potencia necesaria que debe tener el motor

F : Fuerza que debe mover el motor

v : velocidad que debe alcanzar el motor

Así:

$$P_n = 3W$$

Se procede a calcular la potencia real que requiere el motor, usando la siguiente expresión:

$$P_r = \frac{P_n}{\eta} \quad (15)$$

Donde:

P_r : Potencia real que debe tener el motor

P_n : Potencia necesaria que debe tener el motor

η : Eficiencia que debe alcanzar el motor

Así, se obtiene:

$$P_r = 3,53W$$

Ahora, se calculará el torque que requiere el motor, aplicando la ecuación:

$$T = \frac{P_n}{v} * r \quad (16)$$

Donde:

P_n : Potencia necesaria que debe tener el motor

v : Velocidad que debe tener el motor

r : radio del eje en el que se coloca el motor

De este modo, aplicando la ecuación 36, y sumando un 20% al valor final, con el objetivo de incrementar la seguridad, se obtiene:

$$T = 0,6Nm$$

Ahora, se calcularán las rpm necesarias para el motor, empleando la siguiente expresión:

$$n = \frac{\frac{v}{r} * 60}{2 * \pi} \quad (17)$$

Donde:

n : rpm que debe tener el motor

v : Velocidad que debe tener el motor

r : radio del eje en el que se coloca el motor

Así, se tiene:

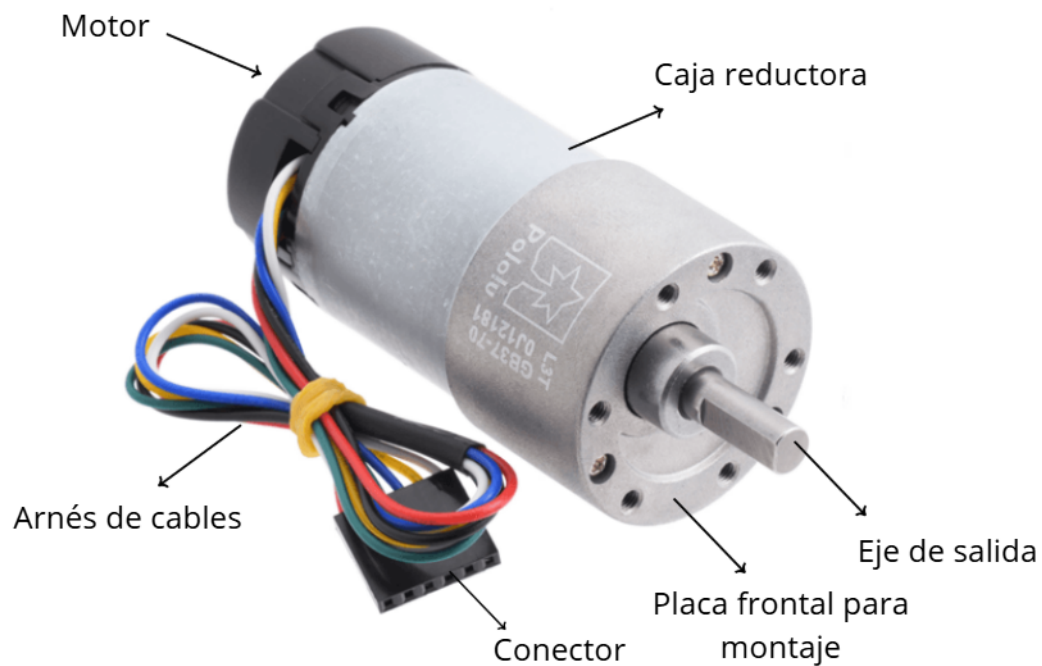
$$n = 68,21rpm$$

De acuerdo con las especificaciones de potencia, torque y rpm calculadas, se seleccionó el siguiente motorreductor para la banda del portabandejas:

Motorreductor Pololu 12V

Figura 38

Motorreductor para la Banda del Portabandejas.



Nota: Se observa el motor seleccionado para mover la banda del portabandejas.

A continuación, se muestra los datos técnicos del motorreductor seleccionado, mismos con los que será posible obtener su peso.

Tabla 10

Datos Técnicos del Motorreductor para la Bandas.

Especificación	Descripción
Voltaje	12 V DC
Torque	45 Kg*cm = 4,41 N*m
Potencia	6 W
Velocidad	76 rpm
Masa	195 g

Nota: En la tabla 10 se presentan los datos técnicos del motor escogido para la banda del portabandejas.

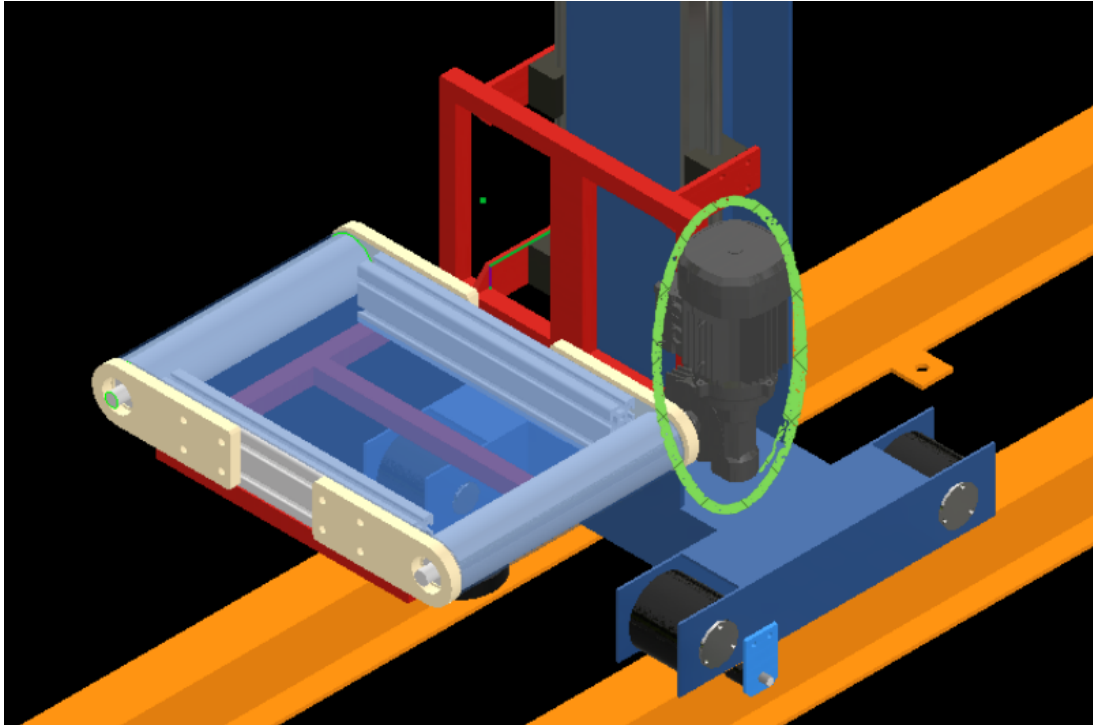
Así, se calcula el peso del motor, aplicando la ecuación 10.

$$w_{motor_{banda_{portabandejas}}} = 1,913N$$

Se indica la ubicación del motorreductor seleccionado, dentro del dispositivo de almacenamiento.

Figura 39

Ubicación del Motorreductor para la Banda del Portabandejas.



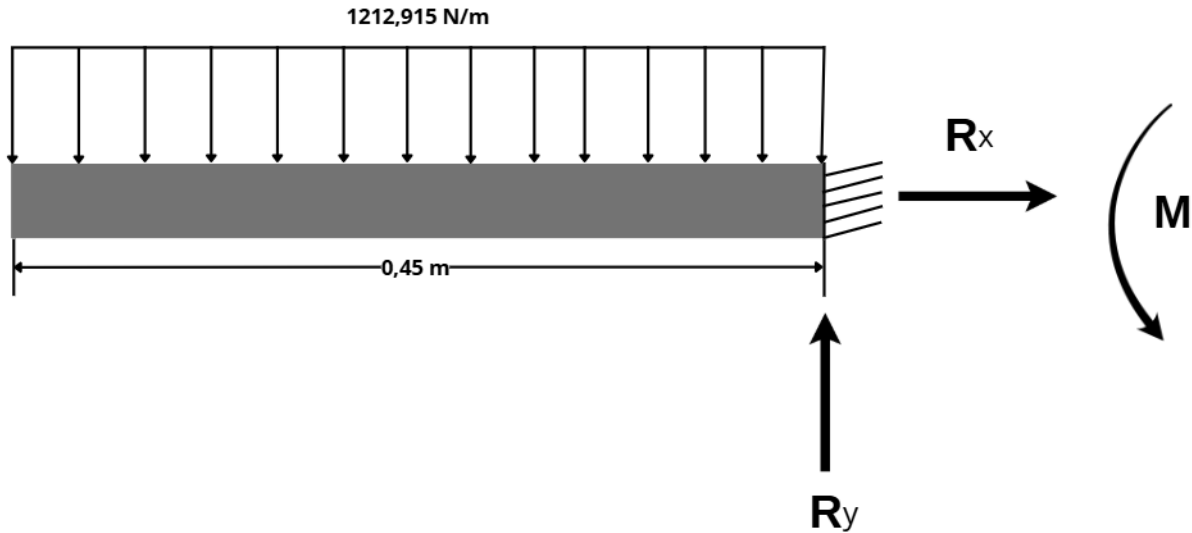
Nota: Se observa la ubicación del motorreductor seleccionado.

- Cálculo del Esfuerzo en el Portabandejas

A continuación, se muestra el diagrama de cuerpo libre del portabandejas.

Figura 40

DCL del Portabandejas.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del portabandejas para el cálculo del esfuerzo.

Este diagrama de cuerpo libre que presenta una carga distribuida sobre el portabandejas, se puede simplificar a una carga puntual, usando la siguiente ecuación:

$$F = \omega * L \quad (18)$$

Donde:

F : Carga puntual

ω : Carga distribuida

L : Longitud de la viga sobre la que se aplica la fuerza

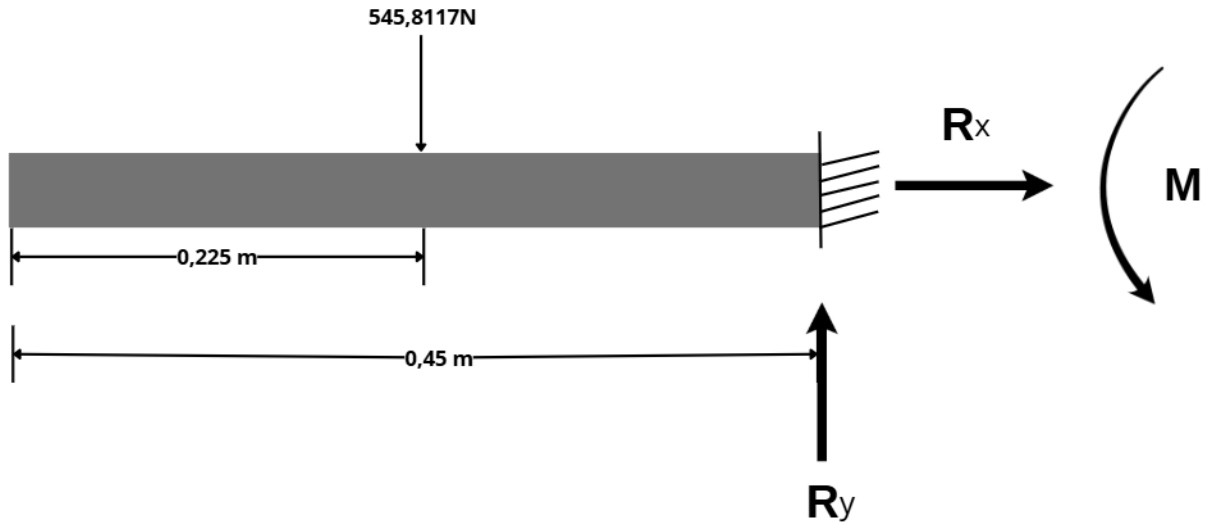
Siendo así, se obtiene:

$$F = 545,8117N$$

Y el diagrama de cuerpo libre con la carga puntual sería el siguiente:

Figura 41

DCL del Portabandejas con Carga Puntual.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del portabandejas con carga puntual para el cálculo del esfuerzo. .

Se procede a calcular el momento presente en el diagrama de cuerpo libre, empleando la siguiente ecuación:

$$\sum M = 0 \quad (19)$$

Siendo así, se tiene:

$$545,8117 * 0,225 + M = 0$$

$$M = -122,81 Nm$$

Se indica que el momento que se genera está en sentido horario.

Ahora, se calcularán las reacciones, aplicando la siguiente ecuación:

$$\sum F = 0 \quad (20)$$

De este modo, analizando las fuerzas en x, se obtiene:

$$Rx = 0$$

Y analizando las fuerzas en y, se obtiene:

$$Ry - 545,8117 = 0$$

$$Ry = 545,8117$$

Se procede a calcular el esfuerzo por flexión que existe en el portabandejas, empleando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M * c}{I} \quad (21)$$

Donde:

σ_{max} : Esfuerzo máximo por flexión

M : Momento flector máximo

c : Distancia del eje neutro hasta la fibra donde se calcula el esfuerzo máximo

I : Momento de inercia de la sección transversal

Primero, se calculará el momento flector máximo para una viga en voladizo con carga distribuida, aplicando la ecuación:

$$M = \frac{\omega * L^2}{2} \quad (22)$$

Donde:

M : Momento flector máximo

ω : Carga distribuida

L : Longitud de la viga

Así, se obtiene:

$$M = 122,81Nm$$

Ahora, se calculará la distancia del eje neutro hasta la fibra donde se calcula el esfuerzo

máximo, empleando la siguiente expresión:

$$c = \frac{h}{2} \quad (23)$$

Donde:

c : Distancia del eje neutro hasta la fibra donde se calcula el esfuerzo máximo

h : Altura total de la viga

Siendo, así, se tiene:

$$c = 0,0125m$$

Se calcula el momento de inercia de la sección en la que se aplica la carga, utilizando la expresión para obtener el momento de inercia de una sección rectangular:

$$I_{centroide} = \frac{b * h^3}{12} \quad (24)$$

Donde:

$I_{centroide}$: Momento de inercia respecto al centroide

b : Base de la sección rectangular

h : Altura de la sección rectangular

De este modo, se obtiene:

$$I_{centroide} = 3,255 \times 10^{-8} m^4$$

Ahora, aplicando la ecuación 4, se calcula el área de la sección estudiada.

$$A = 0,000625 m^2$$

A continuación, se calcula el momento de inercia total de cada uno de los tubos presentes en la base del portabandejas, empleando para los tubos horizontales, el teorema de ejes paralelos, debido a que no están centrados en el eje neutro, siendo dicho teorema el siguiente:

$$I_{hor} = I_{centroide} + A * d^2 \quad (25)$$

Donde:

I_{hor} : Momento de inercia total de los tubos horizontales de la base del portabandejas

$I_{centroide}$: Momento de inercia respecto al centroide

A : Área de la sección estudiada

d : Mitad de la altura del tubo horizontal de la base del portabandejas

Conociendo que la base del portabandejas tiene 2 tubos horizontales, se tiene:

$$I_{hor} = 5,651 \times 10^{-5} m^4$$

Ahora, se calcula el momento de inercia de los 3 tubos verticales de la base del portabandejas, sabiendo que todos los tubos verticales están centrados en el eje neutro, así, se obtiene:

$$\begin{aligned} I_{ver} &= 3 * I_{centroide} \\ I_{ver} &= 9,765 \times 10^{-8} m^4 \end{aligned}$$

Se procede a calcular el momento de inercia total.

$$\begin{aligned} I_{Total} &= I_{hor} + I_{ver} \\ I_{Total} &= 5,661 \times 10^{-5} m^4 \end{aligned}$$

Una vez que se han calculado todos los datos necesarios, se obtiene el esfuerzo por flexión que se da en el portabandejas, aplicando la ecuación 21:

$$\sigma_{max} = 27,118 kPa$$

Dado que el material empleado en el portabandejas tiene un límite de fluencia de 250 MPa, se puede apreciar que el mismo soporta perfectamente el esfuerzo que se tiene en la pieza analizada.

Ahora, se calcula la deformación del portabandejas, empleando la ecuación para la

deformación máxima para una viga en voladizo con carga distribuida:

$$\delta_{max} = \frac{\omega * L^4}{8 * E * I} \quad (26)$$

Donde:

δ_{max} : Deformación máxima del portabandejas

ω : Carga distribuida

L : Longitud de la base del portabandejas

E : Módulo de Young del material del portabandejas

I : Momento de inercia de la base del portabandejas

Siendo así, se tiene:

$$\delta_{max} = 5,5 \times 10^{-7} m$$

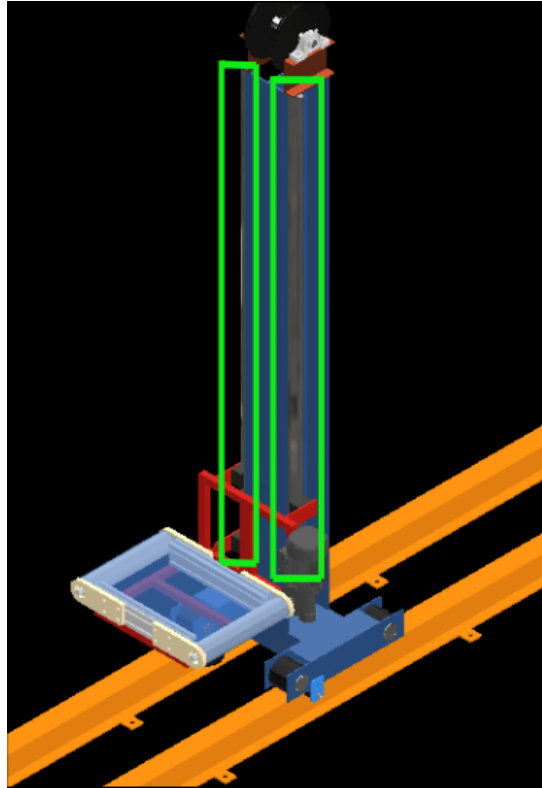
$$\delta_{max} = 0,00055 mm$$

■ Guías Verticales

En la figura 42, se observa la ubicación de las guías verticales en el dispositivo de almacenamiento.

Figura 42

Ubicación de las Guías Verticales.

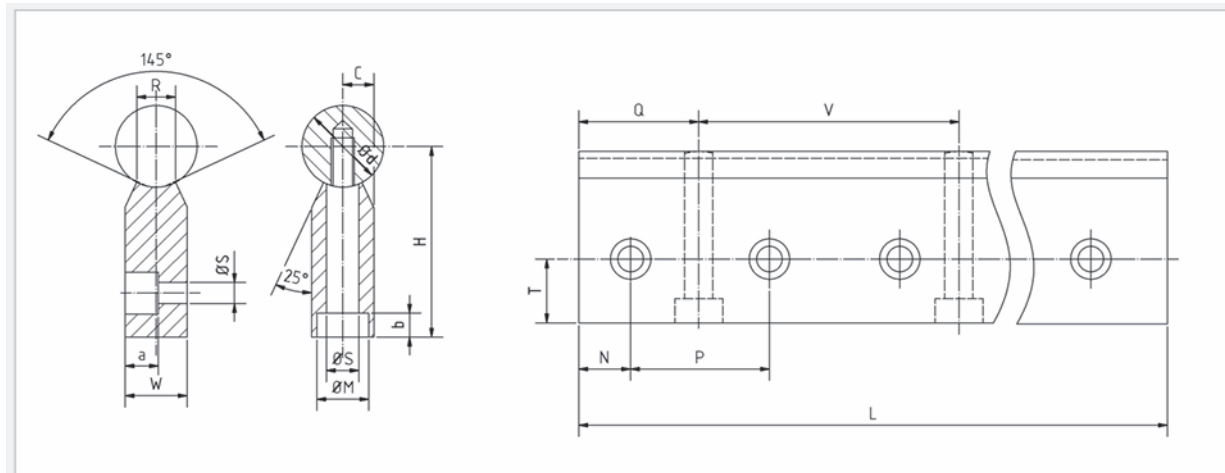


Nota: Se señala la ubicación de las guías verticales en el dispositivo.

Ahora, se obtendrá el peso de las guías verticales normalizadas que se usarán en el diseño, específicamente, las de 20 mm.

Figura 43

Guías Verticales.



Referencia	Dimensiones [mm]															Peso in case of max. length [g]
	Ød	H	W	T	C	R	ØS	ØM	b	a	P	N	Q	V	L max	
SR30-20	20	52	15	15	7,5	8,3	6,6	11	8,5	8,5	50	25	50	100	599,5	1 100
SR30-25	25	62	20	18	10	10,8	9	15	15	11	60	30	60	120	599,5	1 500
SR30-30	30	72	25	21	12,5	11	11	18	15,3	13,5	75	37,5	75	150	599,5	2 100
SR30-40	40	88	30	25	15	15	14	20	19	16	100	50	100	200	599,5	3 000
SR30-50	50	105	35	30	17,5	19	16	24	21,5	18,5	100	50	100	200	599,5	4 200

Nota: Se presentan las guías verticales aplicadas al diseño del dispositivo de almacenamiento.

Se procede a calcular el peso de las guías, de acuerdo con los datos presentados, tomando en cuenta que se usan 2 guías verticales en el diseño y empleando la ecuacion 10.

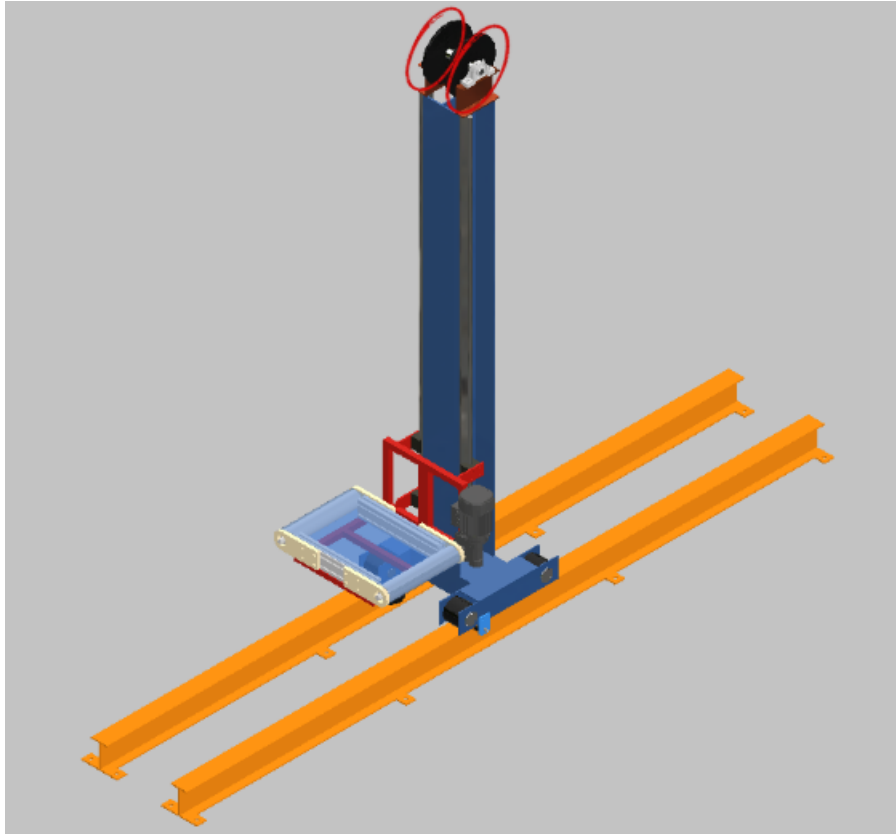
$$w_{guías} = 21,582N$$

■ Poleas

En la figura 44, se señala la ubicación de las poleas en el diseño.

Figura 44

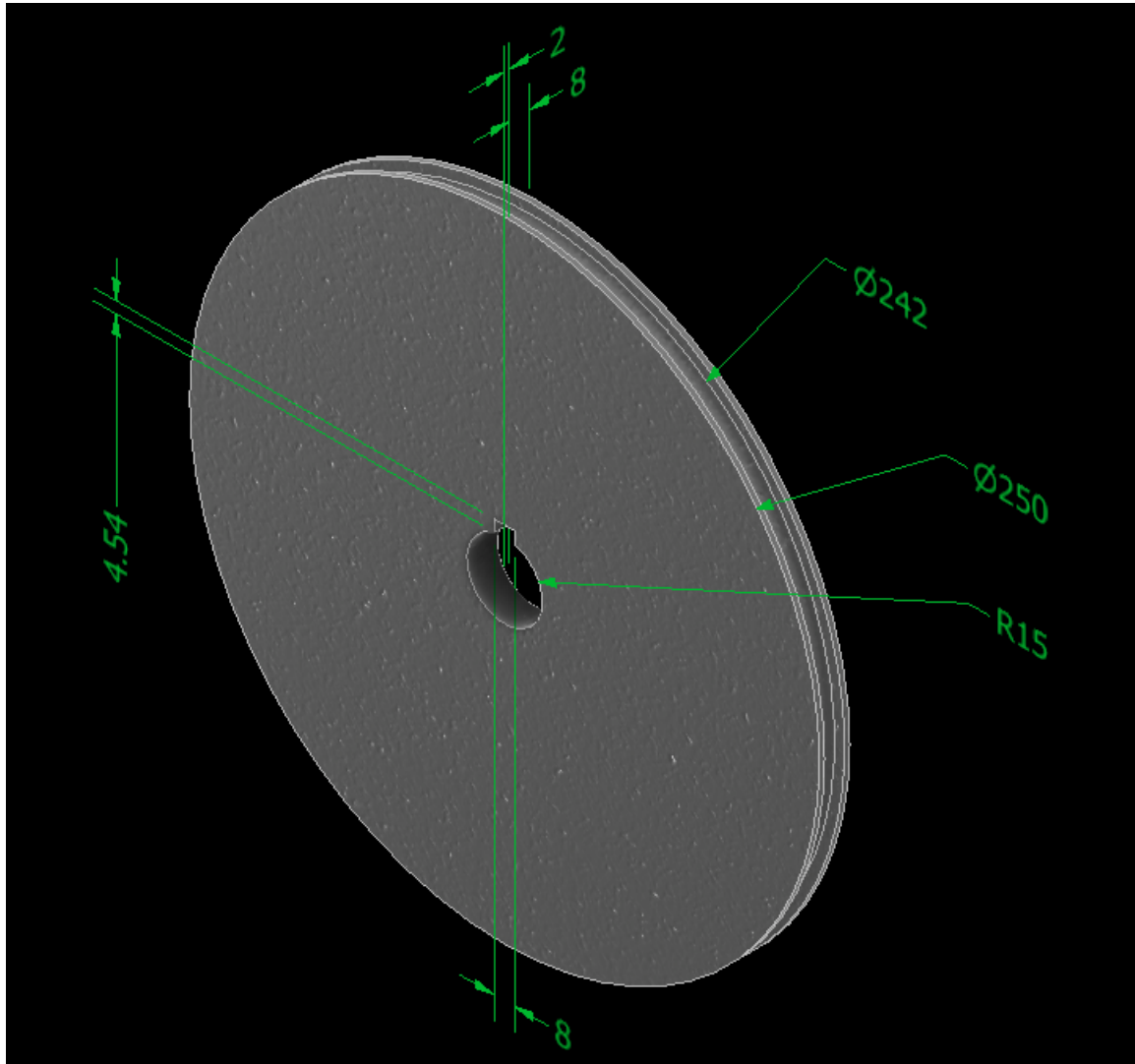
Ubicación de las Poleas.



Nota: Se señala la ubicación de las poleas.

Figura 45

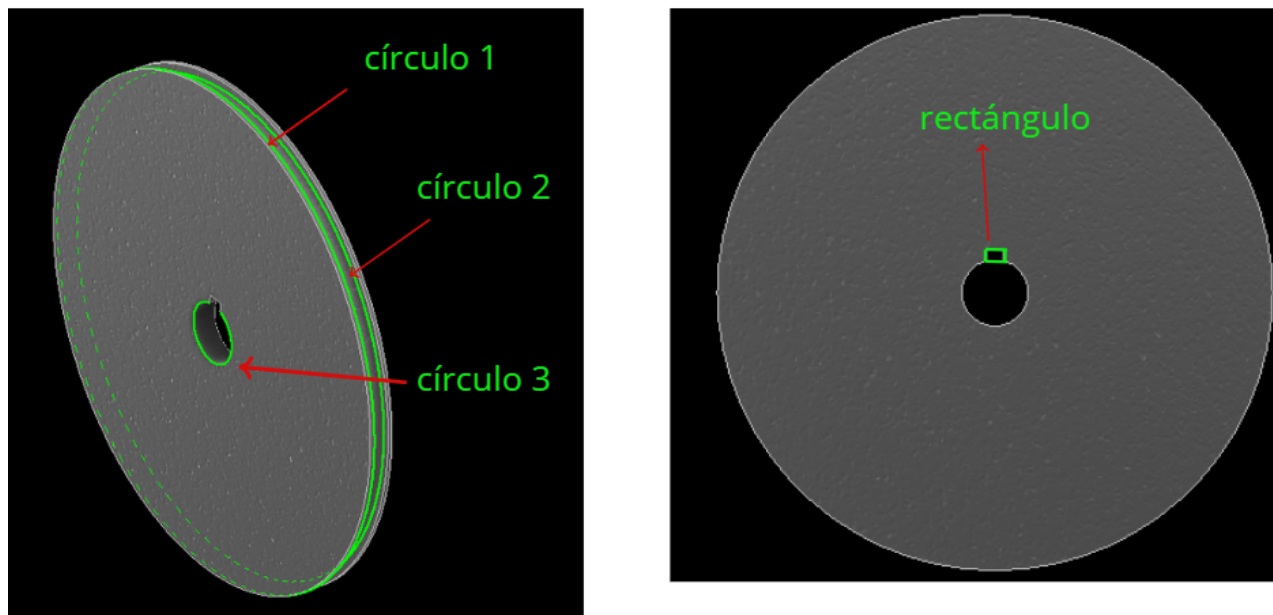
Medidas de las Poleas.



Nota: Se observan las dimensiones de la polea empleada para el mecanismo de elevación.

Figura 46

Poleas.



Nota: Se indican las figuras planas que conforman la polea.

Empleando las ecuaciones 4 y 5, se calcularán las áreas del rectángulo y círculos observados en la figura 46.

$$A_{rec} = 3,632 \times 10^{-5} m^2$$

$$A_{cir1} = 0,049 m^2$$

$$A_{cir2} = 0,046 m^2$$

$$A_{cir3} = 7,069 \times 10^{-4} m^2$$

Ahora, se obtendrán los volúmenes de las áreas calculadas, usando la ecuación 7.

$$V_{rec} = 4,3584 \times 10^{-7} m^3$$

$$V_{cir1} = 9,8 \times 10^{-5} m^3$$

$$V_{cir2} = 3,68 \times 10^{-4} m^3$$

$$V_{cir3} = 8,4828 \times 10^{-6} m^3$$

Siendo el volumen total, el siguiente:

$$V_{\text{útil}} = 2 * V_{cir1} + V_{cir2} + V_{rec} + V_{cir3}$$

$$V_{\text{útil}} = 5,551 \times 10^{-4} m^3$$

Haciendo uso de la ecuación 3, se calcula la masa de la polea, y tomando en cuenta que el diseño tiene 2 poleas, se obtiene lo siguiente:

$$m_{polea} = 8,714 kg$$

Se procede a calcular el peso de las poleas, empleando la ecuacion 10.

$$w_{polea} = 85,484 N$$

■ Cálculo del Motor de Elevación

Ahora, se procede a realizar el cálculo del torque, potencia y velocidad que debe tener el motor de elevación del dispositivo, haciendo uso de las siguientes especificaciones:

Tabla 11

Especificaciones para el Cálculo del Motor de Elevación.

Especificación	Descripción
Velocidad	50 m/min = 0,8333 m/s
Masa Elevada	55,6325 kg
Número de Poleas	2
Radio de las Poleas	0,242 m
Eficiencia Requerida	0,85

Nota: En la tabla 11 se describen las especificaciones para el cálculo del motor de elevación.

Se calcula la fuerza necesaria para elevar la carga, empleando la siguiente ecuación:

$$F = \frac{m * g}{n_{poleas}} \quad (27)$$

Donde:

F : Fuerza para elevar la carga

m : Masa a elevar

g : Gravedad

n_{poleas} : Número de poleas

De este modo, se tiene:

$$F = 272,9N$$

Ahora, se calculará el torque requerido para elevar la carga por polea, usando la siguiente expresión:

$$T_{polea} = F * r \quad (28)$$

Donde:

T_{polea} : Torque para elevar la carga por polea

F : Fuerza para elevar la carga

r : Radio de la polea

De este modo, se tiene:

$$T_{polea} = 66,042Nm$$

Se procede a calcular el torque total que requiere el motor, empleando la siguiente ecuación:

$$T_{motor} = \frac{T_{polea} * n_{poleas}}{\eta} \quad (29)$$

Donde:

T_{motor} : Torque necesario para elevar la carga

T_{polea} : Torque para elevar la carga por polea

n_{poleas} : Número de poleas

η : Eficiencia requerida

Así, se obtiene:

$$T_{motor} = 155,4Nm$$

Aplicando un factor de seguridad de 1,25, se tiene:

$$T_{motor_{Total}} = 194,1Nm$$

Ahora, se calcula la velocidad angular del motor, usando la ecuación 17, obteniendo como resultado:

$$n = 32,8rpm$$

Se calcula la potencia requerida para el motor, empleando la siguiente expresión:

$$P_{motor} = T_{motor} * \frac{v}{r} \quad (30)$$

Donde:

P_{motor} : Potencia requerida por el motor

T_{motor} : Torque necesario para elevar la carga

v : Velocidad del motor

r : Radio de la polea

Así, se obtiene:

$$P_{motor} = 0,534kW$$

Aplicando un factor de seguridad de 1,25, se tiene:

$$P_{motor_{Total}} = 0,668kW$$

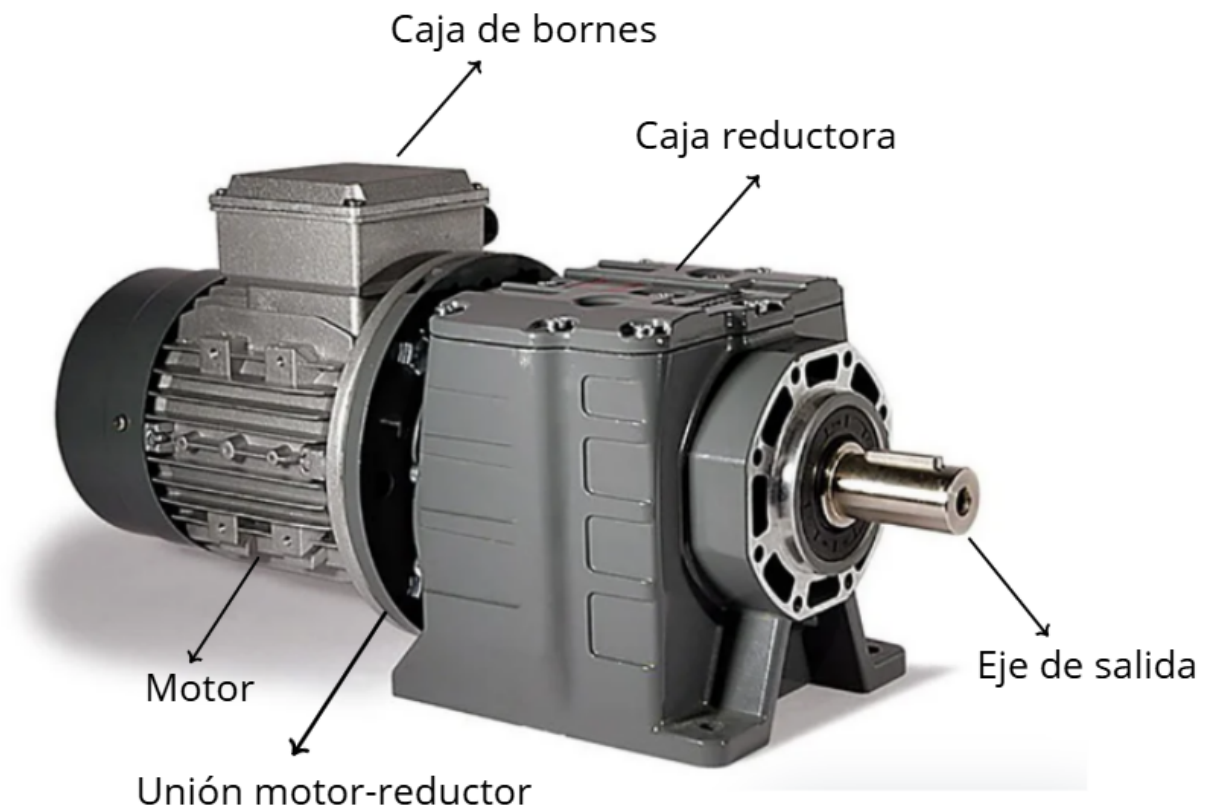
Cabe aclarar que, la elección del motor de elevación se ejecutó empleando un factor de seguridad de 1,25 al torque y potencia calculadas. Este procedimiento, se justifica en pautas técnicas determinadas en normas de motores eléctricos como NEMA MG-1, que concreta el concepto de “factor de servicio” para certificar que el aparato pueda sobrellevar cargas mayores a las aparentes sin peligro de falla, y en la IEC 60034-1, que demanda que los artefactos estén diseñados para situaciones reales de trabajo.

Ahora, con la potencia, torque y velocidad calculados se seleccionó el siguiente motorreductor, para el mecanismo de elevación del dispositivo de almacenamiento.

Motorreductor Helicoidal Varvel FRD 32

Figura 47

Motorreductor para el Mecanismo de Elevación.



Nota: Se observa el motorreductor seleccionado para el mecanismo de elevación.

Cabe destacar, que el motor de elevación se colocará sobre el piso del entorno, en el cual estará trabajando el dispositivo de almacenamiento. A continuación, se presentan los datos técnicos del motorreductor escogido:

Tabla 12

Datos Técnicos del Motorreductor para el Mecanismo de Elevación.

Especificación	Descripción
Voltaje	220 V AC bifásico
Torque	192 Nm
Potencia	0,75 kW
Velocidad	36 rpm

Nota: En la tabla 12 se describen las características del motorreductor para el mecanismo de elevación.

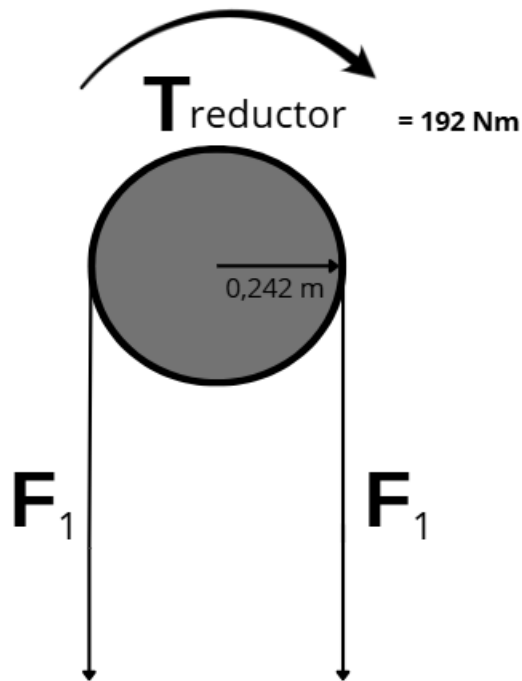
- Cálculo de Tensión en el Cable de las Poleas

A continuación, se calculará la tensión existente en el cable de las poleas, que constituyen el mecanismo de elevación del dispositivo de almacenamiento.

En la figura 48, se muestra el diagrama de cuerpo libre de una de las poleas.

Figura 48

DCL de la Polea.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre de la polea para el cálculo de la tensión que posee el cable .

Considerando que el mecanismo de elevación mantiene una velocidad constante de $0,83 \text{ m/s}$, se empleará la ecuación 19 para el cálculo de la tensión del cable, de este modo, se tiene:

$$-T_{reductor} + 2 * r * F_1 = 0$$

Donde:

$T_{reductor}$: Torque de salida del reductor

F_1 : Tensión en el cable de la polea

r : Radio de la polea

Así, el resultado de la tensión en un cable es:

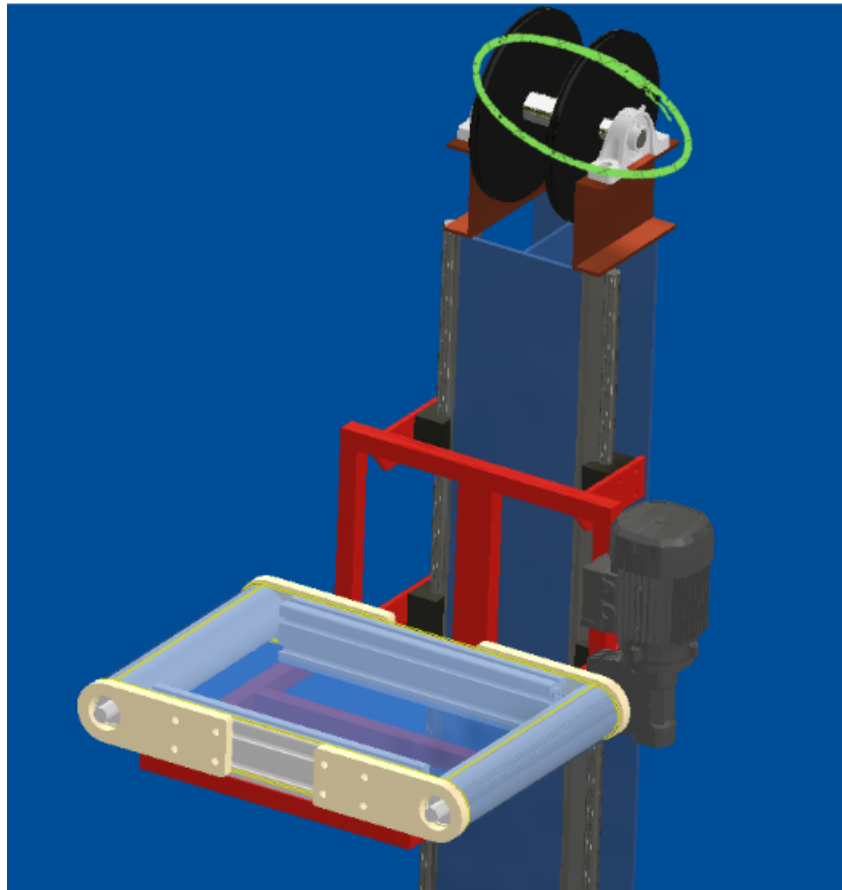
$$\begin{aligned}-192 + 2 * 0,242 * F_1 &= 0 \\ F_1 &= 396,69N\end{aligned}$$

- Eje Portapoleas

En la figura 49, se aprecia la ubicación del eje portapoleas dentro del dispositivo de almacenamiento.

Figura 49

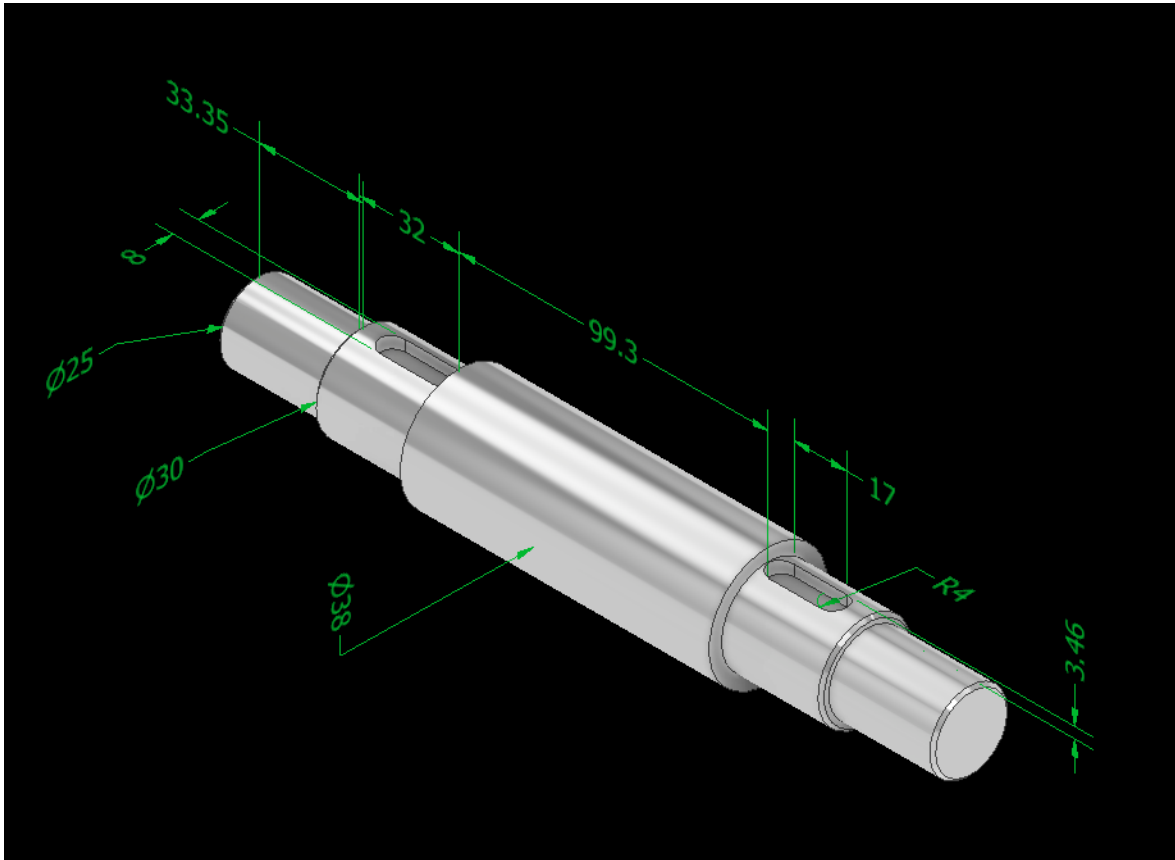
Ubicación del Eje Portapoleas.



Nota: Se observa la localización del eje portapoleas en el diseño.

Figura 50

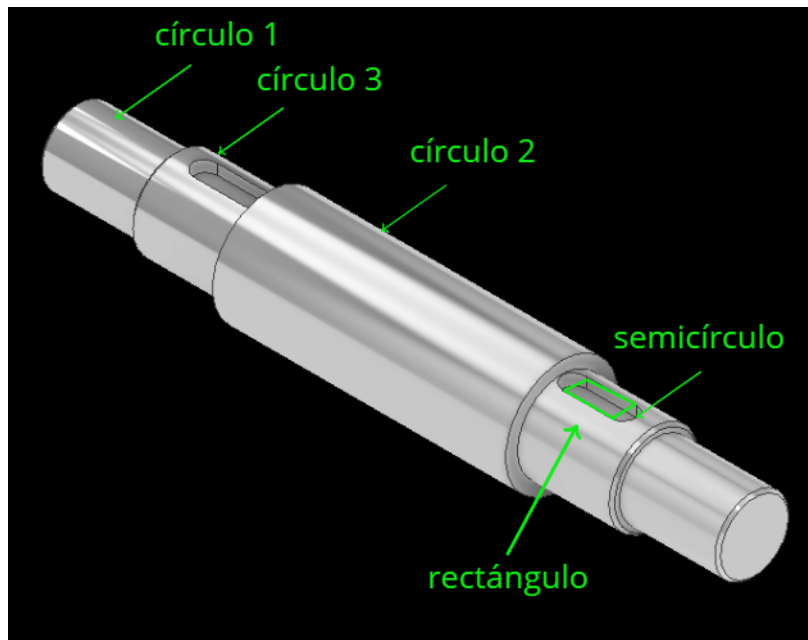
Medidas del Eje Portapoleas.



Nota: Se observan las dimensiones del eje portapoleas usado en el diseño.

Figura 51

Eje Portapoleas.



Nota: Se observan las figuras planas que componen el eje portapoleas.

Haciendo uso de las ecuaciones 4 y 5, se calcularán las áreas del rectángulo y círculos observados en la figura 51.

$$A_{rec} = 1,36 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{cir1} = 4,91 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{cir2} = 1,134 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{cir3} = 7,069 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{semicir} = 2,513 \times 10^{-5} m^2$$

$$A_{ranura} = A_{rec} + 2 * A_{semicir}$$

$$A_{ranura} = 1,8626 \times 10^{-4} m^2$$

Ahora, se calcularán los volúmenes de las áreas obtenidas, usando la ecuación 7.

$$V_{ranura} = 6,44 \times 10^{-7} m^3$$

$$V_{cir1} = 1,637 \times 10^{-5} m^3$$

$$V_{cir2} = 1,126 \times 10^{-4} m^3$$

$$V_{cir3} = 2,26 \times 10^{-5} m^3$$

Siendo el volumen total, el siguiente:

$$V_{\acute{u}til} = 2 * V_{cir1} + V_{cir2} + 2 * (V_{cir3} - V_{ranura})$$

$$V_{\acute{u}til} = 1,89252 \times 10^{-4} m^3$$

Usando la ecuación 3, se calcula la masa del eje portapoleas.

$$m_{eje_{portapoleas}} = 1,49 kg$$

Se procede a calcular el peso del eje portapoleas, empleando la ecuacion 10.

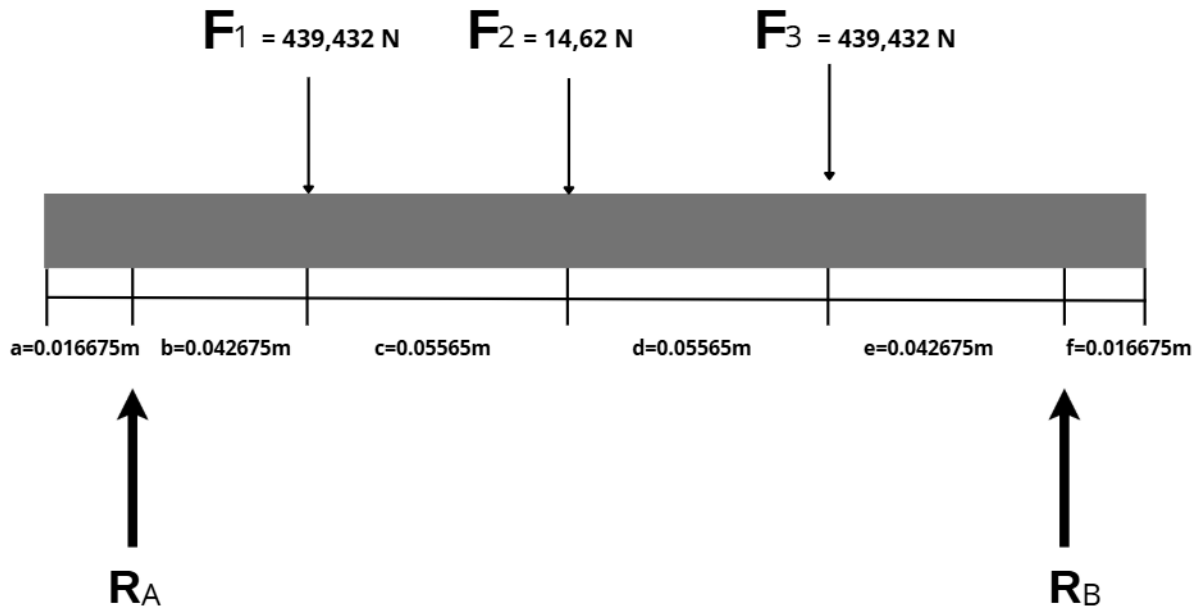
$$w_{eje_{portapoleas}} = 14,62 N$$

■ Cálculo del Esfuerzo y Deformación del Eje Portapoleas

Se muestra el diagrama de cuerpo libre, para conocer las fuerzas aplicadas al eje portapoleas.

Figura 52

DCL del Eje Portapoleas.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del eje portapoleas para el cálculo del esfuerzo y deformación sobre el mismo.

Ahora, se calcularán la reacciones R_A y R_B , aplicando las ecuaciones 19 y 20, de este modo, se tiene:

$$-(F_1 * b) - (F_2 * (b + c)) - (F_3 * (b + c + d)) + (R_B * (b + c + d + e)) = 0$$
$$R_B = 446,74 \text{ N}$$

De igual manera, para hallar R_A , se tiene:

$$R_A + R_B - F_1 - F_2 - F_3 = 0$$
$$R_A = 446,74 \text{ N}$$

Ahora, se realiza el diagrama de cortante y momento flector del eje, de acuerdo con las fuerzas y reacciones calculadas.

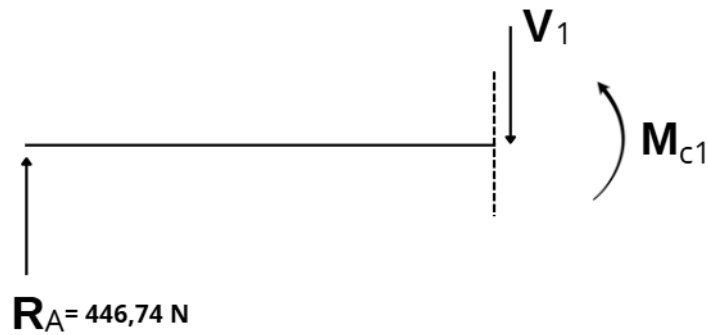
Corte 1

El corte 1 corresponde al siguiente intervalo de distancia:

$$0 \leq X \leq 0,042675$$

Figura 53

Corte 1.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 1 del eje portapoleas.

Ahora, se aplica la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$V_1 = 446,74 \text{ N}$$

$$M_{c1} = 446,74x$$

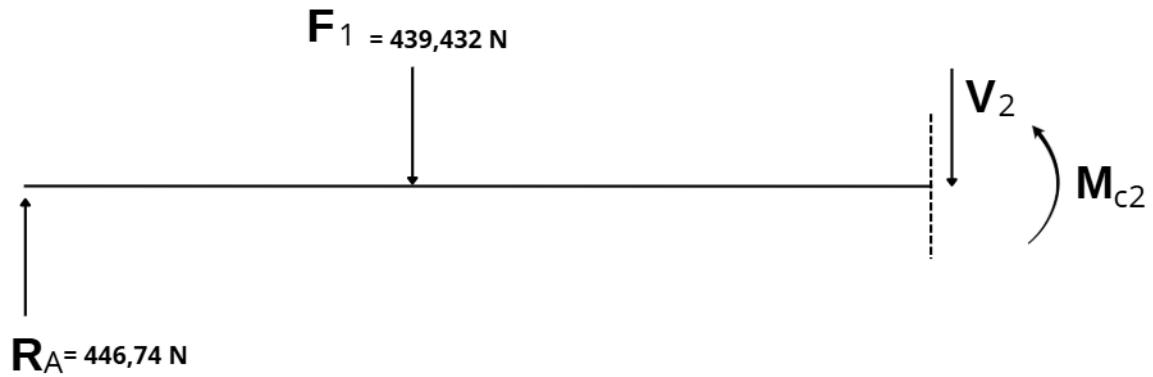
Corte 2

El corte 2 corresponde al siguiente intervalo de distancias:

$$0,042675 \leq X \leq 0,098325$$

Figura 54

Corte 2.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 2 del eje portapoleas.

Se aplica la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$V_2 = 7,308N$$

$$M_{c2} = 7,308x + 18,753$$

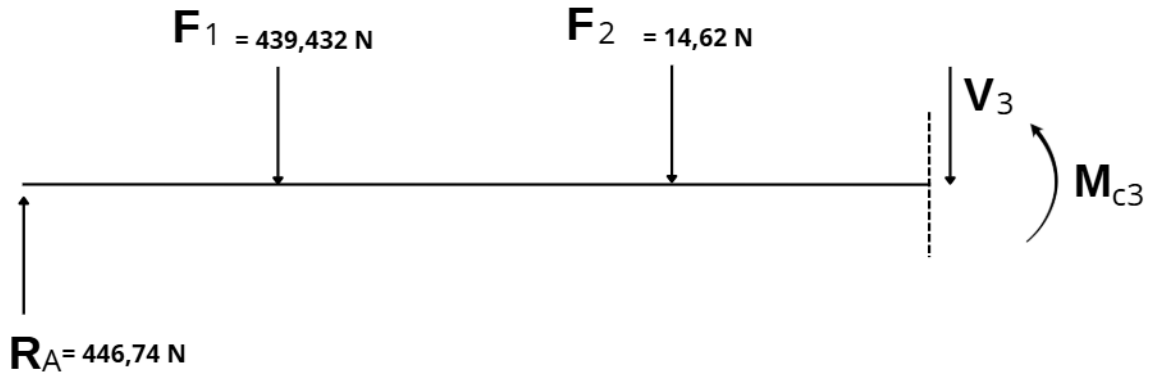
Corte 3

El corte 3 corresponde al siguiente intervalo de distancias:

$$0,098325 \leq X \leq 0,154$$

Figura 55

Corte 3.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 3 del eje portapoleas.

Se emplea la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$V_3 = -7,308N$$
$$M_{c3} = -7,308x + 20,1905$$

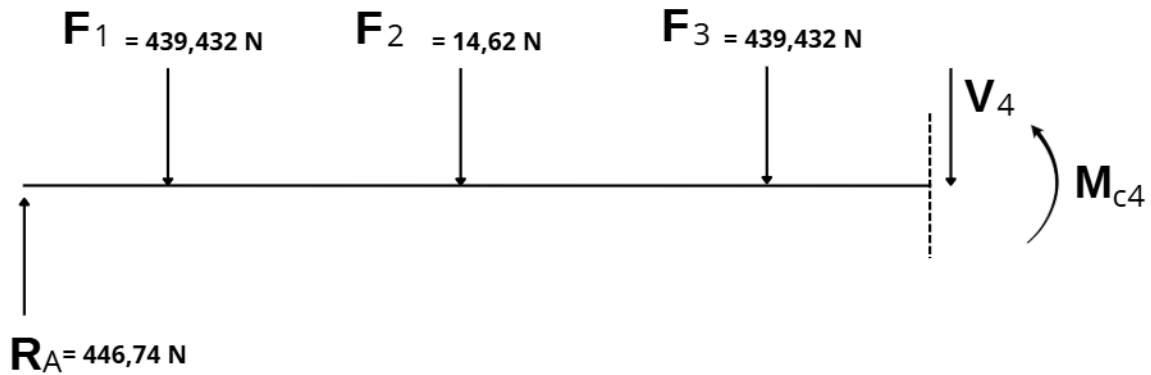
Corte 4

El corte 4 corresponde al siguiente intervalo de distancias:

$$0,154 \leq X \leq 0,1967$$

Figura 56

Corte 4.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 4 del eje portapoleas.

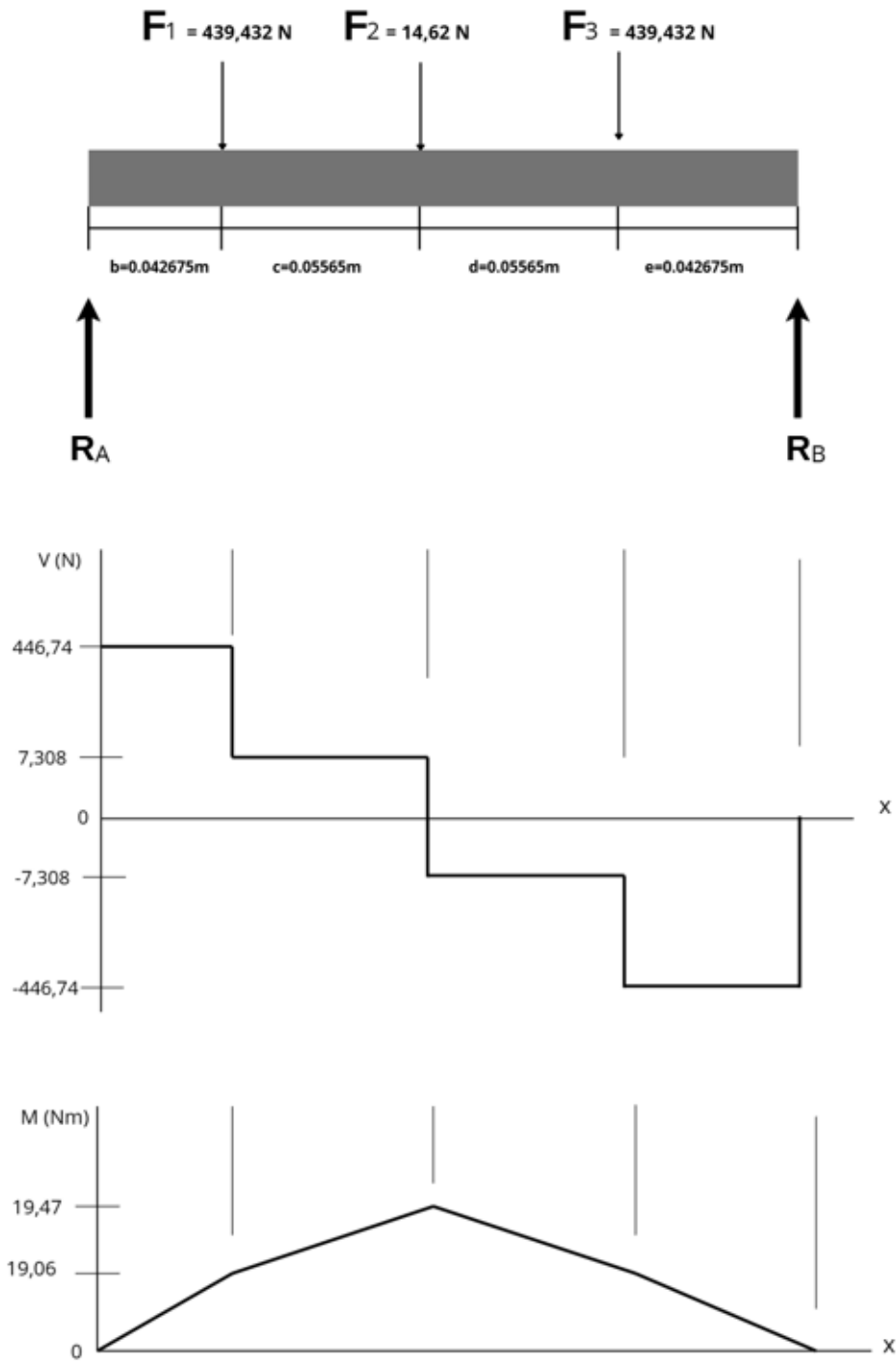
Se usa la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$V_4 = -446,74 \text{ N}$$
$$M_{c4} = -446,74x + 87,8605$$

A continuación, se muestran los diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje portapoleas.

Figura 57

Diagrama de Cortante y Momento Flector.



Nota: Se observa el diagrama de cortante y momento flector del eje portapoleas.

Se muestra que el momento flector máximo es 19,47 Nm, en una posición cercana a donde se aplica la fuerza 2, por ello, se usará el diámetro del eje que se tenga en la posición mencionada, con el objetivo de calcular la distancia del eje neutro hasta la fibra donde se tiene el esfuerzo máximo, aplicando la ecuación 23.

$$c = \frac{0,038}{2}$$

$$c = 0,019m$$

Ahora, se obtendrá el momento de inercia del eje, aplicando la siguiente ecuación:

$$I_{centroide} = \frac{\pi * d^4}{64} \quad (31)$$

Donde:

$I_{centroide}$: Momento de inercia respecto al centroide

d : Diámetro de la sección circular

De este modo, se obtiene por cada diámetro del eje un momento de inercia distinto.

$$I_1 = 1,92 \times 10^{-8} m^4$$

$$I_2 = 3,98 \times 10^{-8} m^4$$

$$I_3 = 1,024 \times 10^{-7} m^4$$

Siendo el momento de inercia total, el siguiente:

$$I_{Total} = 2 * I_1 + 2 * I_2 + I_3$$

$$I_{Total} = 2,204 \times 10^{-7} m^4$$

Ahora que ya se tienen todos los datos necesarios para calcular el esfuerzo, se aplica la ecuación 21, obteniéndose lo siguiente:

$$\sigma_{max} = 1,67 MPa$$

A continuación, se calculará la deformación, empleando la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{\sigma}{E} * L \quad (32)$$

Donde:

δ : Deformación de la sección estudiada

σ : Esfuerzo que soporta la sección estudiada

E : Módulo de Young del material empleado

L : Longitud sobre la que se mide la deformación

De esta manera, se obtiene:

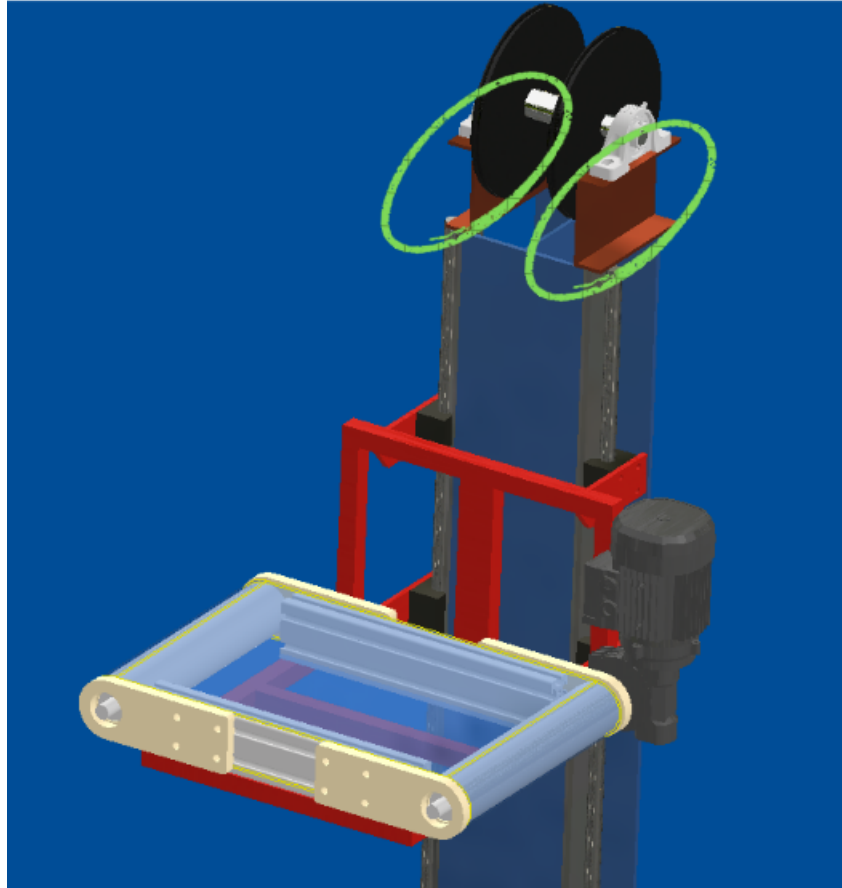
$$\delta = 0,00192mm$$

- Soporte de las Poleas

En la figura 58, se observa la ubicación de los soportes de las poleas.

Figura 58

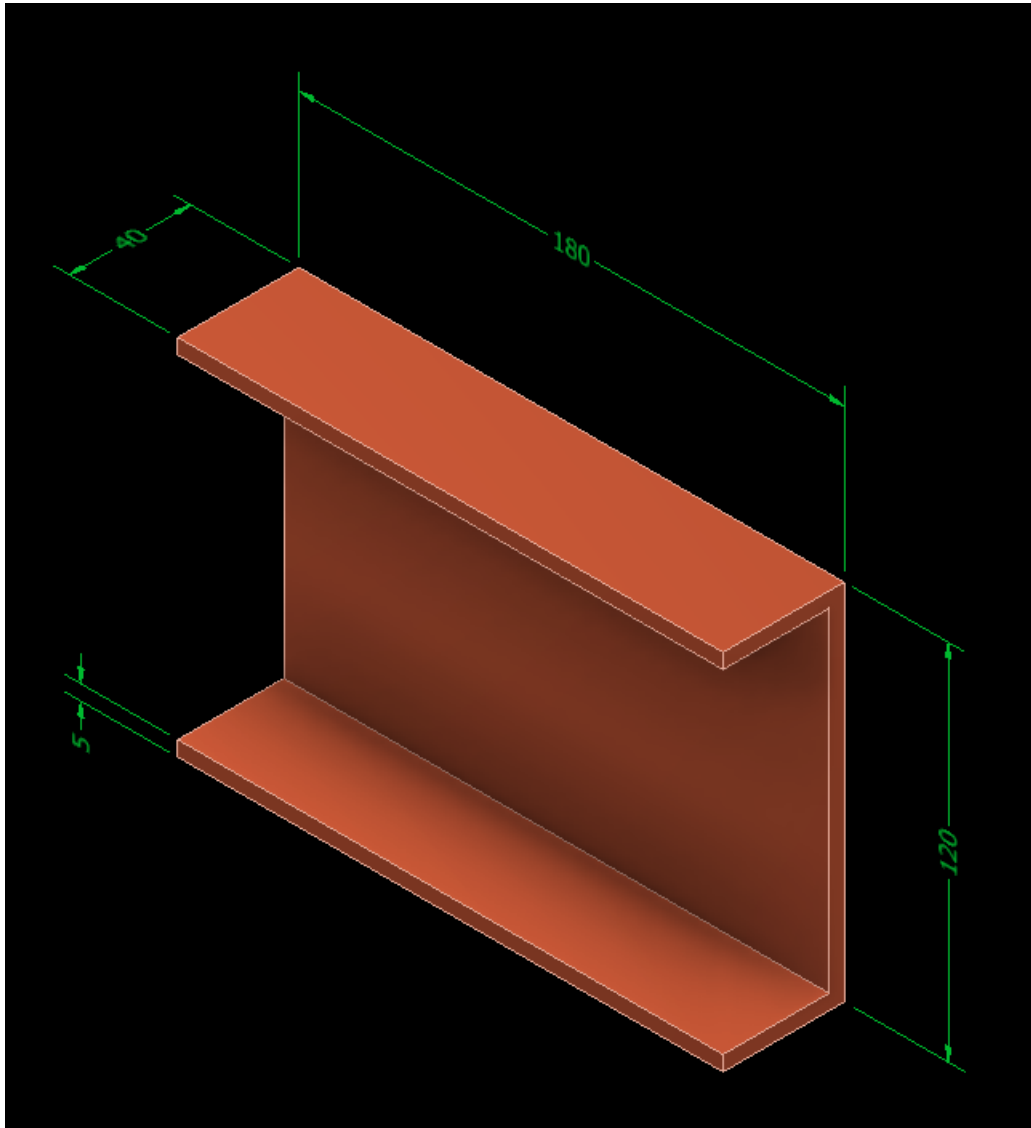
Ubicación de los Soportes de las Poleas.



Nota: Se presenta la ubicación de los soportes de la poleas.

Figura 59

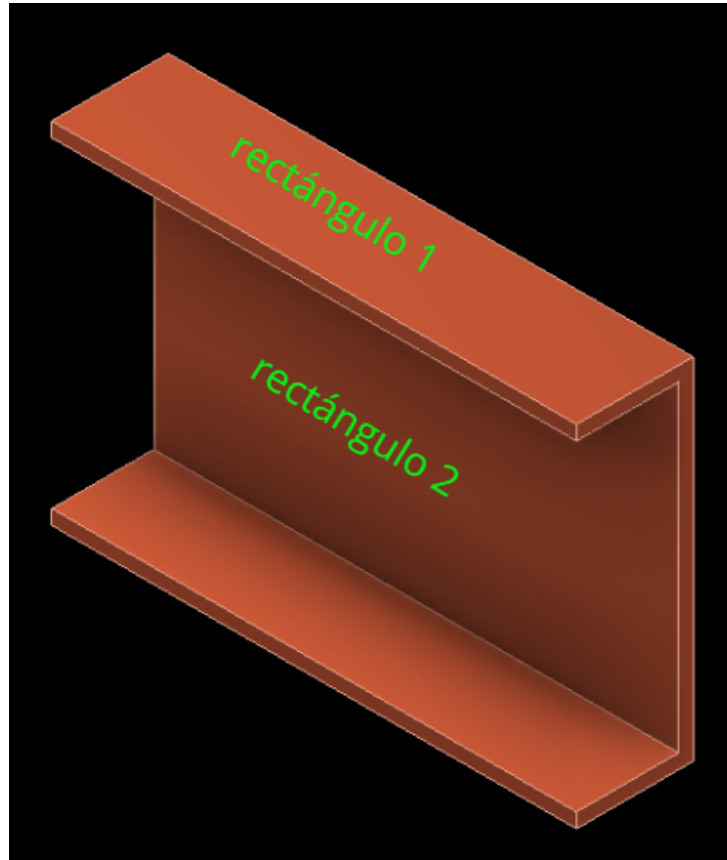
Medidas del Soporte de las Poleas.



Nota: Se presentan las dimensiones del soporte de las poleas.

Figura 60

Soporte de las Poleas.



Nota: Se indican las figuras que forman el soporte de las poleas.

Aplicando la ecuación 4, se calculará las áreas de los rectángulos observados en la figura 60.

$$A_{rec1} = 7,2 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{rec2} = 0,0216 m^2$$

Siendo el área total, la siguiente:

$$A_{\acute{u}til} = 2 * A_{rec1} + A_{rec2}$$
$$A_{\acute{u}til} = 0,036m^2$$

Empleando la ecuación 7, se obtiene el volumen del elemento analizado.

$$V_{soporte_{polea}} = 1,8X10^{-4}m^3$$

Haciendo uso de la ecuación 3, se calcula la masa del soporte de la polea, y sabiendo que el diseño tiene 2 soportes de poleas, se obtiene lo siguiente:

$$m_{soporte_{polea}} = 2,826kg$$

Se procede a calcular el peso de los soportes de las poleas, empleando la ecuacion 10.

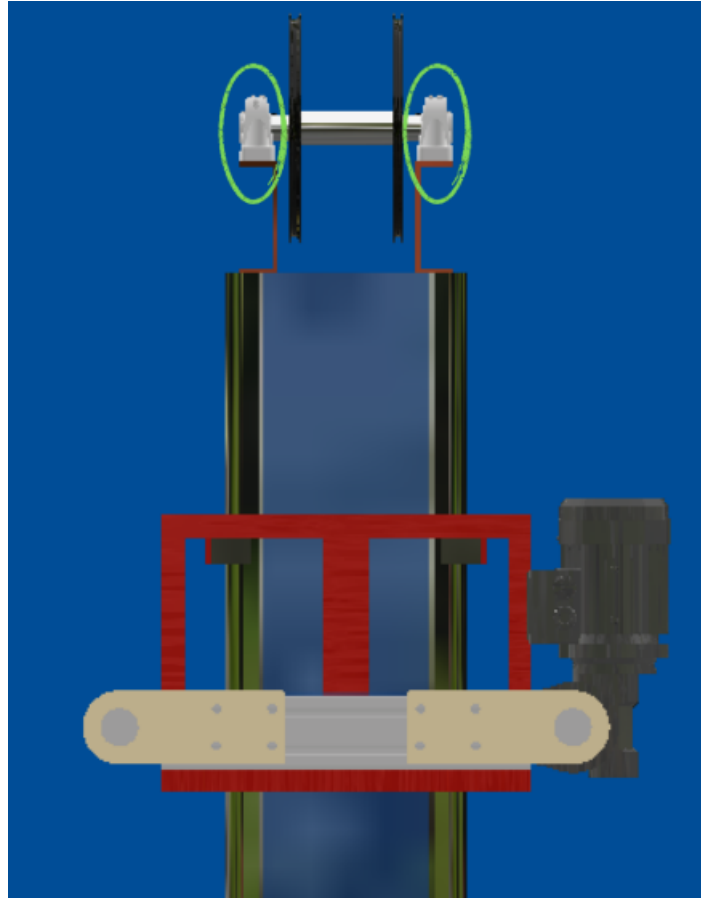
$$w_{soporte_{polea}} = 27,723N$$

■ Chumaceras

En la figura 61, se señala la localización de las chumaceras dentro del dispositivo de almacenamiento.

Figura 61

Ubicación de las Chumaceras.

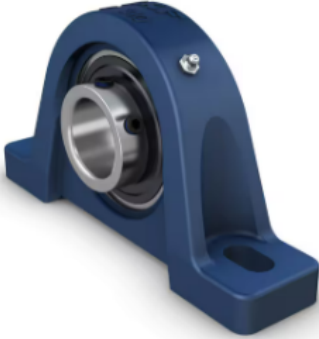


Nota: Se presenta la ubicación de las chumaceras.

Ahora, se obtendrá el peso de las chumaceras normalizadas que se usarán en el diseño.

Figura 62
Chumaceras.





UCP 205

Unidad de rodamientos de bolas con soporte de pie con aro interior prolongado y fijación con tornillos, fundición, normas japonesas

Las unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie están formadas por un rodamiento de inserción montado en un soporte de fundición que puede atornillarse a una superficie de apoyo. Esta versión es fuerte y rígida, y es adecuada para aplicaciones con sentidos de giro constantes y alternados. Tiene un aro interior prolongado en ambos lados, y se fija en el eje ajustando un tornillo de fijación en el aro interior, lo que la hace fácil de montar.

- Fuertes
- diseñados para una rotación constante y alternada
- listos para montar
- rodamiento lubricado y sellado
- fijación rápida en el eje
- rentables

Image may differ from product. See specification for details.

DESCRIPCIÓN GENERAL
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
CAD
MONTAJE
MÁS INFORMACIÓN

Mostrar en: ☒ Metric ☐ Imperial

Dimensiones

Diámetro de los tornillos de fijación	10 mm
Diámetro del eje	25 mm
Altura del centro (soporte de pie)	36.5 mm
Ancho total del soporte	38 mm
Distancia del centro entre los agujeros para tornillos	105 mm
Ancho del rodamiento, total	34 mm

Propiedades

Tipo de soporte	Pillow block, normal base
Cantidad de agujeros para tornillos de fijación	2

Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	14 kN
Capacidad de carga estática básica	7.8 kN
Velocidad límite	5 850 r/min
Nota	Velocidad límite con tolerancia de eje h6

Logística

Peso neto del producto	0.8 kg
Código eClass	23-05-16-02
Código UNSPSC	31171536

Nota: Se presentan las chumaceras aplicadas al diseño del dispositivo de almacenamiento.

Se procede a calcular el peso de las chumaceras de acuerdo con los datos presentados,

conociendo que se usan 2 de las piezas mencionadas en el diseño y empleando la ecuación 3.

$$m_{chumacera} = 1,6kg$$

De este modo, aplicando la ecuación 10, se obtiene el peso de las 2 chumaceras.

$$w_{chumacera} = 15,7N$$

- Ruedas Secundarias

En la figura 63, se indica la ubicación de las ruedas secundarias en el dispositivo diseñado.

Figura 63

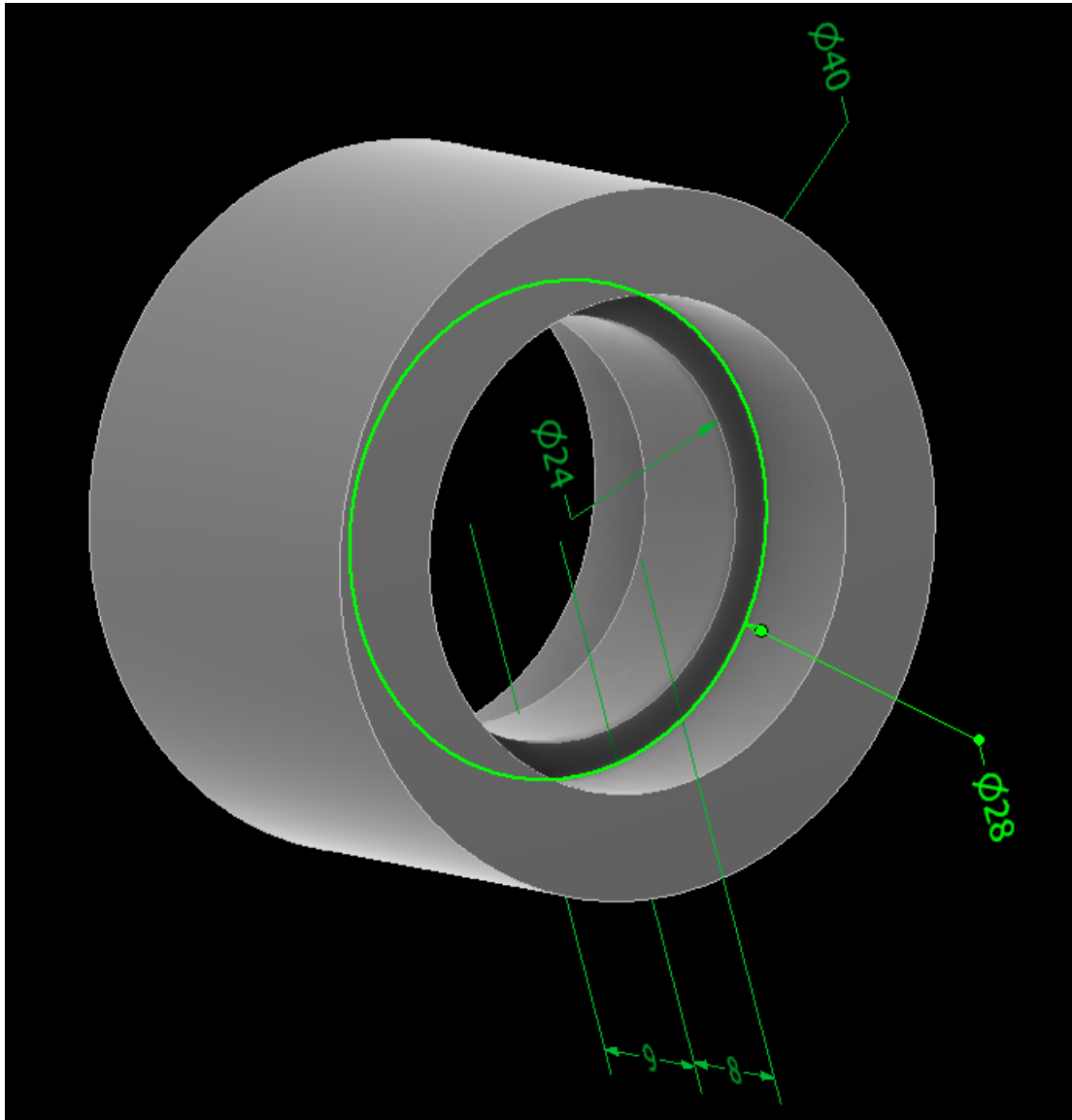
Ubicación de las Ruedas Secundarias.



Nota: Se observa la ubicación de las ruedas secundarias.

Figura 64

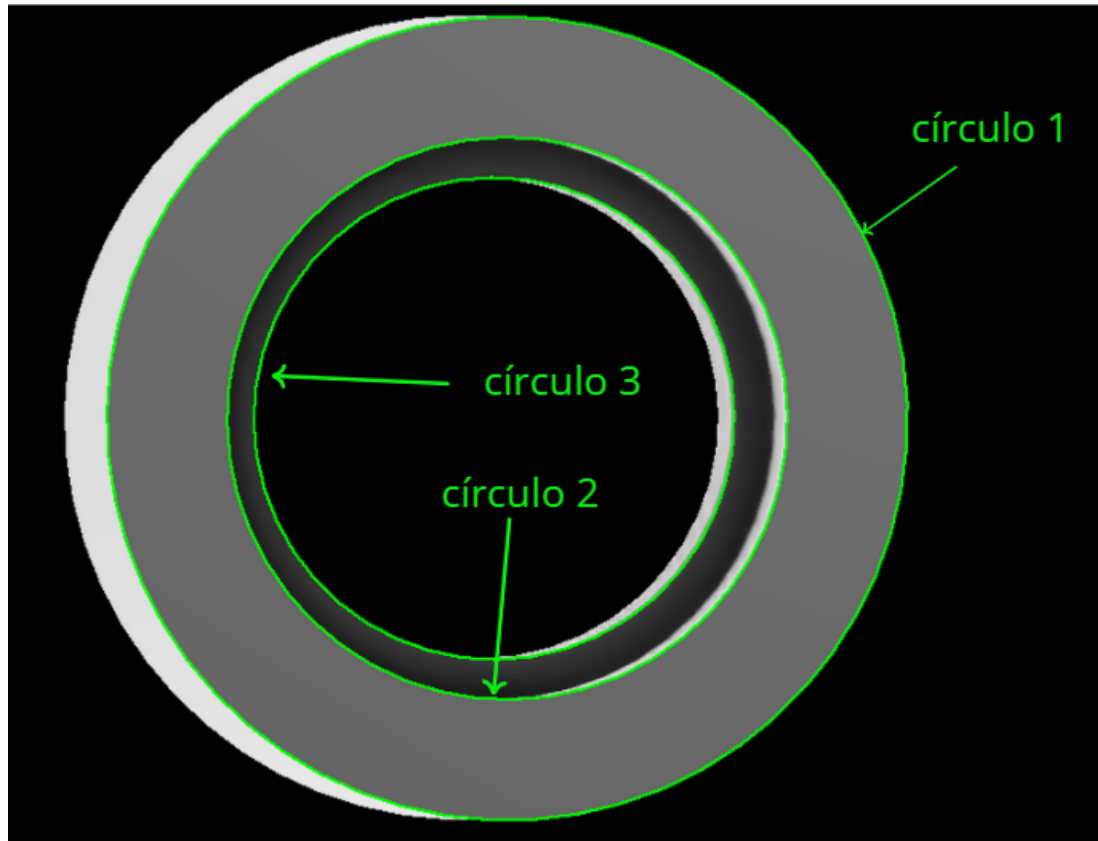
Medidas de las Ruedas Secundarias.



Nota: Se observan las dimensiones de la rueda secundaria usada en el diseño.

Figura 65

Ruedas Secundarias.



Nota: Se observan los círculos que forman la rueda secundaria.

Empleando la ecuación 5, se calcularán las áreas de los círculos observados en la figura 65.

$$A_{cir1} = 1,26 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_{cir2} = 6,1575 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_{cir3} = 4,5239 \times 10^{-4} m^2$$

Ahora, se obtendrán las áreas útiles.

$$\begin{aligned}A_{\acute{u}til1} &= A_{cir1} - A_{cir2} \\A_{\acute{u}til1} &= 6,41 \times 10^{-4} m^2 \\A_{\acute{u}til2} &= A_{cir1} - A_{cir3} \\A_{\acute{u}til2} &= 8,042 \times 10^{-4} m^2\end{aligned}$$

Ahora, se obtendrán los volúmenes de las áreas útiles calculadas, usando la ecuación 7.

$$\begin{aligned}V_{\acute{u}til1} &= 5,128 \times 10^{-6} m^3 \\V_{\acute{u}til2} &= 7,2378 \times 10^{-6} m^3\end{aligned}$$

Siendo el volumen total, el siguiente:

$$\begin{aligned}V_{\acute{u}tilTotal} &= 2 * V_{\acute{u}til1} + V_{\acute{u}til2} \\V_{\acute{u}tilTotal} &= 1,74938 \times 10^{-5} m^3\end{aligned}$$

Usando la ecuación 3, se calcula la masa de la rueda secundaria, y tomando en cuenta que el diseño tiene 2 ruedas secundarias, se obtiene lo siguiente:

$$m_{rueda_{secundaria}} = 0,2746 kg$$

Se procede a calcular el peso de las ruedas inferiores, empleando la ecuación 10.

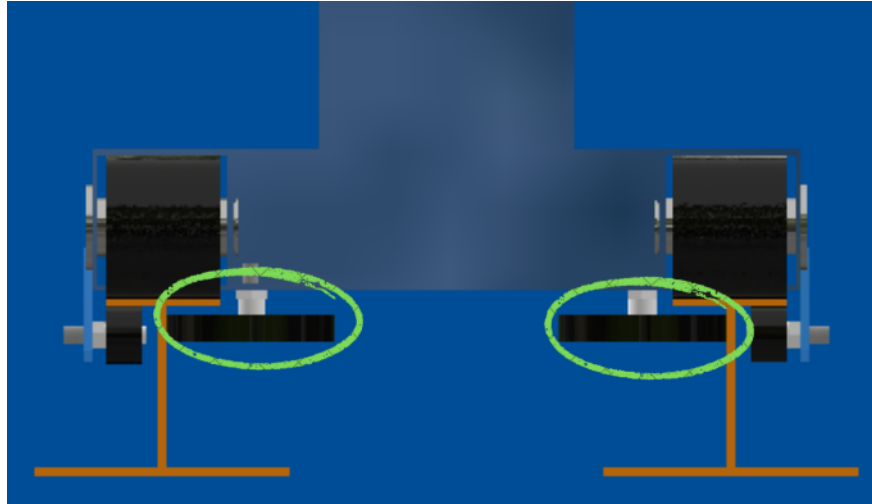
$$w_{rueda_{secundaria}} = 2,7 N$$

■ Ruedas Verticales

En la figura 66, se aprecia la localización de las ruedas verticales en el diseño del dispositivo de almacenamiento.

Figura 66

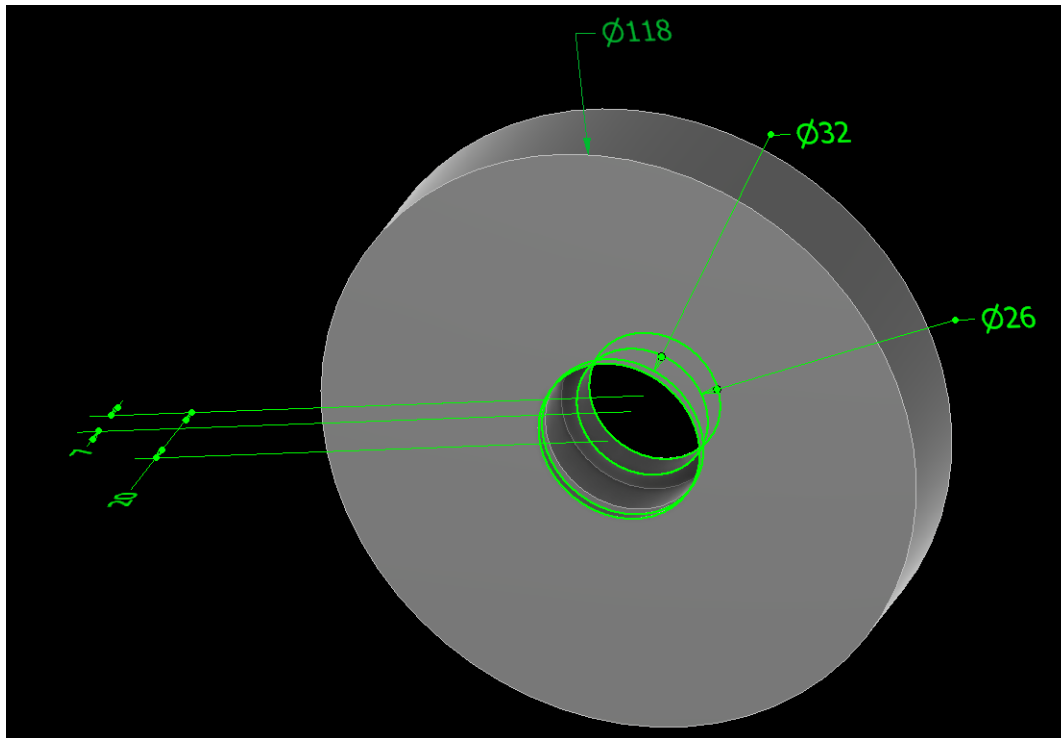
Ubicación de las Ruedas Verticales.



Nota: Se presenta la ubicación de las ruedas verticales.

Figura 67

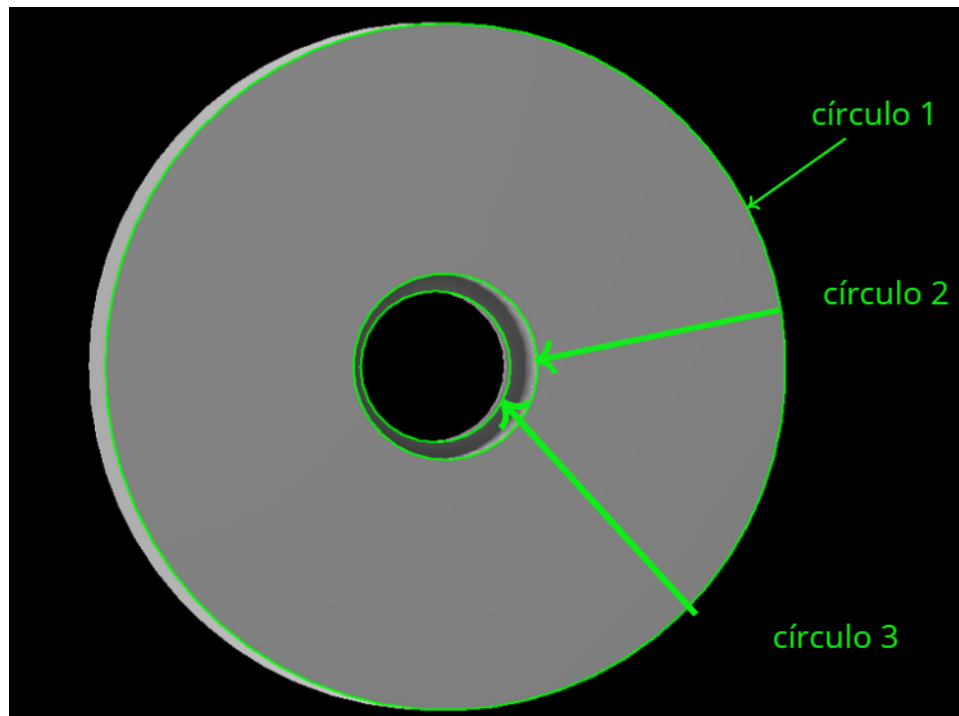
Medidas de las Ruedas Verticales.



Nota: Se observan las dimensiones de la rueda vertical empleada en el diseño.

Figura 68

Rueda Vertical.



Nota: Se aprecian las figuras planas que componen la rueda vertical.

Empleando la ecuación 5, se calcularán las áreas de los círculos observados en la figura 68.

$$A_{cir1} = 0,0109m^2$$

$$A_{cir2} = 8,0425 \times 10^{-4}m^2$$

$$A_{cir3} = 5,31 \times 10^{-4}m^2$$

Ahora, se obtendrán las áreas útiles.

$$\begin{aligned}A_{\acute{u}til1} &= A_{cir1} - A_{cir2} \\A_{\acute{u}til1} &= 0,01013m^2 \\A_{\acute{u}til2} &= A_{cir2} - A_{cir3} \\A_{\acute{u}til2} &= 2,733X10^{-4}m^2\end{aligned}$$

Ahora, se obtendrán los volúmenes de las áreas útiles calculadas, usando la ecuación 7.

$$\begin{aligned}V_{\acute{u}til1} &= 2,026X10^{-4}m^3 \\V_{\acute{u}til2} &= 1,9131X10^{-6}m^3\end{aligned}$$

Siendo el volumen total, el siguiente:

$$\begin{aligned}V_{\acute{u}tilTotal} &= V_{\acute{u}til1} + V_{\acute{u}til2} \\V_{\acute{u}tilTotal} &= 2,045X10^{-4}m^3\end{aligned}$$

Aplicando la ecuación 3, se calcula la masa de la rueda vertical, y tomando en cuenta que el diseño tiene 2 ruedas verticales, se tiene lo siguiente:

$$m_{rueda_{vertical}} = 3,22kg$$

Se procede a calcular el peso de las ruedas verticales, empleando la ecuacion 10.

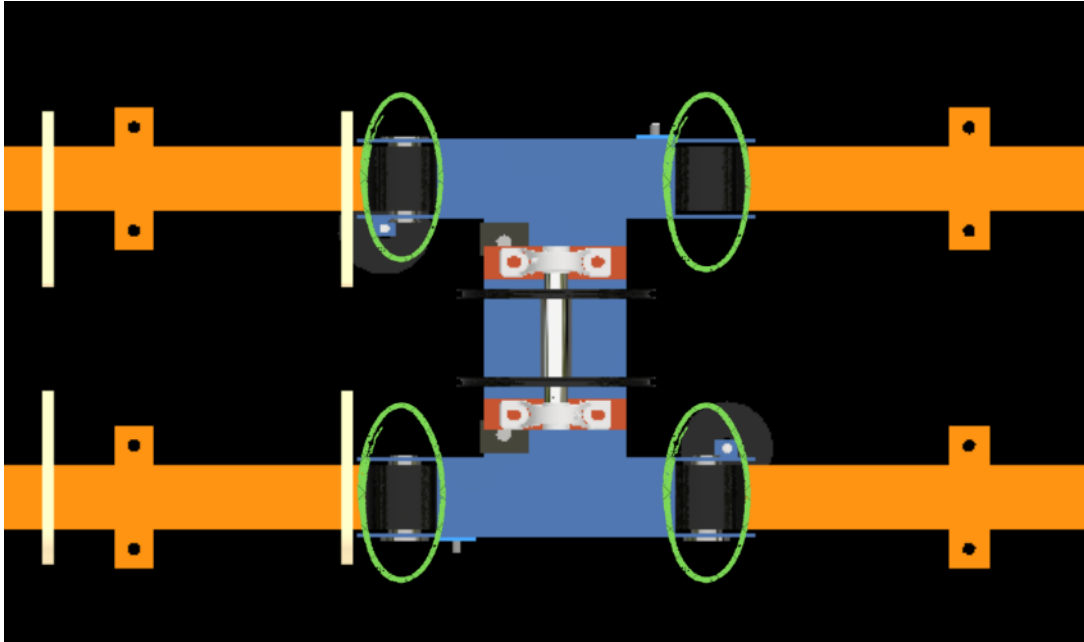
$$w_{rueda_{vertical}} = 31,59N$$

■ Ruedas Principales

En la figura 69, se observa la ubicación de las ruedas principales del diseño.

Figura 69

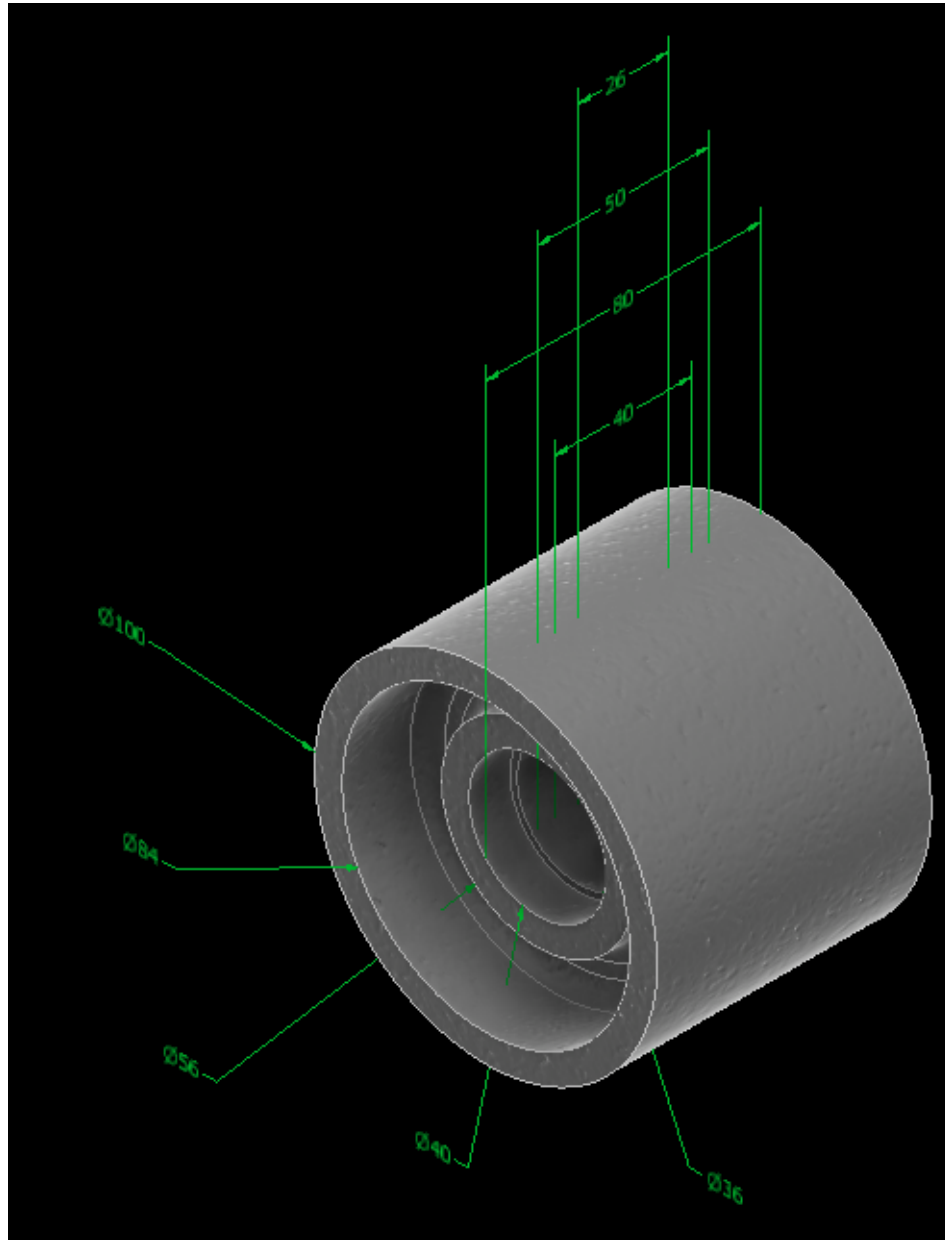
Ubicación de las Ruedas Principales.



Nota: Se muestra la localización de las ruedas principales.

Figura 70

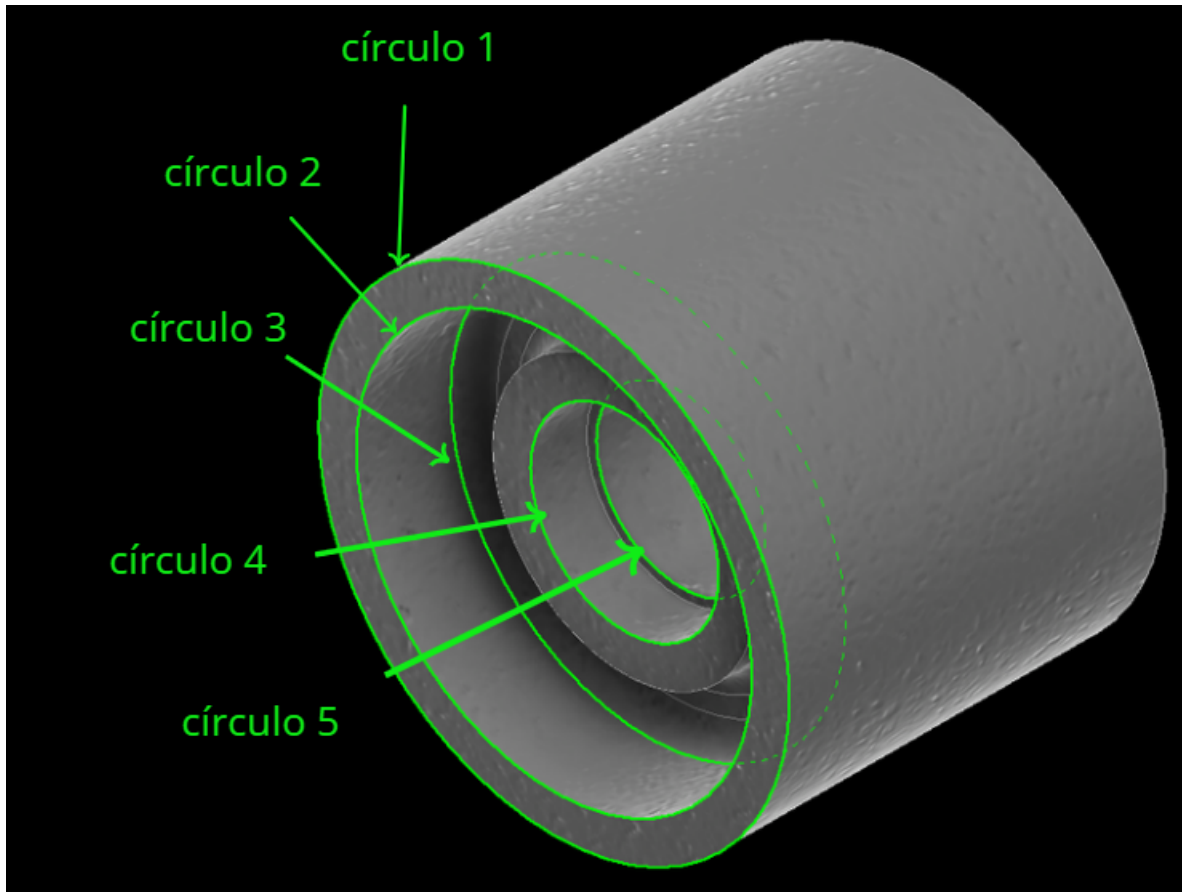
Medidas de la Rueda Principal.



Nota: Se presentan las dimensiones de la rueda principal empleada en el diseño.

Figura 71

Rueda principal.



Nota: Se aprecian las figuras planas de la rueda principal que se colocará sobre las rieles base.

Haciendo uso de la ecuación 5, se calcularán las áreas de los círculos observados en la figura 71.

$$A_{cir1} = 7,854X10^{-3}m^2$$

$$A_{cir2} = 5,542X10^{-3}m^2$$

$$A_{cir3} = 2,463X10^{-3}m^2$$

$$A_{cir4} = 1,26X10^{-3}m^2$$

$$A_{cir5} = 1,02X10^{-3}m^2$$

Ahora, se obtendrán las áreas útiles.

$$A_{útil1} = A_{cir1} - A_{cir2}$$

$$A_{útil1} = 2,312X10^{-3}m^2$$

$$A_{útil2} = A_{cir2} - A_{cir3}$$

$$A_{útil2} = 3,079X10^{-3}m^2$$

$$A_{útil3} = A_{cir3} - A_{cir4}$$

$$A_{útil3} = 1,21X10^{-3}m^2$$

$$A_{útil4} = A_{cir4} - A_{cir5}$$

$$A_{útil4} = 2,39X10^{-4}m^2$$

Ahora, se obtendrán los volúmenes de las áreas útiles calculadas, usando la ecuación 7.

$$V_{útil1} = 1,8496X10^{-4}m^3$$

$$V_{útil2} = 1,2316X10^{-4}m^3$$

$$V_{útil3} = 6,05X10^{-5}m^3$$

$$V_{útil4} = 6,214X10^{-6}m^3$$

De este modo, el volumen total, es el siguiente:

$$V_{\acute{u}til_{Total}} = V_{\acute{u}til1} + V_{\acute{u}til2} + V_{\acute{u}til3} + V_{\acute{u}til4}$$

$$V_{\acute{u}til_{Total}} = 3,74834 \times 10^{-4} m^3$$

Usando la ecuación 3, se calcula la masa de la rueda estudiada, y conociendo que el diseño tiene 4 ruedas, se obtiene lo siguiente:

$$m_{rueda_{principal}} = 11,76 kg$$

Se procede a calcular el peso de las ruedas, empleando la ecuación 10.

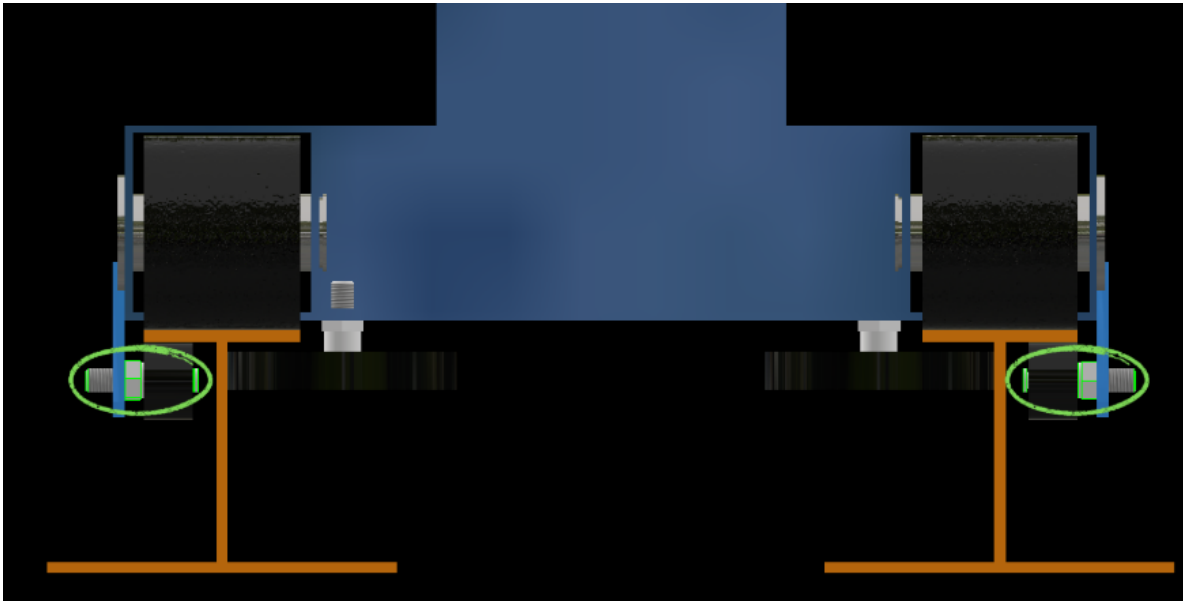
$$w_{rueda_{principal}} = 115,37 N$$

- Eje Portaruedas Secundarias

En la figura 72, se observa la dónde está ubicado el eje portaruedas secundarias.

Figura 72

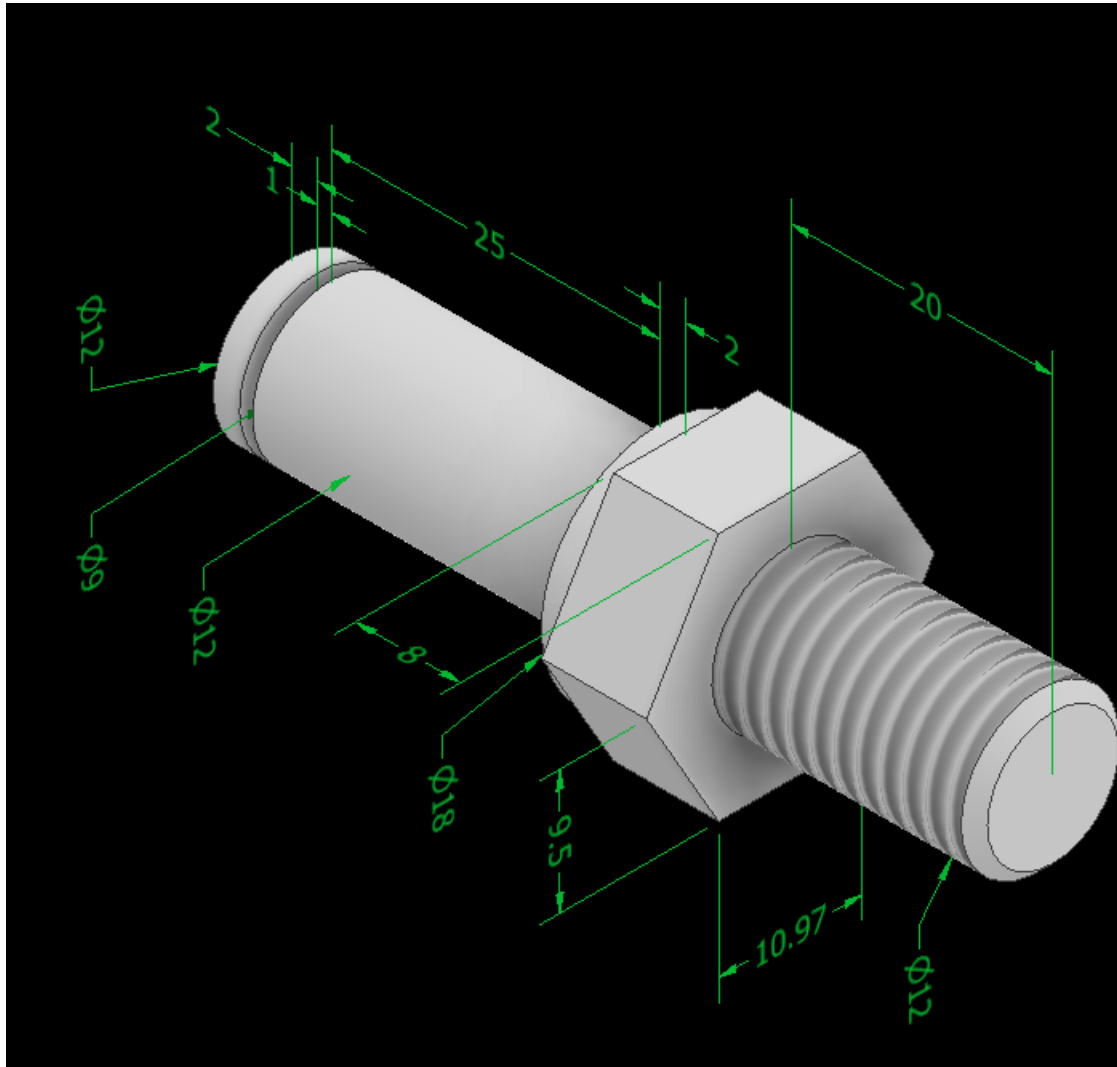
Ubicación del Eje Portaruedas Secundarias.



Nota: Se observa el eje portaruedas secundarias.

Figura 73

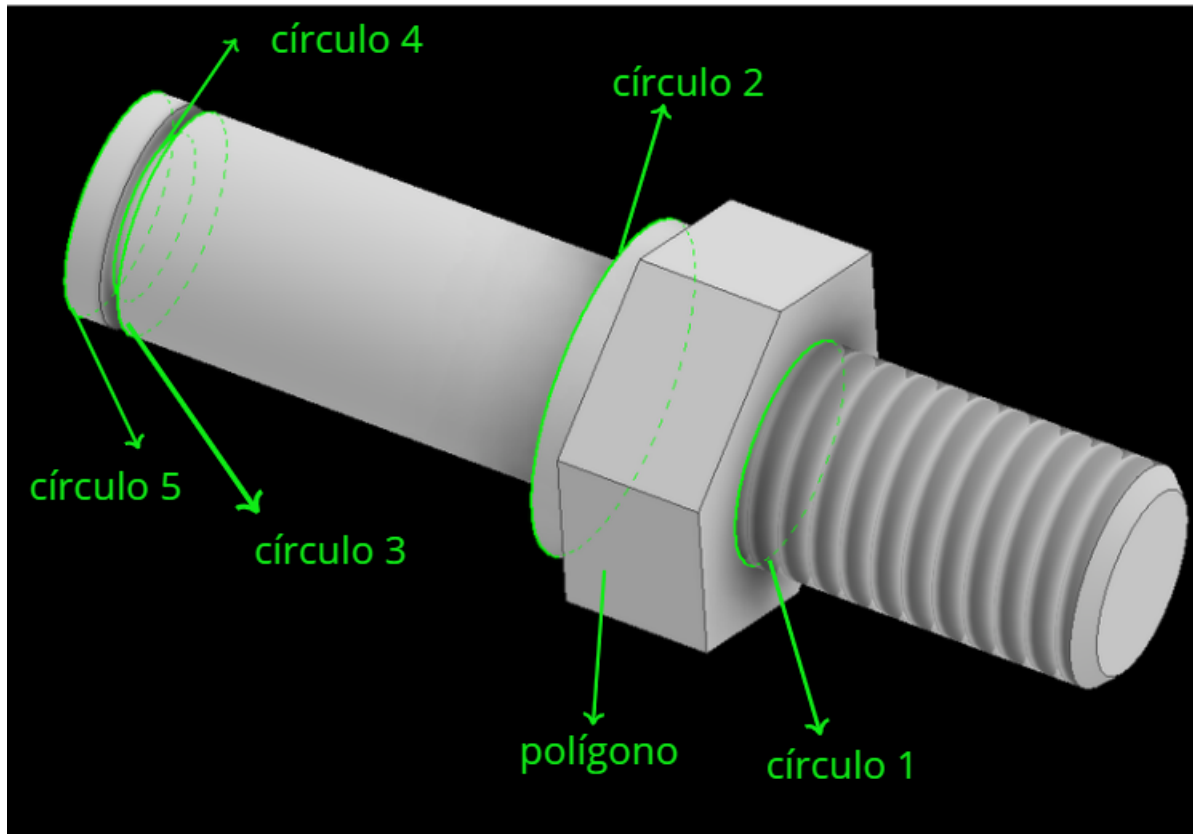
Medidas del Eje Portaruedas Secundarias.



Nota: Se observan las dimensiones del eje portaruedas secundarias.

Figura 74

Eje Portaruedas Secundarias.



Nota: Se señalan las figuras que conforman el eje portaruedas secundarias.

Utilizando la ecuación 5 y 11 , se calcularán las áreas de los círculos y polígono observados en la figura 74.

$$\begin{aligned}
A_{cir1} &= 1,131X10^{-4}m^2 \\
A_{pol} &= 3,12645X10^{-4}m^2 \\
A_{cir2} &= 2,545X10^{-4}m^2 \\
A_{cir3} &= 1,131X10^{-4}m^2 \\
A_{cir4} &= 6,362X10^{-5}m^2 \\
A_{cir5} &= 1,131X10^{-4}m^2
\end{aligned}$$

Ahora, se obtendrán los volúmenes de las áreas calculadas, usando la ecuación 7.

$$\begin{aligned}
V_{cir1} &= 2,262X10^{-6}m^3 \\
V_{pol} &= 2,5012X10^{-6}m^3 \\
V_{cir2} &= 5,09X10^{-7}m^3 \\
V_{cir3} &= 2,8275X10^{-6}m^3 \\
V_{cir4} &= 6,362X10^{-8}m^3 \\
V_{cir5} &= 2,262X10^{-7}m^3
\end{aligned}$$

De este modo, el volumen total, es el siguiente:

$$\begin{aligned}
V_{\acute{u}til} &= V_{cir1} + V_{pol} + V_{cir2} + V_{cir3} + V_{cir4} + V_{cir5} \\
V_{\acute{u}til} &= 8,39X10^{-6}m^3
\end{aligned}$$

Usando la ecuación 3, se calcula la masa del eje portaruedas secundarias, y conociendo que el diseño tiene 2 de estos elementos, se obtiene lo siguiente:

$$m_{portaruedas_{secundarias}} = 0,132kg$$

Se procede a calcular el peso del eje portaruedas inferiores, empleando la ecuación 10.

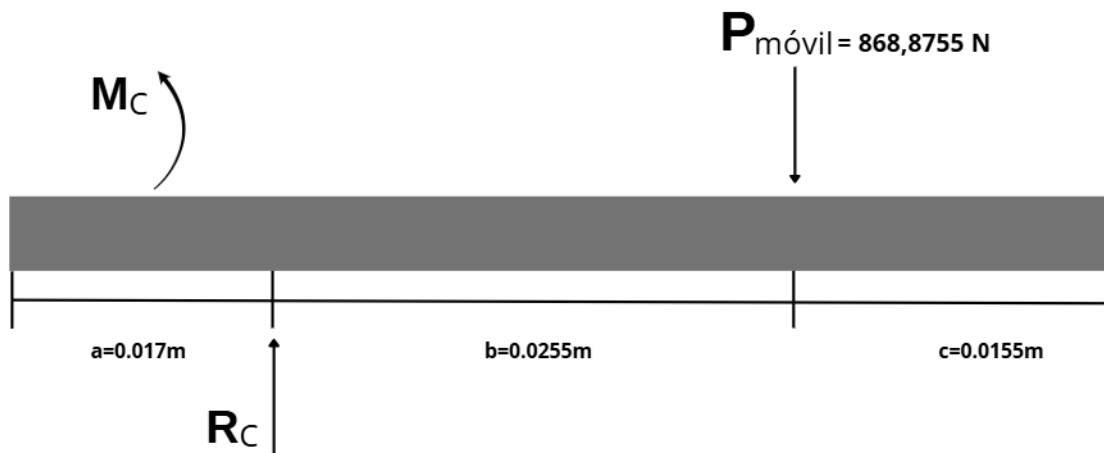
$$w_{portaruedas_{secundarias}} = 1,3N$$

- Cálculo del Esfuerzo y Deformación del Eje Portaruedas Secundarias

Se muestra el diagrama de cuerpo libre, para conocer las fuerzas aplicadas al eje portaruedas secundarias.

Figura 75

DCL del Eje Portaruedas Secundarias.



Nota: Se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje portaruedas secundarias para el cálculo de su esfuerzo y deformación.

Ahora, se calcularán la reacción y el momento R_C y M_C , aplicando las ecuaciones 19 y 20, de este modo, se tiene:

$$M_C = -P_{móvil} * 0,0255$$

$$M_C = -22,16Nm$$

De la misma forma, para hallar R_C , se tiene:

$$R_C - P_{móvil} = 0$$

$$R_C = 868,8755N$$

A continuación, se elabora el diagrama de cortante y momento flector del eje, de acuerdo con las fuerzas y reacciones obtenidas.

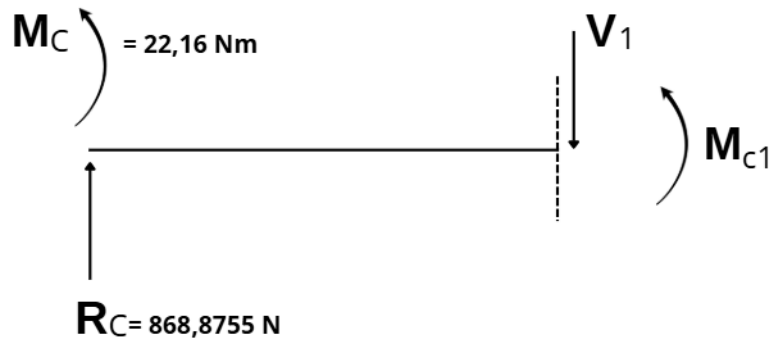
Corte 1

El corte 1 corresponde al siguiente intervalo de distancia:

$$0 \leq X \leq 0,0255$$

Figura 76

Corte 1.



Nota: Se muestra el diagrama de cuerpo libre del corte 1 del eje portaruedas secundarias.

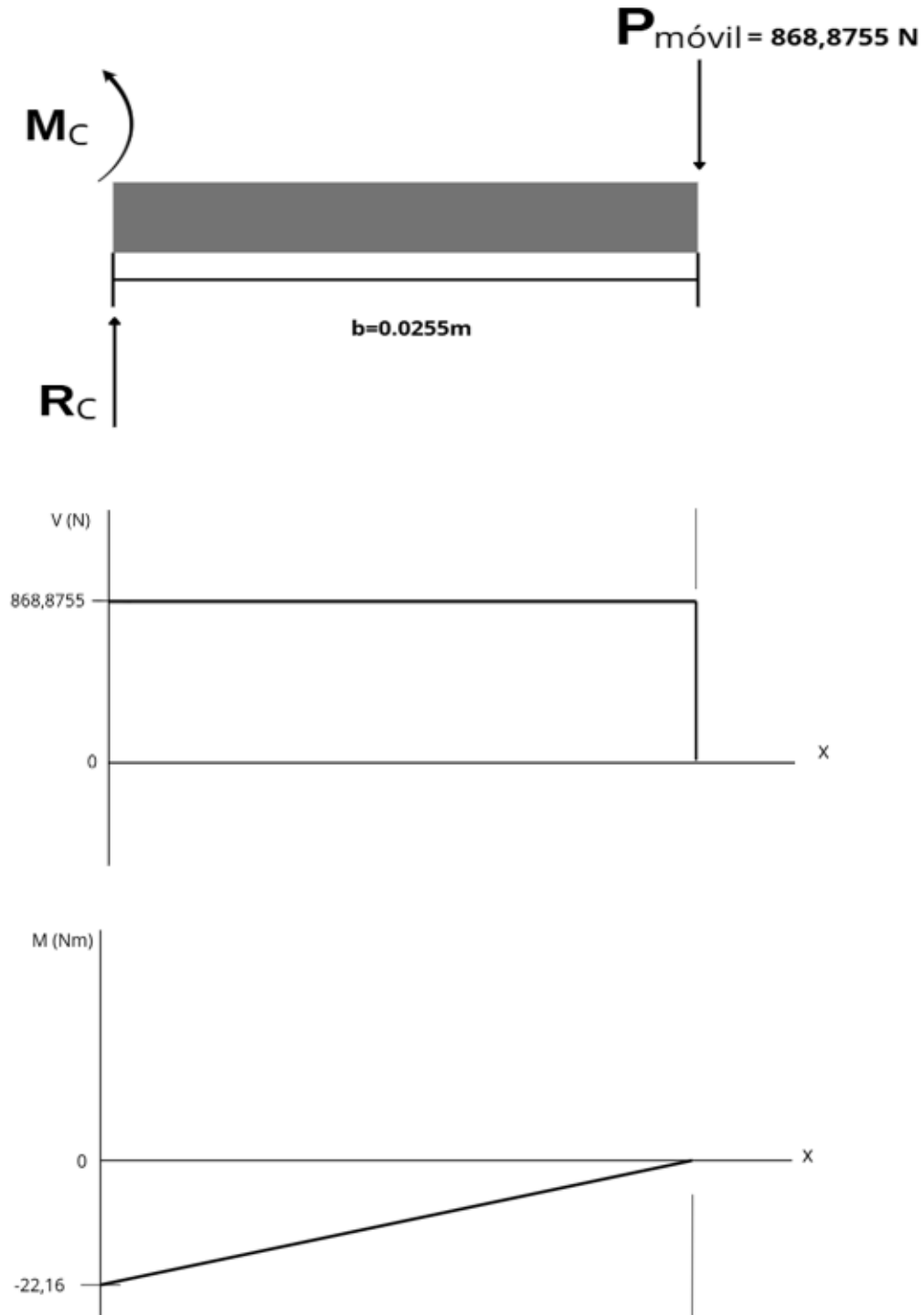
Ahora, se aplica la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, dando como respuesta lo siguiente:

$$V_1 = 868,8755 \text{ N}$$
$$M_{c1} = 868,8755x - 22,16$$

Ahora, se grafican los diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje portaruedas secundarias.

Figura 77

Diagrama de Cortante y Momento Flector.



Nota: Se observa el diagrama de cortante y momento flector del eje analizado.

Se enseña que el momento flector máximo es 22,16 Nm, ubicado en el punto de apoyo del eje, siendo así, se calculará la distancia del eje neutro hasta la fibra donde se halla el esfuerzo máximo, empleando la ecuación 23.

$$c = \frac{0,018}{2}$$

$$c = 0,009m$$

Ahora, se calculará el momento de inercia del eje, aplicando la ecuación 31 y la siguiente expresión:

$$I_{polígono} = \frac{5 * \sqrt{3} * L^4}{16} \quad (33)$$

Donde:

$I_{polígono}$: Momento de inercia de un polígono regular respecto al centroide

L : Medida del lado del polígono

De esta manera, se obtiene por cada diámetro del eje y el polígono que lo conforman, un momento de inercia diferente.

$$I_1 = 1,0179 \times 10^{-9} m^4$$

$$I_2 = 3,22 \times 10^{-10} m^4$$

$$I_3 = 5,153 \times 10^{-9} m^4$$

$$I_p = 7,84 \times 10^{-9} m^4$$

Siendo el momento de inercia total, el siguiente:

$$I_{Total} = 3 * I_1 + I_2 + I_3 + I_p$$

$$I_{Total} = 1,6369 \times 10^{-8} m^4$$

Ahora que ya se tienen todos los datos necesarios para calcular el esfuerzo, se aplica la ecuación 21, obteniéndose lo siguiente:

$$\sigma_{max} = 12,18 MPa$$

Con el esfuerzo máximo calculado, se procede a obtener la deformación, aplicando la

ecuación 32.

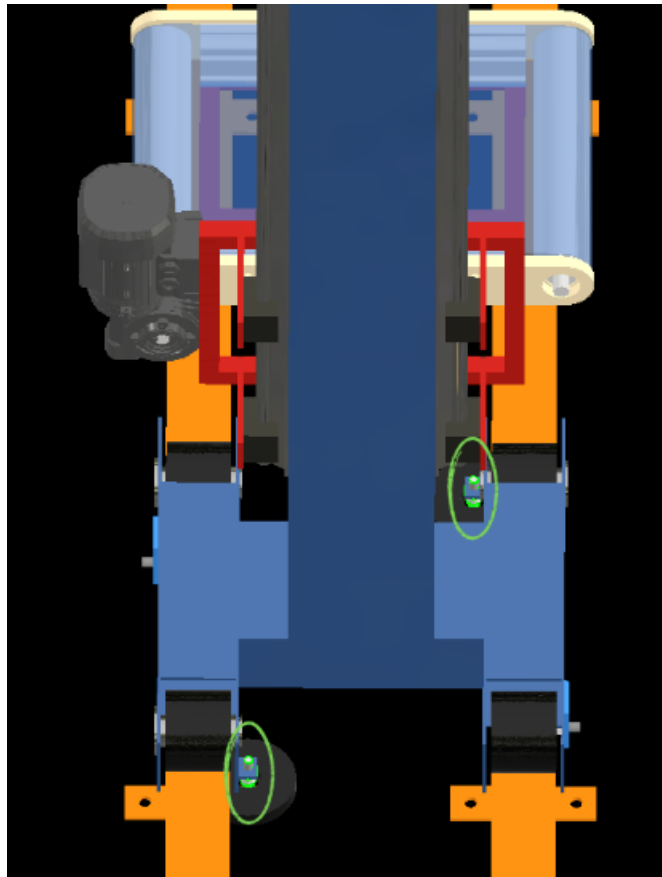
$$\delta = 0,0035322mm$$

- Eje Portaruedas Verticales

En la figura 78, se puede apreciar dónde se hallan los ejes portaruedas verticales.

Figura 78

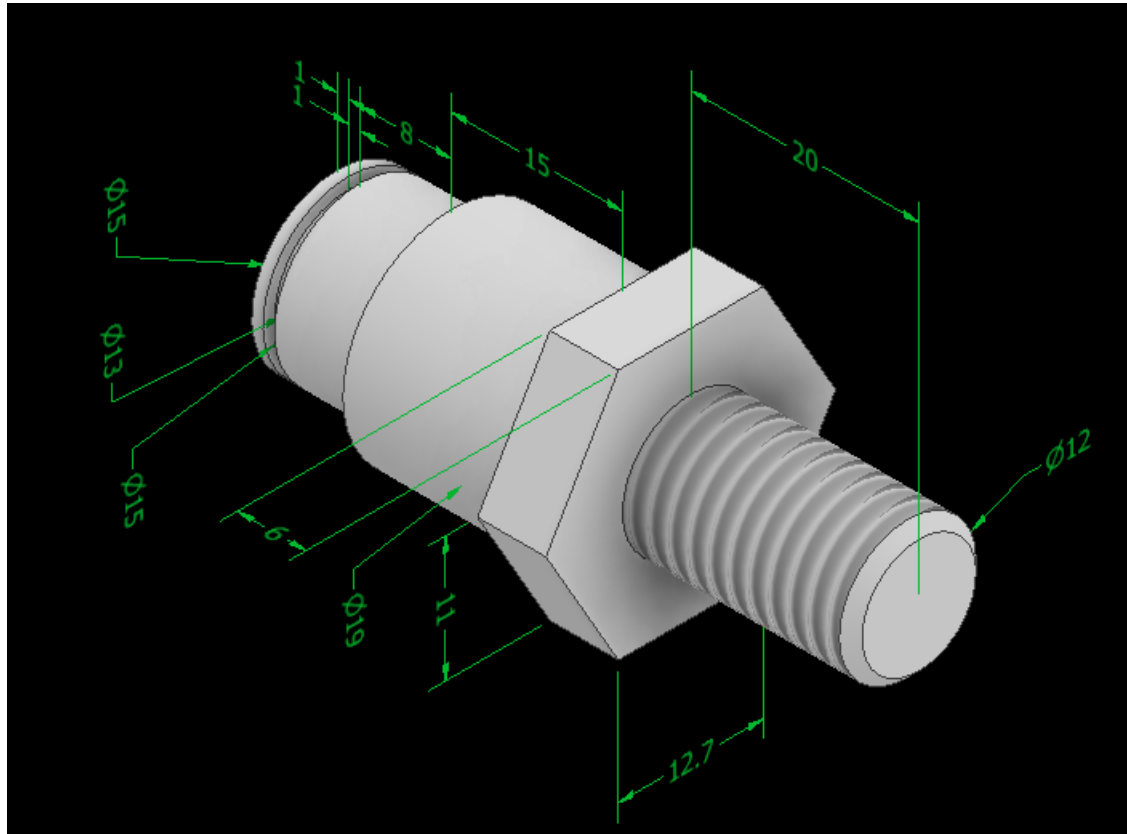
Ubicación del Eje Portaruedas Verticales.



Nota: Se observa la ubicación del eje portaruedas verticales.

Figura 79

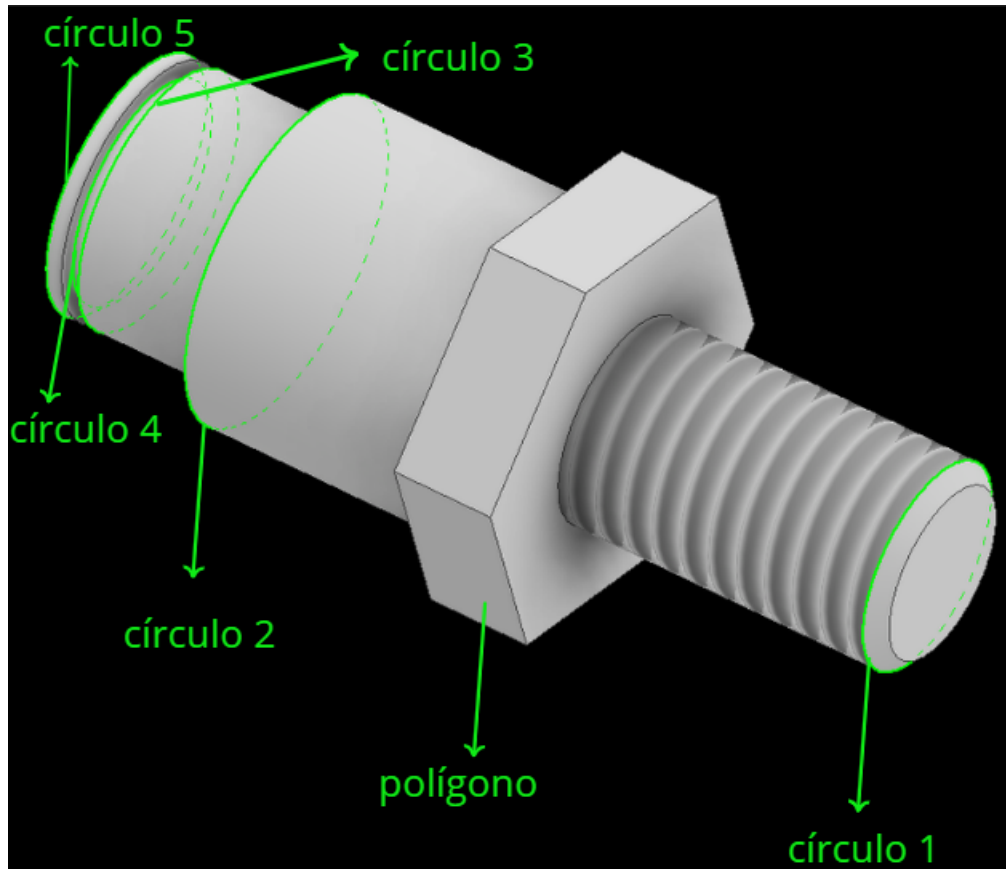
Medidas del Eje Portaruedas Verticales.



Nota: Se evidencian las dimensiones del eje portaruedas verticales.

Figura 80

Eje Portaruedas Verticales.



Nota: Se muestran las figuras planas que forman el eje portaruedas verticales.

Aplicando la ecuación 5 y 11 , se calcularán las áreas de los círculos y polígono que se observan en la figura 80.

$$A_{cir1} = 1,131X10^{-4}m^2$$

$$A_{pol} = 4,191X10^{-4}m^2$$

$$A_{cir2} = 2,84X10^{-4}m^2$$

$$A_{cir3} = 1,767X10^{-4}m^2$$

$$A_{cir4} = 1,33X10^{-4}m^2$$

$$A_{cir5} = 1,767X10^{-4}m^2$$

Ahora, se calcularán los volúmenes de las áreas indicadas, usando la ecuación 7.

$$V_{cir1} = 2,262X10^{-6}m^3$$

$$V_{pol} = 2,5146X10^{-6}m^3$$

$$V_{cir2} = 4,26X10^{-6}m^3$$

$$V_{cir3} = 1,4136X10^{-6}m^3$$

$$V_{cir4} = 1,33X10^{-7}m^3$$

$$V_{cir5} = 1,767X10^{-7}m^3$$

Siendo así, el volumen total, es el siguiente:

$$V_{\acute{u}til} = V_{cir1} + V_{pol} + V_{cir2} + V_{cir3} + V_{cir4} + V_{cir5}$$

$$V_{\acute{u}til} = 1,076X10^{-5}m^3$$

Empleando la ecuación 3, se calcula la masa del eje portaruedas laterales, y teniendo conocimiento que el diseño tiene 2 de los elementos descritos, se obtiene lo siguiente:

$$m_{portaruedas_{verticales}} = 0,169kg$$

Se calcula el peso del eje, empleando la ecuación 10.

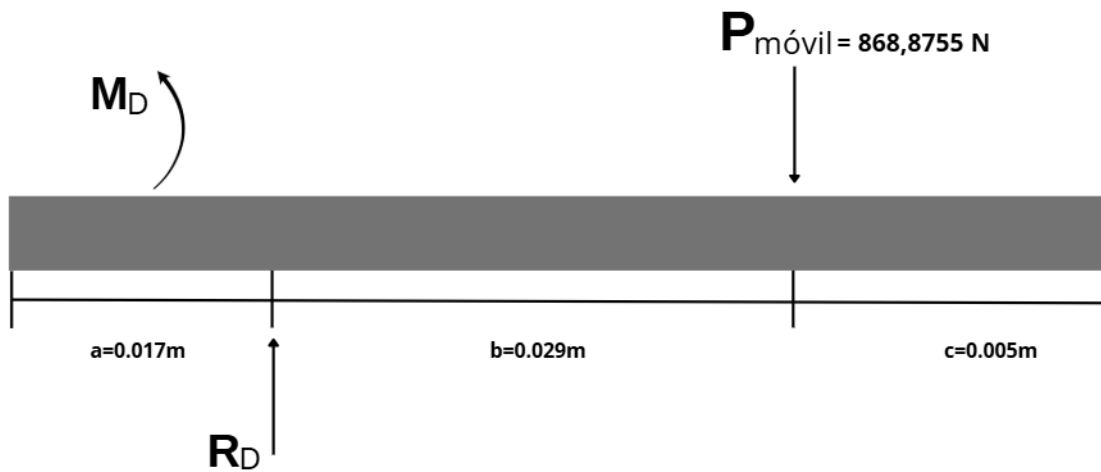
$$w_{portaruedas_{verticales}} = 1,6562N$$

- Cálculo del Esfuerzo y Deformación del Eje Portaruedas Verticales

Se observa el diagrama de cuerpo libre, para conocer las fuerzas que actúan en el eje portaruedas verticales.

Figura 81

DCL del Eje Portaruedas Verticales.



Nota: Se enseña el diagrama de cuerpo libre del eje portaruedas verticales para el cálculo del esfuerzo y deformación del mismo.

Se procede a calcular la reacción y el momento R_D y M_D , aplicando las ecuaciones 19 y 20, así, se tiene:

$$M_D = -P_{movil} * 0,029$$

$$M_D = -25,14 Nm$$

De igual manera, para obtener R_D , se tiene:

$$R_D - P_{movil} = 0$$

$$R_D = 868,8755 N$$

Así, se elabora el diagrama de cortante y momento flector del eje portaruedas verticales, según las fuerzas y reacciones obtenidas.

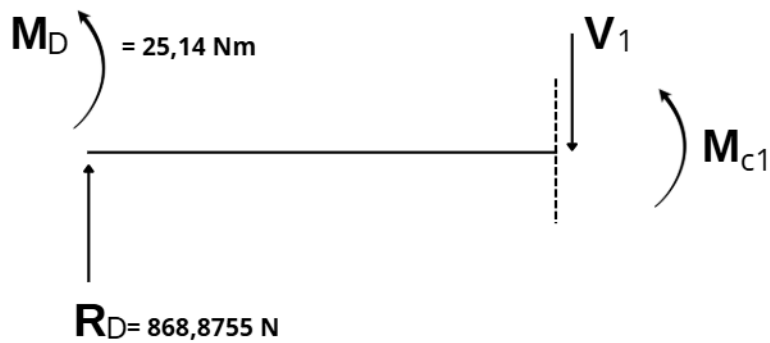
Corte 1

El corte 1 corresponde al siguiente intervalo de distancia:

$$0 \leq X \leq 0,029$$

Figura 82

Corte 1.



Nota: Se enseña el diagrama de cuerpo libre del corte 1 del eje portaruedas verticales.

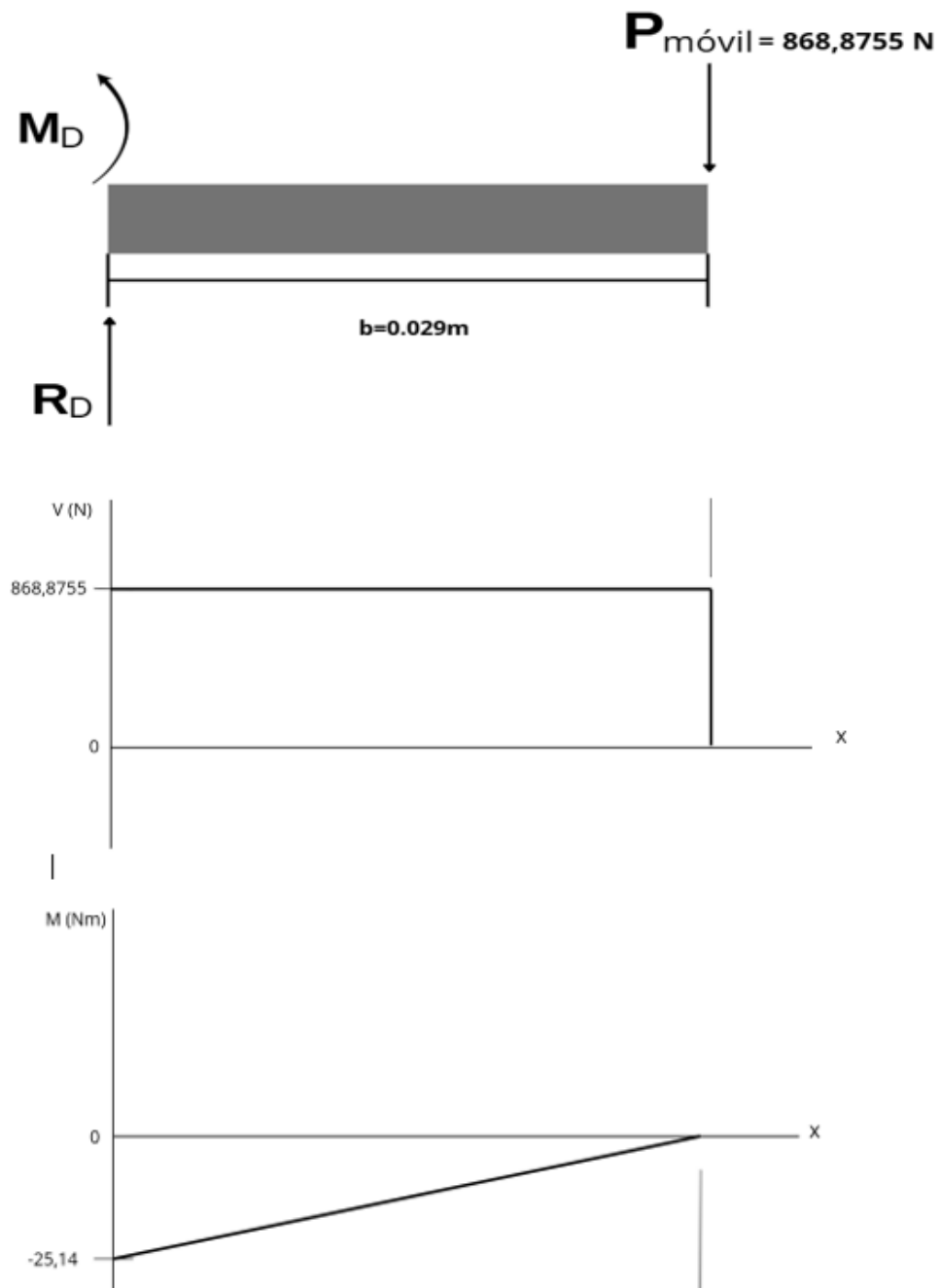
A continuación, se emplea la ecuación 19 para encontrar el momento y la ecuación 20 para obtener la fuerza cortante, dando como resultado lo siguiente:

$$V_1 = 868,8755 \text{ N}$$
$$M_{c1} = 868,8755x - 25,14$$

Ahora, se grafican los diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje portaruedas verticales.

Figura 83

Diagrama de Cortante y Momento Flector.



Nota: Se observa el diagrama de cortante y momento flector del eje portaruedas verticales.

Se enseña que el momento flector máximo es 25,14 Nm, posicionado en el punto de apoyo del eje, de esta forma, se obtendrá la distancia del eje neutro hasta la fibra donde está el esfuerzo máximo, usando la ecuación 23.

$$c = \frac{0,019}{2}$$

$$c = 0,0095m$$

De este modo, se calculará el momento de inercia del eje, empleando las ecuaciones 31 y 33, obteniéndose por cada diámetro y polígono del eje, un determinado valor.

$$I_1 = 2,485 \times 10^{-9} m^4$$

$$I_2 = 1,402 \times 10^{-9} m^4$$

$$I_3 = 6,397 \times 10^{-9} m^4$$

$$I_p = 1,41 \times 10^{-8} m^4$$

$$I_5 = 1,018 \times 10^{-9} m^4$$

De esta manera, el momento de inercia total del eje, es el siguiente:

$$I_{Total} = 2 * I_1 + I_2 + I_3 + I_p + I_5$$

$$I_{Total} = 2,7887 \times 10^{-8} m^4$$

Luego de haber obtenido los datos necesarios para calcular el esfuerzo, se usa la ecuación 21, dando como resultado, lo siguiente:

$$\sigma_{max} = 8,56 MPa$$

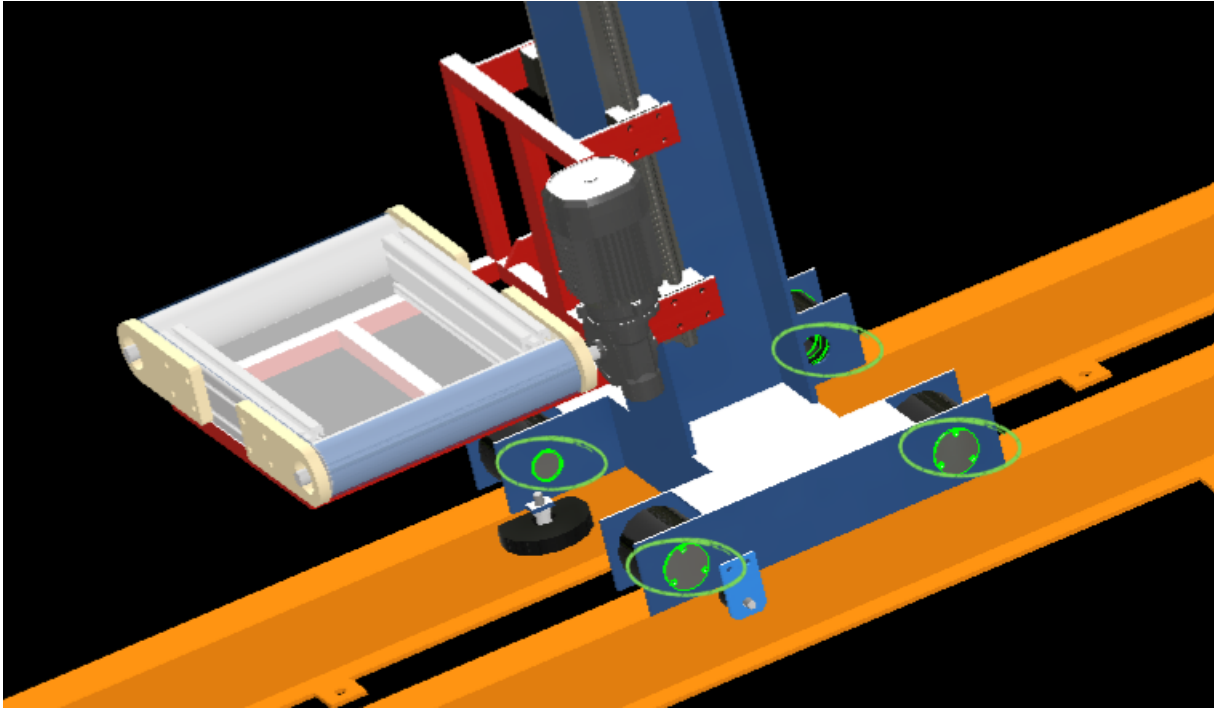
Después de conocer el esfuerzo máximo, se calcula la deformación, aplicando la ecuación 32.

$$\delta = 0,0021828 mm$$

- Eje Portaruedas Principales

Figura 84

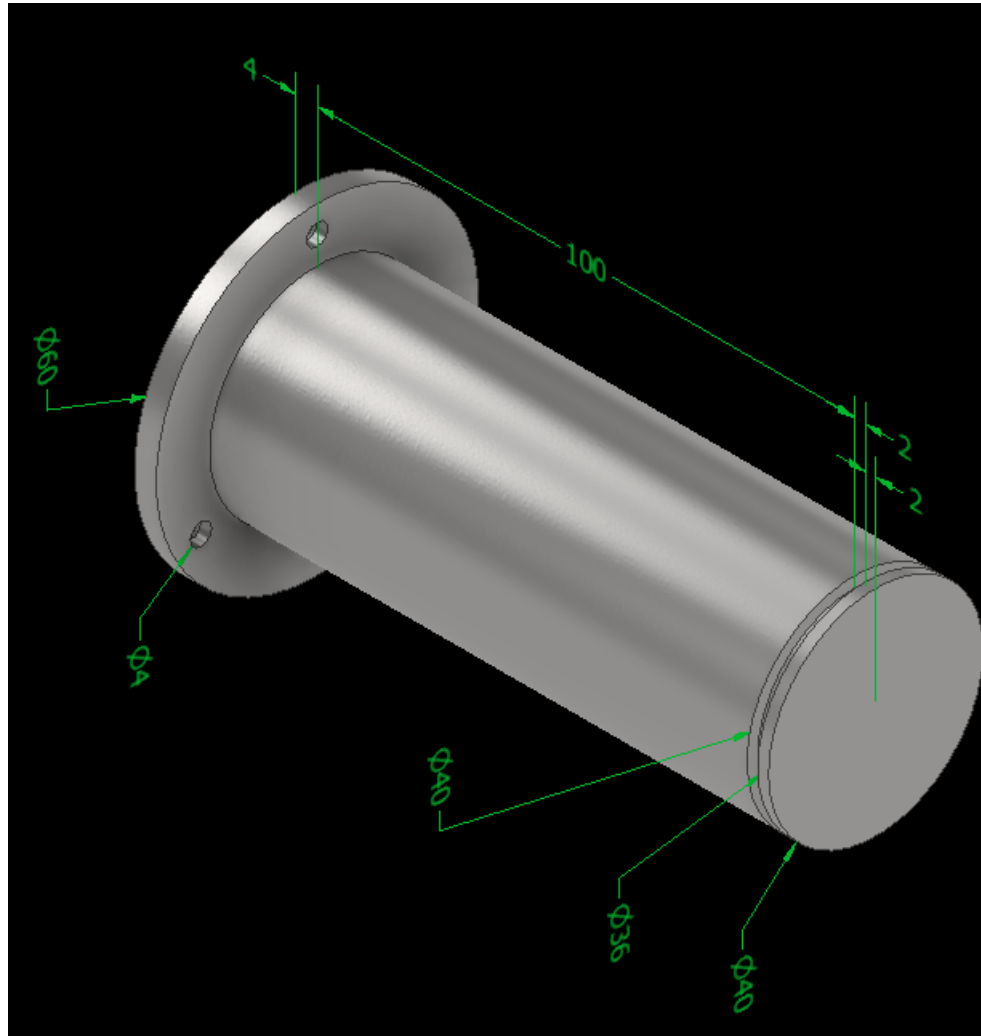
Ubicación del Eje Portaruedas Principales.



Nota: Se muestra la localización del eje portaruedas principales.

Figura 85

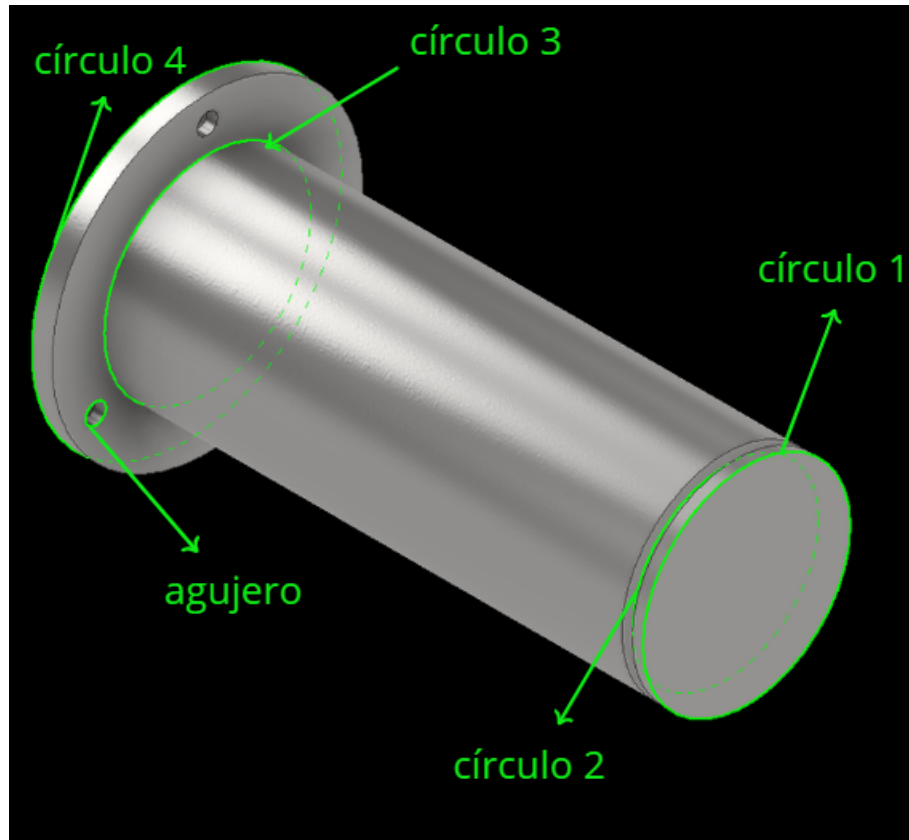
Medidas del Eje Portaruedas Principales.



Nota: Se aprecian las dimensiones del eje portaruedas principales.

Figura 86

Eje Portaruedas Principales.



Nota: Se indican las figuras planas que componen el eje portaruedas principales.

Empleando la expresión 5, se obtendrán las áreas de los círculos que se muestran en la figura 86.

$$\begin{aligned}
A_{cir1} &= 1,26X10^{-3}m^2 \\
A_{cir2} &= 1,018X10^{-3}m^2 \\
A_{cir3} &= 1,26X10^{-3}m^2 \\
A_{cir4} &= 2,83X10^{-3}m^2 \\
A_{agujero} &= 1,26X10^{-5}m^2 \\
A_{cir4Total} &= A_{cir4} - 3 * A_{agujero} \\
A_{cir4Total} &= 2,7922X10^{-3}m^2
\end{aligned}$$

Se procede a obtener los volúmenes de las áreas indicadas, usando la ecuación 7.

$$\begin{aligned}
V_{cir1} &= 2,52X10^{-6}m^3 \\
V_{cir2} &= 2,036X10^{-6}m^3 \\
V_{cir3} &= 1,26X10^{-4}m^3 \\
V_{cir4Total} &= 1,12X10^{-5}m^3
\end{aligned}$$

Siendo así, el volumen total, es el siguiente:

$$\begin{aligned}
V_{útil} &= V_{cir1} + V_{cir2} + V_{cir3} + V_{cir4Total} \\
V_{útil} &= 1,41756X10^{-4}m^3
\end{aligned}$$

Usando la ecuación 3, se obtiene la masa del eje portaruedas principales, y conociendo que el diseño tiene 4 de los elementos descritos, se obtiene lo siguiente:

$$m_{portaruedas_principales} = 4,452kg$$

Ahora, se halla el peso del eje portaruedas, empleando la ecuación 10.

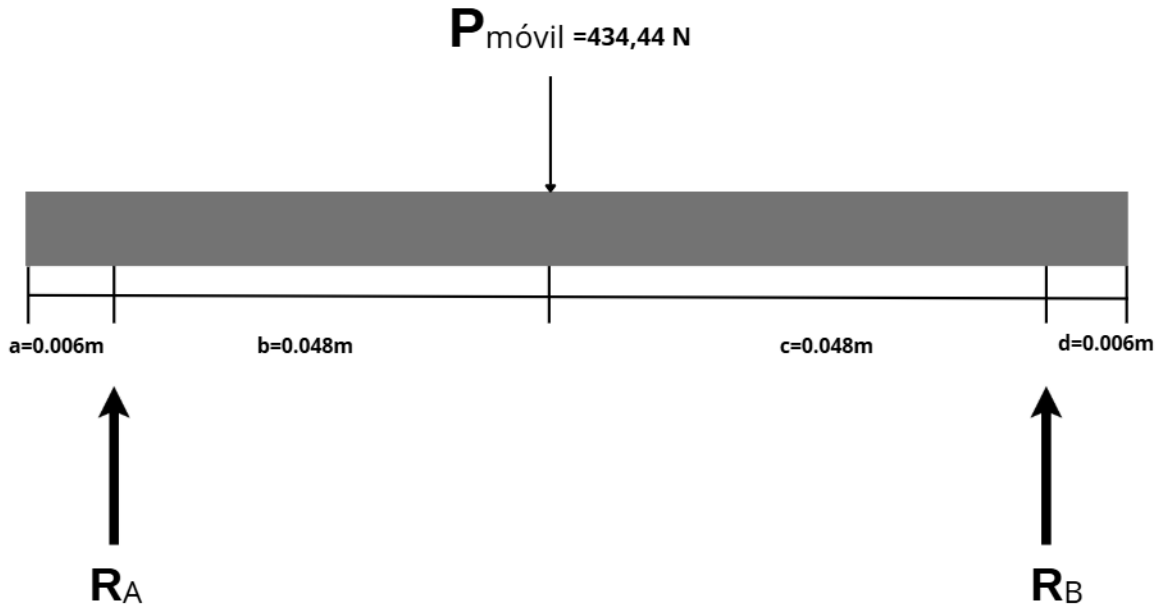
$$w_{portaruedas_principales} = 43,67N$$

- Cálculo del Esfuerzo y Deformación del Eje Portaruedas Principales

Se observa el diagrama de cuerpo libre del eje portaruedas principales, para representar las fuerzas que se aplican al mismo.

Figura 87

DCL del Eje Portaruedas Principales.



Nota: Se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje portaruedas principales para el cálculo de su esfuerzo y deformación.

A continuación, se obtendrán las reacciones R_A y R_B , empleando las expresiones 19 y 20, de esta manera, se tiene:

$$-(P_{\text{móvil}} * b) + (R_B * (b + c)) = 0$$

$$R_B = 217,22\text{N}$$

Del mismo modo, se obtiene R_A :

$$R_A + R_B - P_{\text{móvil}} = 0$$

$$R_A = 217,22\text{N}$$

Se continúa con la elaboración del diagrama de cortante y momento flector del eje, de acuerdo con las fuerzas y reacciones calculadas.

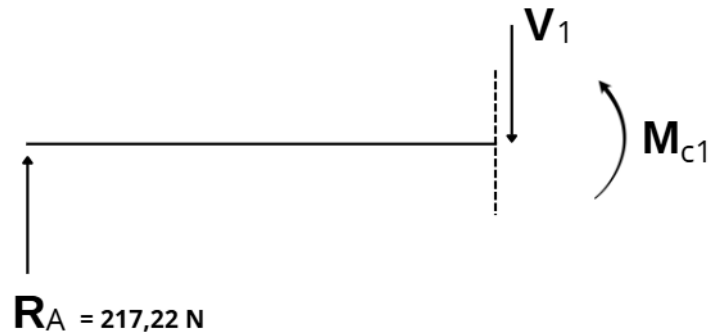
Corte 1

El corte 1 corresponde al siguiente intervalo de distancia:

$$0 \leq X \leq 0,048$$

Figura 88

Corte 1.



Nota: Se puede ver el diagrama de cuerpo libre del corte 1 del eje portaruedas principales.

Así, se aplica la ecuación 19 para encontrar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, consiguiendo como resultado, lo siguiente:

$$V_1 = 217,22N$$

$$M_{c1} = 217,22x$$

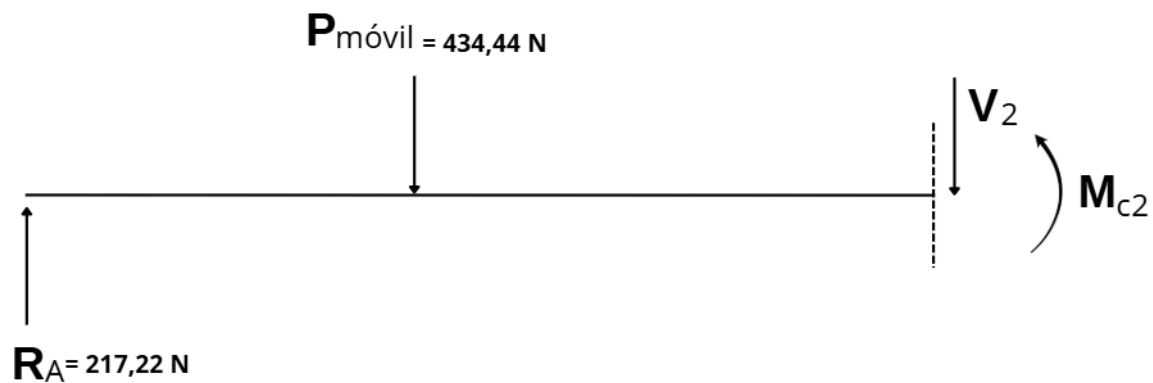
Corte 2

El corte 2 corresponde al siguiente intervalo de distancia:

$$0,048 \leq X \leq 0,096$$

Figura 89

Corte 2.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 2 del eje portaruedas principales.

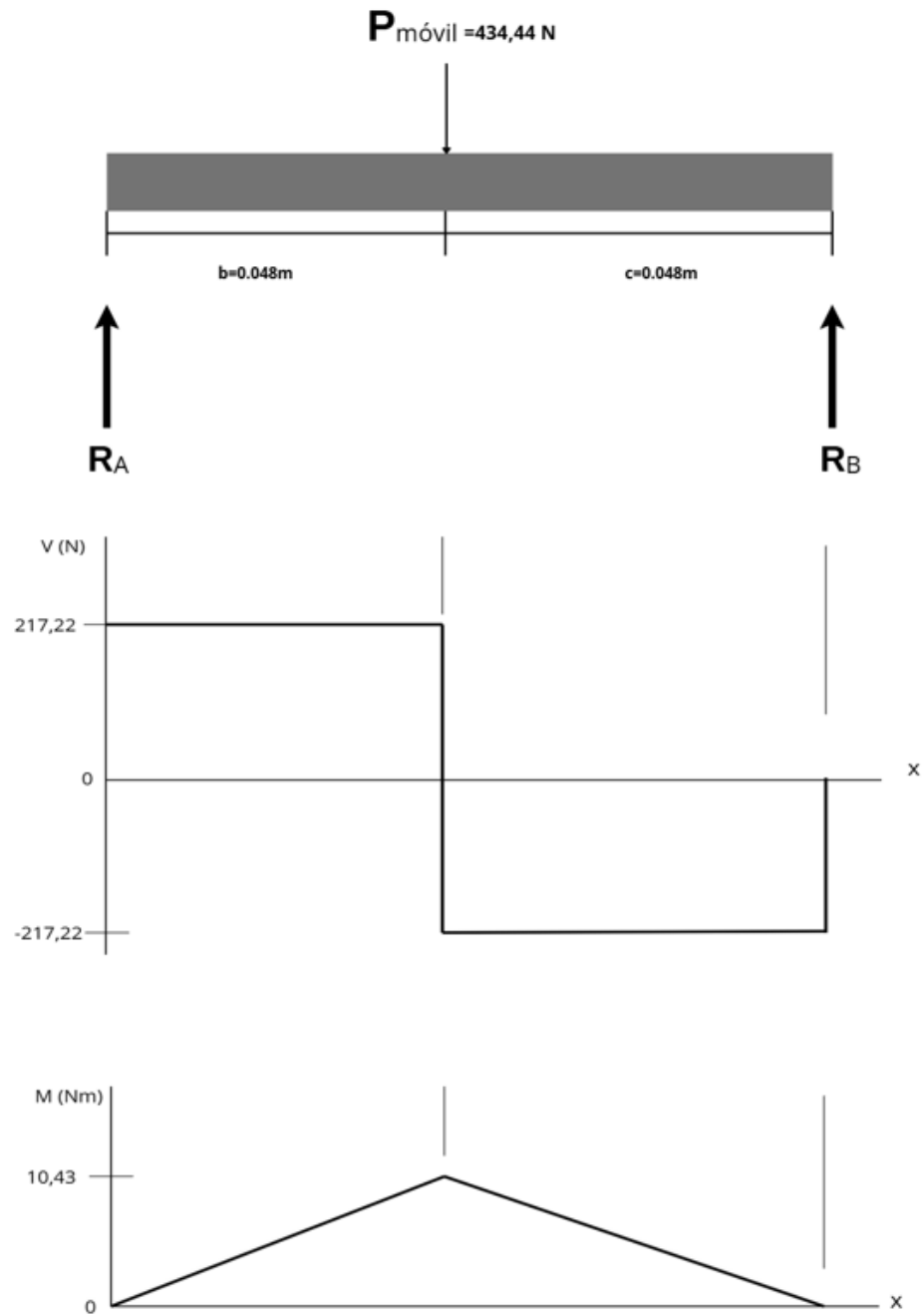
Se emplea la ecuación 19 para obtener el momento y la ecuación 20 para hallar la fuerza cortante, obteniendo como resultado, lo siguiente:

$$V_2 = -217,22 \text{ N}$$
$$M_{c2} = -217,22x + 20,85$$

De esta manera, se muestran los diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje portaruedas principales.

Figura 90

Diagrama de Cortante y Momento Flector.



Nota: Se observa el diagrama de cortante y momento flector del eje portaruedas principales.

Se muestra que el momento flector máximo es 10,43 Nm, ubicado cerca de la fuerza P-móvil, así, se obtendrá la distancia del eje neutro hasta la fibra donde se encuentra el esfuerzo máximo, aplicando la ecuación 23.

$$c = \frac{0,004}{2}$$

$$c = 0,002m$$

Ahora, se obtendrá el momento de inercia del eje, empleando la ecuación 31, obteniéndose por cada diámetro del eje, un valor de inercia distinto.

$$I_1 = 1,26 \times 10^{-7} m^4$$

$$I_2 = 8,245 \times 10^{-8} m^4$$

$$I_3 = 6,36 \times 10^{-7} m^4$$

De este modo, el momento de inercia total del eje portaruedas principales, es el siguiente:

$$I_{Total} = 2 * I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_{Total} = 9,7045 \times 10^{-7} m^4$$

Después de haber hallado los datos requeridos para obtener el esfuerzo, se aplica la ecuación 21, dando como respuesta, lo siguiente:

$$\sigma_{max} = 0,215 MPa$$

Al conocer el esfuerzo máximo, se obtiene la deformación, empleando la ecuación 32.

$$\delta = 0,0001161 mm$$

■ Placa Portaruedas Secundarias

A continuación, se procede a señalar la ubicación de las placas portaruedas en el dispositivo de almacenamiento.

Figura 91

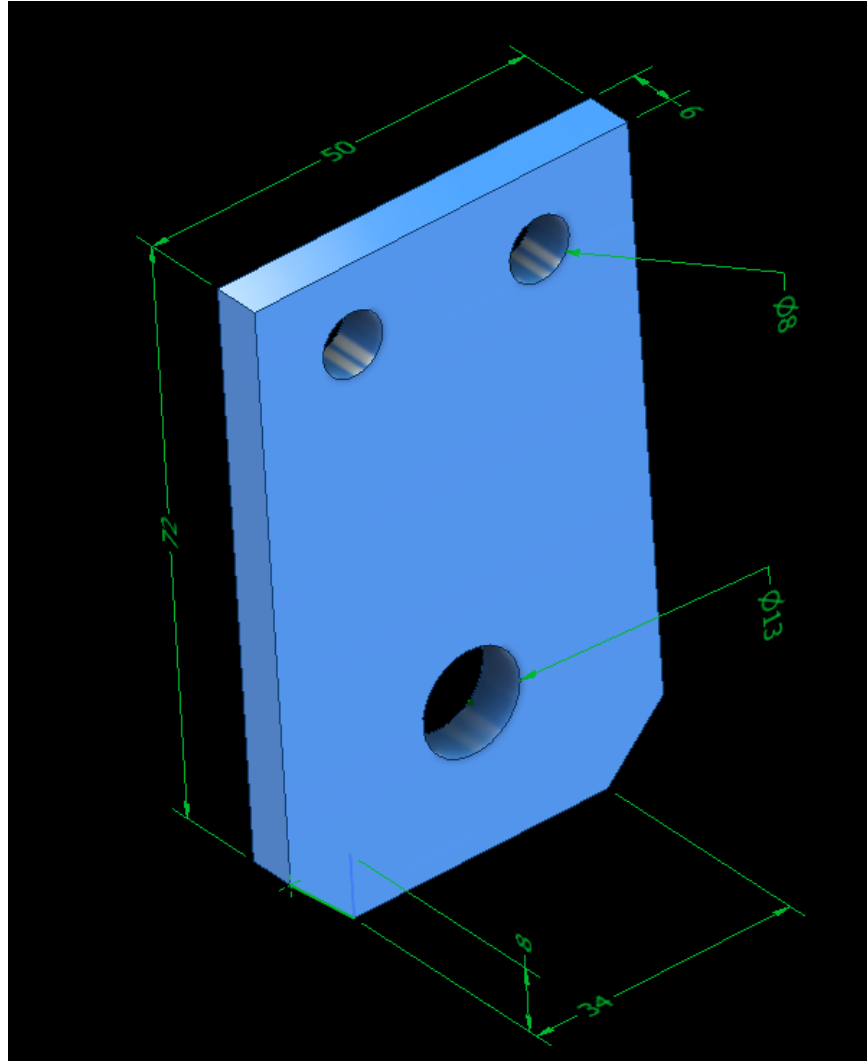
Ubicación de la Placa Portaruedas Secundarias.



Nota: Se muestra la ubicación de la placa portaruedas secundarias.

Figura 92

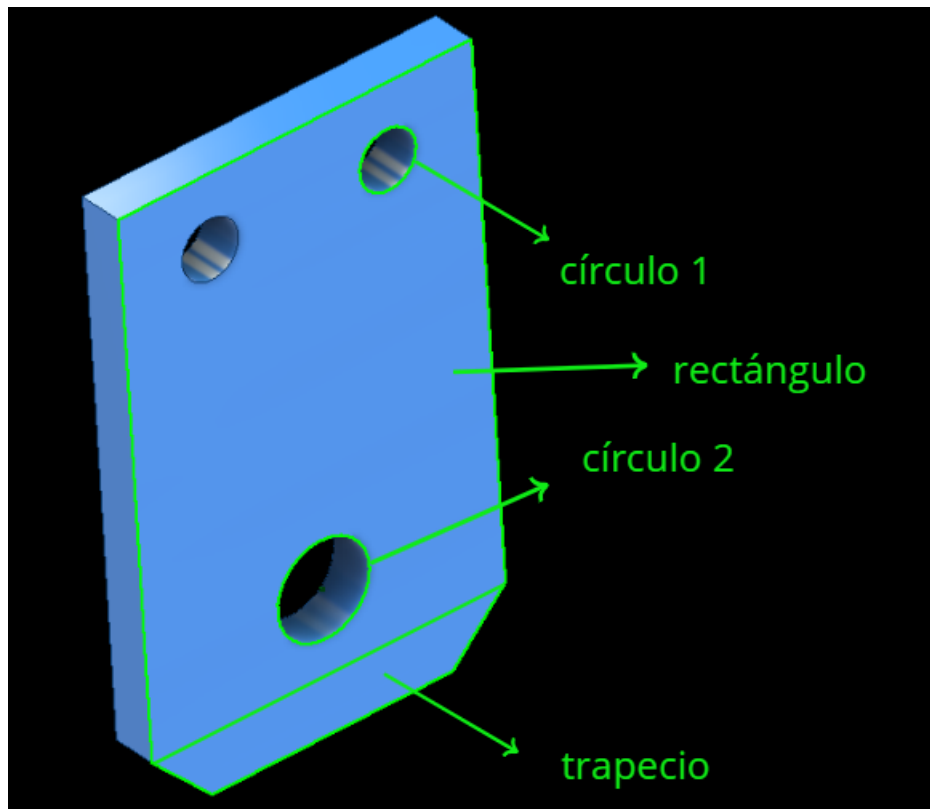
Medidas de la Placa Portaruedas Secundarias.



Nota: Se observa las dimensiones de la placa portaruedas secundarias.

Figura 93

Placa Portaruedas Secundarias.



Nota: Se señalan las figuras planas que forman la placa portaruedas secundarias.

Se obtendrán las áreas de las figuras que se muestran en la figura 93, aplicando las expresiones 4, 5 y la siguiente ecuación:

$$A_{\text{trapecio}} = \frac{B+b}{2} * h \quad (34)$$

Donde:

A_{trapecio} : Área del trapecio

B : Base mayor del trapecio

b : Base menor del trapecio

h : Altura del trapecio

$$\begin{aligned}
A_{rec} &= 3,6 \times 10^{-3} m^2 \\
A_{cir1} &= 5,027 \times 10^{-5} m^2 \\
A_{cir2} &= 1,33 \times 10^{-4} m^2 \\
A_{recTotal} &= A_{rec} - 2 * A_{cir1} - A_{cir2} \\
A_{recTotal} &= 3,37 \times 10^{-3} m^2 \\
A_{trapecio} &= 3,36 \times 10^{-4} m^2 \\
A_{Total} &= A_{recTotal} + A_{trapecio} \\
A_{Total} &= 3,706 \times 10^{-3} m^2
\end{aligned}$$

Se procede a obtener el volúmen del área total calculada, usando la ecuación 7.

$$V_{Total} = 2,2236 \times 10^{-5} m^3$$

Aplicando la ecuación 3, se consigue la masa de la placa analizada, y sabiendo que el diseño tiene 2 placas, se obtiene lo siguiente:

$$m_{placa} = 0,35 kg$$

A continuación, se obtiene el peso de la placa portaruedas, usando la ecuación 10.

$$w_{placa} = 3,4335 N$$

■ Cálculo del Motor de Traslación

Tabla 13

Especificaciones para el Cálculo del Motor de Traslación.

Especificación	Descripción
Velocidad	120 m/min = 2 m/s
Masa Transportada	166,251 kg
Coefficiente de resistencia al movimiento	0,06
Eficiencia Requerida	0,85

Nota: En la tabla 13 se describen las especificaciones para el cálculo del motor de traslación del sistema.

Haciendo uso de la expresión 13, se calcula la fuerza que deberá mover el motor, obteniendo lo siguiente:

$$F = 97,86N$$

Ahora, se calculará la potencia necesaria que debe tener el motor, aplicando la ecuación 14, así, se tiene:

$$P_n = 195,72W$$

Se procede a calcular la potencia real que necesita el motor, usando la expresión 15, dando como respuesta:

$$P_r = 230,26W$$

Se calculará el torque que requiere el motor, aplicando la siguiente ecuación:

$$T = F * r \quad (35)$$

Donde:

T : Torque que debe tener el motor

F : Fuerza que debe mover el motor

r : Radio del eje en el que se coloca el motor

De este modo, aplicando la ecuación 35, se obtiene:

$$T = 4,89Nm$$

Ahora, se calcularán las rpm necesarias para el motor, usando la siguiente expresión 17, obteniéndose:

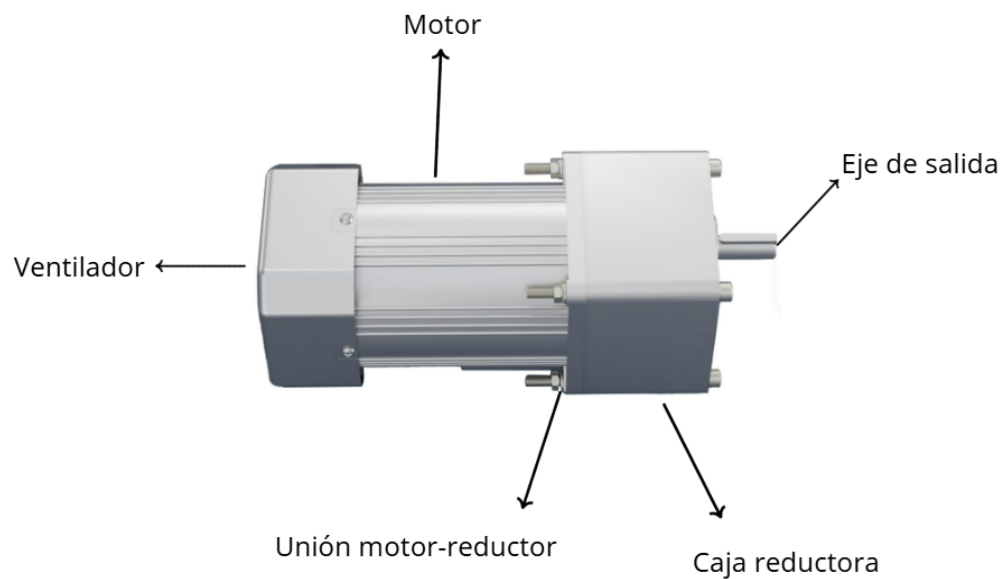
$$n = 381,972rpm$$

De acuerdo con las especificaciones de potencia, torque y rpm calculadas, se seleccionó el siguiente motor para la traslación del sistema:

Motorreductor Lunyee

Figura 94

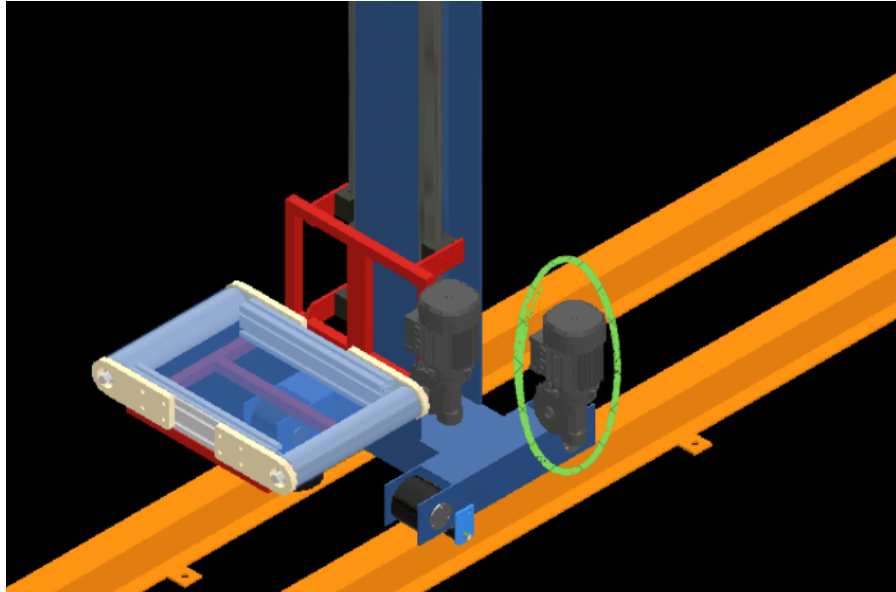
Motorreductor para la Traslación.



Nota: Se observa el motor seleccionado para mover horizontalmente el sistema.

Figura 95

Ubicación del Motorreductor para la Traslación.



Nota: Se muestra la ubicación del motor seleccionado.

Ahora, se muestran los datos técnicos del motorreductor escogido, mismos con los que se obtendrá su peso.

Tabla 14

Datos Técnicos del Motorreductor de Traslación.

Especificación	Descripción
Voltaje	220 V AC bifásico
Torque	8,48 N*m
Potencia	250 W
Velocidad	375 rpm
Masa	10,89 kg

Nota: En la tabla 14 se describen las especificaciones para el cálculo del motorreductor de traslación.

Así, se calcula el peso del motor, empleando la ecuación 10.

$$w_{motor_{traslación}} = 106,831 N$$

- Cálculo del Esfuerzo y Deformación de la Columna

A continuación, se muestra el diagrama de cuerpo libre de la columna.

Figura 96

DCL Columna.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre de la columna.

Ahora, se obtendrá la reacción R, empleando la ecuación 20, dando como resultado:

$$R - F = 0$$
$$R = 1737,751N$$

Se procede a calcular el esfuerzo al que está sometido la columna, usando la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (36)$$

Donde:

σ : Esfuerzo al que se somete la columna

F : Fuerza que soporta la columna

A : Área de la columna, sobre la que se aplica la fuerza

Ahora, aplicando la ecuación 36, se tiene:

$$\sigma = 0,45MPa$$

Una vez conseguido el esfuerzo, se calculará la deformación que presenta la columna, usando la ecuación 32, obteniéndose, lo siguiente:

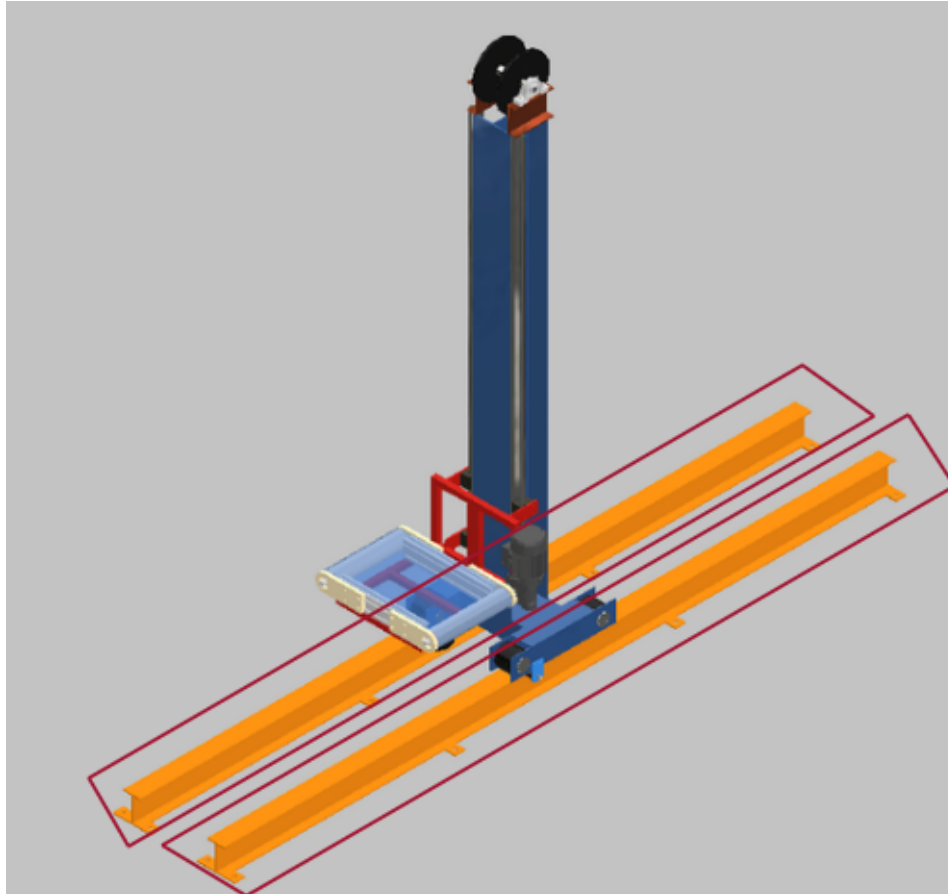
$$\delta = 0,0045mm$$

■ Riel

Se procede a señalar la localización de las rieles base dentro del dispositivo de almacenamiento.

Figura 97

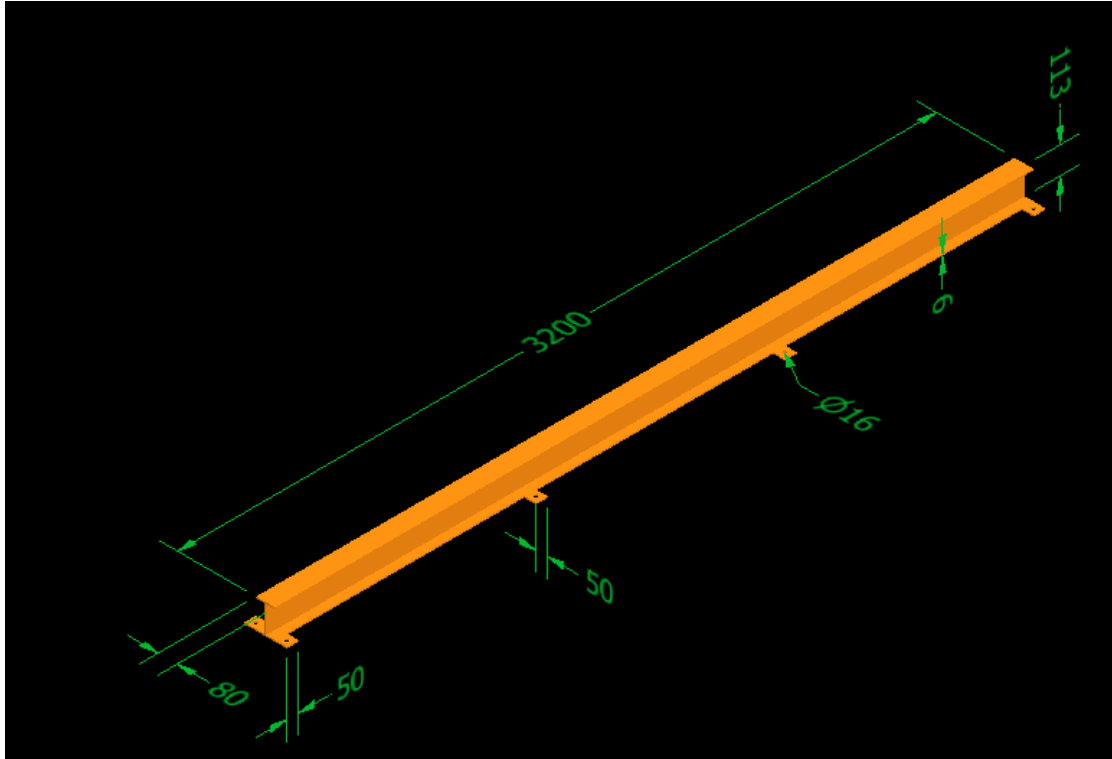
Ubicación de las Rieles Base.



Nota: Se indica la ubicación de las rieles base del sistema.

Figura 98

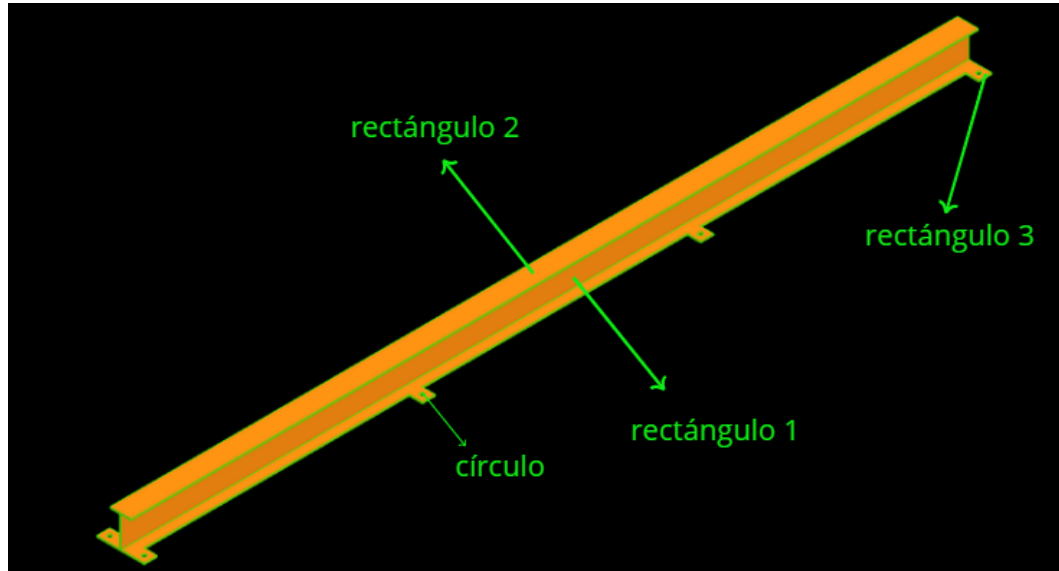
Medidas de la Riel Base.



Nota: Se observan las dimensiones de la riel base del sistema.

Figura 99

Riel Base.



Nota: Se muestran las figuras planas que componen la riel base del sistema.

Empleando la expresión 4 y 5, se obtendrán las áreas de los círculos que se muestran en la figura 59.

$$A_{rec1} = 0,3616m^2$$

$$A_{rec2} = 0,256m^2$$

$$A_{rec3} = 2,5 \times 10^{-3}m^2$$

$$A_{cir} = 2,011 \times 10^{-4}m^2$$

$$A_{rec3_{Total}} = A_{rec3} - A_{cir}$$

$$A_{rec3_{Total}} = 2,2989 \times 10^{-3}m^2$$

Se procede a obtener los volúmenes de las áreas indicadas, usando la ecuación 7.

$$V_{rec1} = 2,1696 \times 10^{-3} m^3$$

$$V_{rec2} = 1,536 \times 10^{-3} m^3$$

$$V_{rec3_{Total}} = 1,37934 \times 10^{-5} m^3$$

Siendo así, el volumen total, es el siguiente:

$$V_{\acute{u}til} = V_{rec1} + 2 * V_{rec2} + 8 * V_{rec3_{Total}}$$

$$V_{\acute{u}til} = 5,352 \times 10^{-3} m^3$$

Usando la ecuación 3, se obtiene la masa de la riel base, y conociendo que el diseño tiene 2 de los elementos descritos, se obtiene lo siguiente:

$$m_{riel} = 84,0264 kg$$

Ahora, se halla el peso de la riel, empleando la ecuación 10.

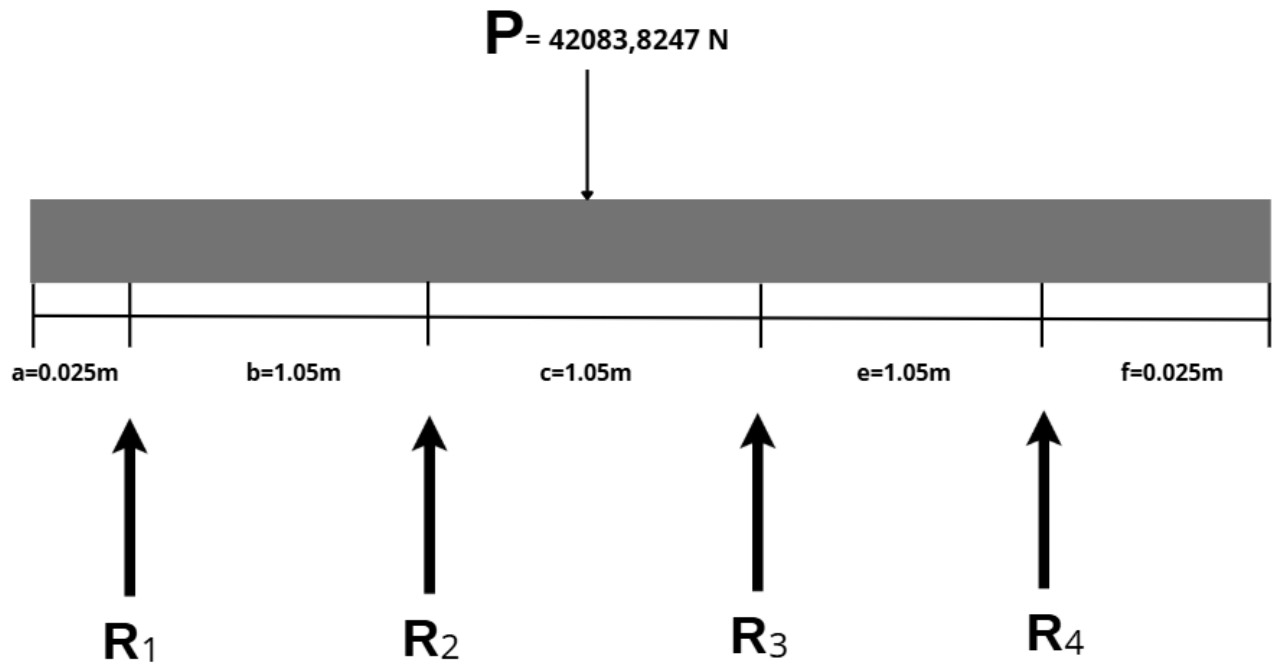
$$w_{riel} = 824,299 N$$

■ Cálculo del Esfuerzo y Deformación de la Riel Base

Se muestra el diagrama de cuerpo libre, para conocer las fuerzas que actúan sobre la riel.

Figura 100

DCL de la Riel.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre de la riel para el cálculo de su esfuerzo y deformación.

Ahora, se calcularán la reacciones R_1 , R_2 , R_3 y R_4 , aplicando la ecuación 19, de esta manera, se tiene:

$$R_1 = 10520,952381$$

$$R_2 = 10520,952381$$

$$R_3 = 10520,952381$$

$$R_4 = 10520,952381$$

Ahora, se realiza el diagrama de cortante y momento flector de la riel, basandose en las fuerzas y reacciones calculadas.

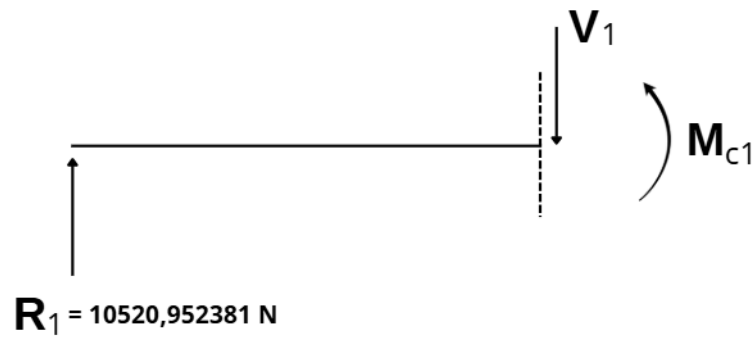
Corte 1

El corte 1 corresponde al siguiente intervalo de distancia:

$$0 \leq X \leq 1,05$$

Figura 101

Corte 1.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 1 de la riel.

Ahora, se aplica la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$V_1 = 10520,952381 \text{ N}$$

$$M_{c1} = 10520,952381x$$

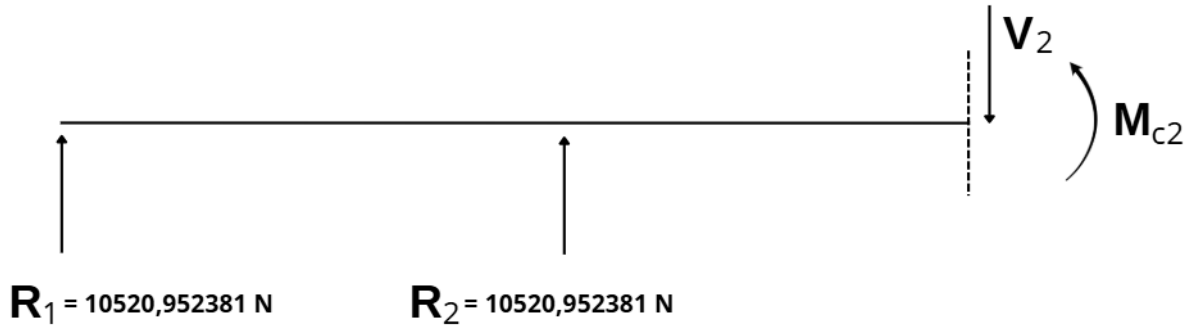
Corte 2

El corte 2 corresponde al siguiente intervalo de distancias:

$$1,05 \leq X \leq 1,575$$

Figura 102

Corte 2.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 2 de la riel.

Se aplica la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$V_2 = 21041,90476N$$

$$M_{c2} = 21041,90476x - 11047$$

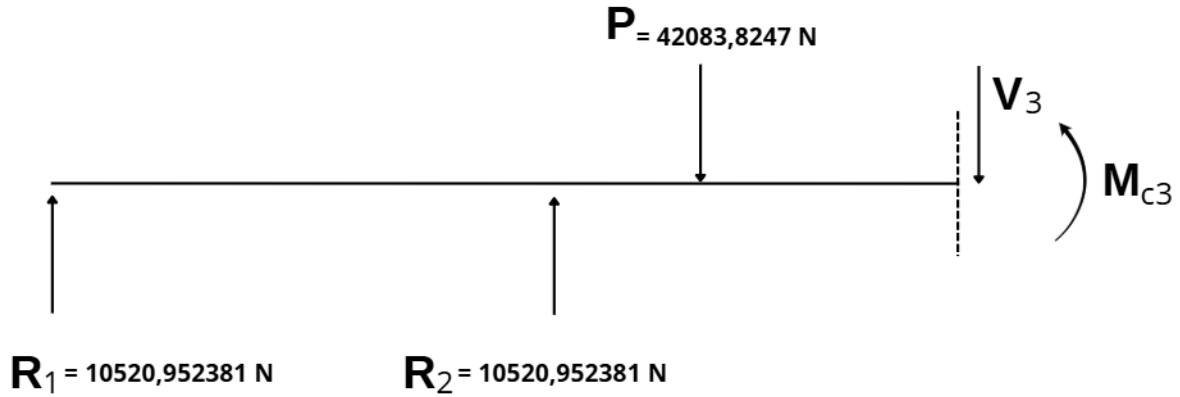
Corte 3

El corte 3 corresponde al siguiente intervalo de distancias:

$$1,575 \leq X \leq 2,1$$

Figura 103

Corte 3.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 3 de la riel.

Se emplea la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$V_3 = -21041,90476N$$
$$M_{c3} = -21041,90476x + 55235,0239$$

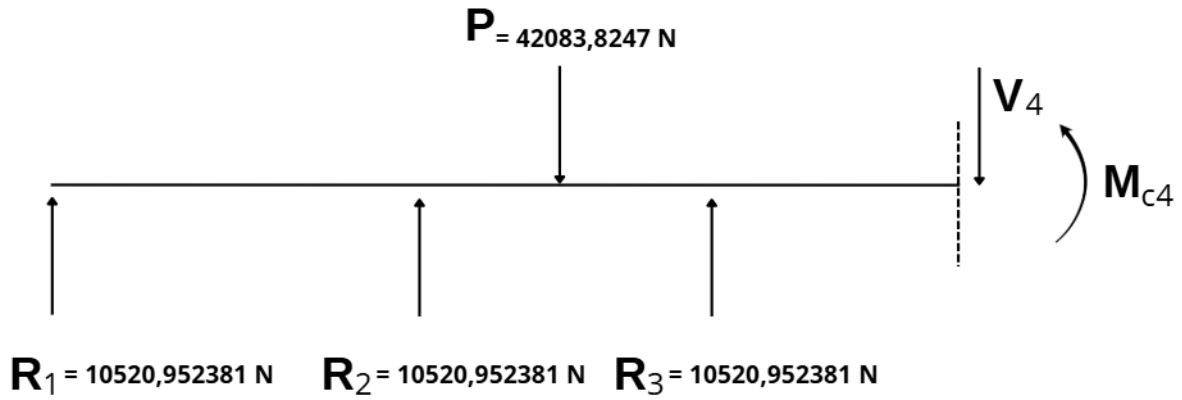
Corte 4

El corte 4 corresponde al siguiente intervalo de distancias:

$$2,1 \leq X \leq 3,15$$

Figura 104

Corte 4.



Nota: Se observa el diagrama de cuerpo libre del corte 4 de la riel.

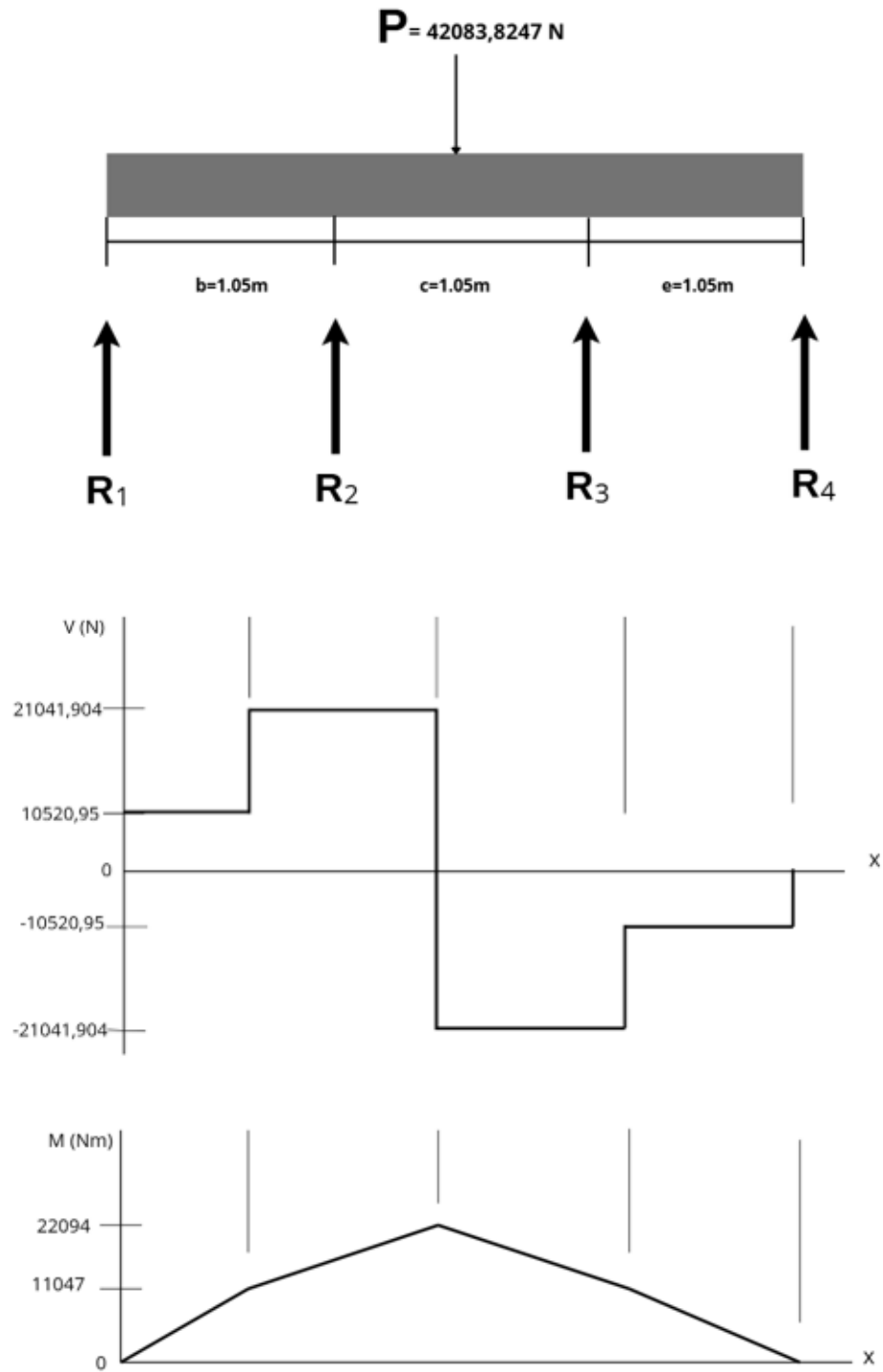
Se usa la ecuación 19 para hallar el momento y la ecuación 20 para calcular la fuerza cortante, dando como resultado lo siguiente:

$$V_4 = -10520,9523 \text{ N}$$
$$M_{c4} = -10520,9523x + 33141,0239$$

A continuación, se muestran los diagramas de fuerza cortante y momento flector de la riel base.

Figura 105

Diagrama de Cortante y Momento Flector.



Nota: Se observa el diagrama de cortante y momento flector de la riel base.

Se muestra que el momento flector máximo es 22094 Nm, en una posición cercana a donde se aplica la fuerza P, de este modo, se calcula la distancia del eje neutro hasta la fibra donde se halla el esfuerzo máximo, aplicando la ecuación 23.

$$c = \frac{0,125}{2}$$

$$c = 0,0625m$$

Ahora, se obtiene el momento de inercia del perfil H que conforma la riel, utilizando la expresión 24, dando como respuesta:

$$I_{ala1} = 1,44 \times 10^{-9} m^4$$

$$I_{alma} = 7,2145 \times 10^{-7} m^4$$

$$I_{ala2} = 3,24 \times 10^{-9} m^4$$

A continuación, se calcula el momento de inercia, empleando el teorema de ejes paralelos, es decir, la ecuación 25, para las alas del perfil H, consiguiendo lo siguiente:

$$I_{alas} = 3,82671 \times 10^{-6} m^4$$

Se procede a calcular el momento de inercia total.

$$I_{Total} = I_{alma} + 2 * I_{alas}$$

$$I_{Total} = 8,3749 \times 10^{-6} m^4$$

Luego de haber encontrado los datos necesarios para obtener el esfuerzo, se aplica la ecuación 21, obteniendo lo siguiente:

$$\sigma_{max} = 164,88 MPa$$

Al conocer el esfuerzo máximo, se obtiene la deformación, usando la ecuación 32.

$$\delta = 2,63808mm$$

5.2.6. Diseño del sistema de control de un dispositivo para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales

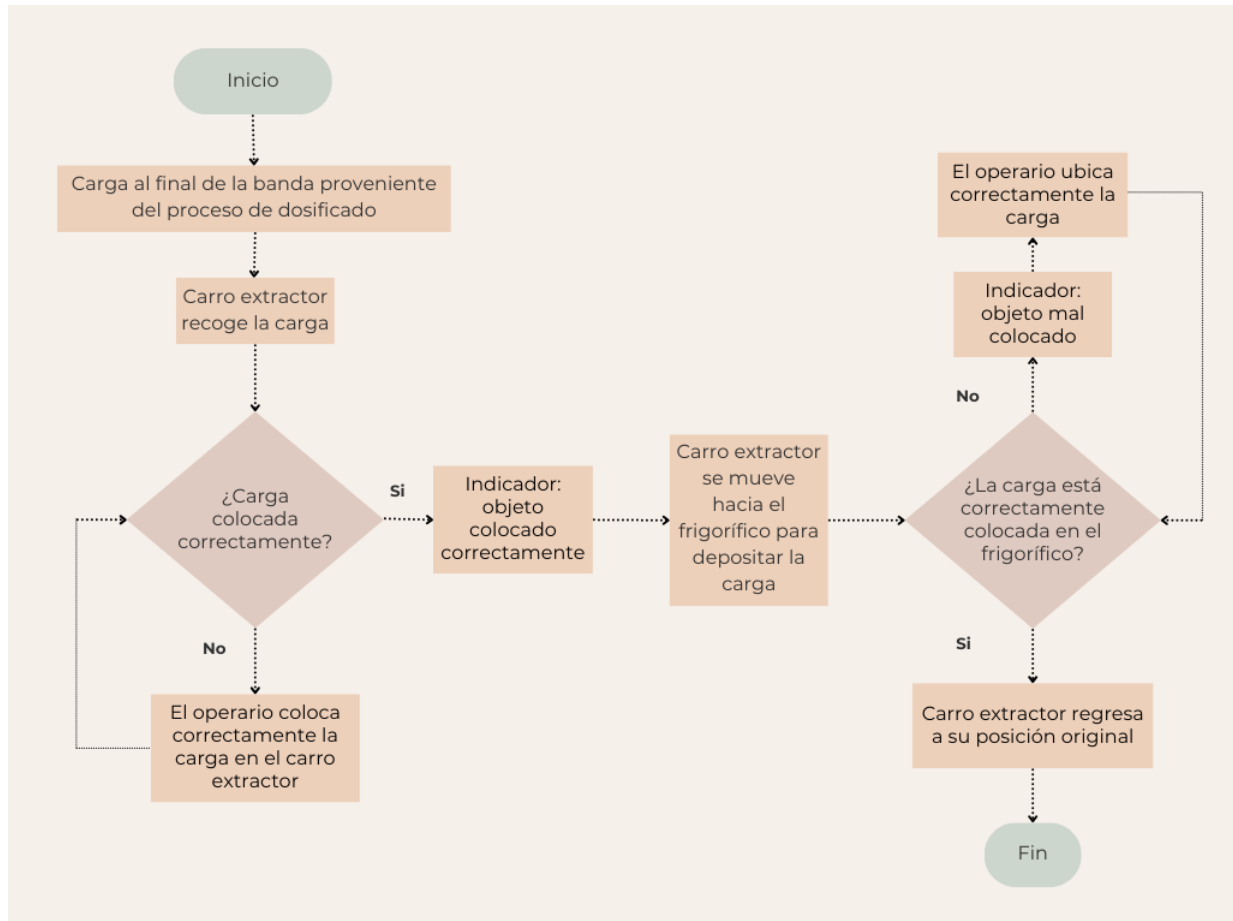
El diseño del sistema de control del dispositivo de almacenamiento busca regular y realizar exitosamente el proceso de extracción y depósito de los helados dentro del frigorífico vertical.

5.2.7. Descripción del Proceso de Extracción y Depósito de Helados

A continuación, se detalla el procedimiento operativo que debe ejecutar el dispositivo de almacenamiento, mediante un diagrama de flujo:

Figura 106

Diagrama de Flujo del Proceso Operativo.



Nota: Se muestra el diagrama de flujo del proceso operativo del dispositivo de almacenamiento.

El proceso inicia cuando una carga es detectada al final de la banda transportadora proveniente del sistema previo de dosificación de helado. Una vez que la carga está lista, se activa un contenedor o carro extractor, encargado de realizar el traslado seguro de las bandejas con producto completo. El sistema verifica mediante sensores que la carga ha sido posicionada correctamente dentro del carro. Tras esta validación, el carro se desplaza hacia la zona de almacenamiento, donde procede a depositar la carga en la ubicación asignada.

Cuando el producto es colocado en su posición dentro del almacén, el sistema realiza una comprobación mediante el conjunto de sensores instalados en dicha ubicación. Si los sensores confirman que la carga ha sido ubicada correctamente, se enciende un indicador luminoso que

señala “objeto colocado correctamente” para esa posición específica. En caso contrario, si los sensores detectan una colocación incorrecta, se activa un indicador de “objeto mal colocado”, lo que requiere reubicar la carga antes de continuar con la secuencia operativa.

Finalmente, una vez que el producto ha sido almacenado de forma adecuada, el elevador regresa automáticamente a su posición inicial, cerrando el ciclo de almacenamiento y quedando listo para iniciar un nuevo proceso.

5.2.8. Identificación de Entradas y Salidas

Se procede a analizar las entradas y salidas que requiere el proceso de extracción y depósito de la carga en un almacén.

Tabla 15*Entradas del Proceso de Control.*

Item	Tipo	Componente	A/D
1	Sensor	Star	Digital
2	Sensor	Stop	Digital
3	Sensor	Carga lista	Digital
4	Sensor	Brazo extendido	Digital
5	Sensor	Objeto recogido	Digital
6	Sensor	Movimiento en X	Digital
7	Sensor	Movimiento en Z	Digital
8	Sensor	Brazo extendido derecha	Digital
9	Sensor	Reset	Digital
10	Sensor	Fin carrera inicio piso 1	Digital
11	Sensor	Fin carrera final piso 1	Digital
12	Sensor	Fin carrera inicio piso 2	Digital
13	Sensor	Fin carrera final piso 2	Digital
14	Sensor	Fin carrera inicio piso 3	Digital
15	Sensor	Fin carrera final piso 3	Digital
16	Sensor	Fin carrera inicio piso 4	Digital
17	Sensor	Fin carrera final piso 4	Digital
18	Sensor	Fin carrera inicio elevador	Digital
19	Sensor	Fin carrera final elevador	Digital

Nota: En la tabla 15 se observan las entradas requeridas para la elaboración del proceso de control del sistema de almacenamiento.

Tabla 16*Salidas del Proceso de Control.*

Item	Tipo	Componente	A/D
20	Actuador	Banda de carga	Digital
21	Actuador	Banda de entrada	Digital
22	Actuador	Activar brazo (motor de la banda del portabandejas)	Digital
23	Actuador	Subir elevador (motor de elevación)	Digital
24	Actuador	Posición requerida	Analógica
25	Actuador	Mover brazo derecha (motor de traslación)	Digital
26	Indicador	Piso 1 correcto	Digital
27	Indicador	Piso 1 mal colocado	Digital
28	Indicador	Piso 2 correcto	Digital
29	Indicador	Piso 2 mal colocado	Digital
30	Indicador	Piso 3 correcto	Digital
31	Indicador	Piso 3 mal colocado	Digital
32	Indicador	Piso 4 correcto	Digital
33	Indicador	Piso 4 mal colocado	Digital
34	Indicador	Elevador correcto	Digital
35	Indicador	Elevador mal colocado	Digital

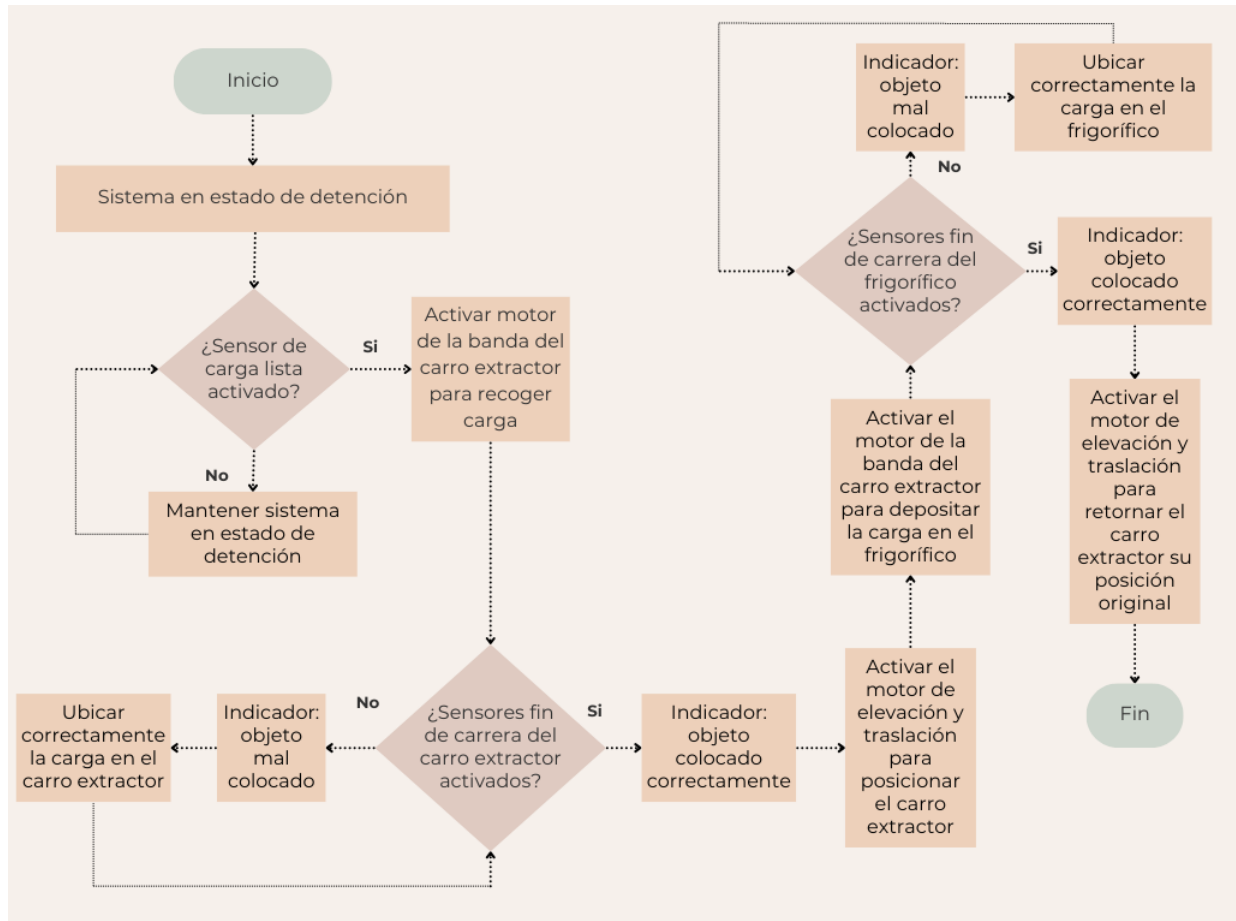
Nota: En la tabla 16 se observan las salidas necesarias para el proceso de control del sistema de almacenamiento.

5.2.9. Diagrama de Flujo del Proceso de Control

A continuación, de acuerdo con las entradas y salidas identificadas en las tablas 12 y 13, se desarrolla el diagrama de flujo del proceso de control, con el que se registrará el dispositivo de almacenamiento

Figura 107

Diagrama de Flujo del Proceso de Control.



Nota: Se muestra el diagrama de flujo del proceso de control del dispositivo de almacenamiento.

El proceso de control del sistema comienza con el equipo en estado de paro. Cuando un sensor detecta que la carga está lista para ser recogida, se activa el motor de la banda del carro extractor, permitiendo que la carga sea transportada hacia el mismo. A continuación, los sensores de fin de carrera ubicados en el interior del carro verifican la correcta colocación del objeto. Si los sensores se activan, se enciende un indicador luminoso señalando “objeto colocado correctamente” y se pone en funcionamiento el motor de elevación y traslación, posicionando el carro extractor en una ubicación definida dentro de la cámara frigorífica. En caso de que los sensores no detecten la carga correctamente, se enciende un indicador luminoso de “objeto mal colocado”, indicando al operario que debe ajustar la carga antes de continuar.

Una vez que el objeto se encuentra correctamente colocado y en la posición deseada, se activa nuevamente el motor de la banda para depositar la carga en el almacén. Los sensores de fin de carrera dentro del almacén verifican la correcta colocación del objeto. Si se confirma la ubicación correcta, se enciende un indicador luminoso de “objeto correctamente colocado” y se activa el motor de elevación y traslación para retornar el carro extractor a su posición inicial. En caso contrario, si los sensores no detectan la carga correctamente, se enciende un indicador de “objeto mal colocado” y el operario debe colocar el producto adecuadamente antes de permitir que los motores de elevación y traslación retornen el carro extractor a su posición original.

5.2.10. Máquina de Estados

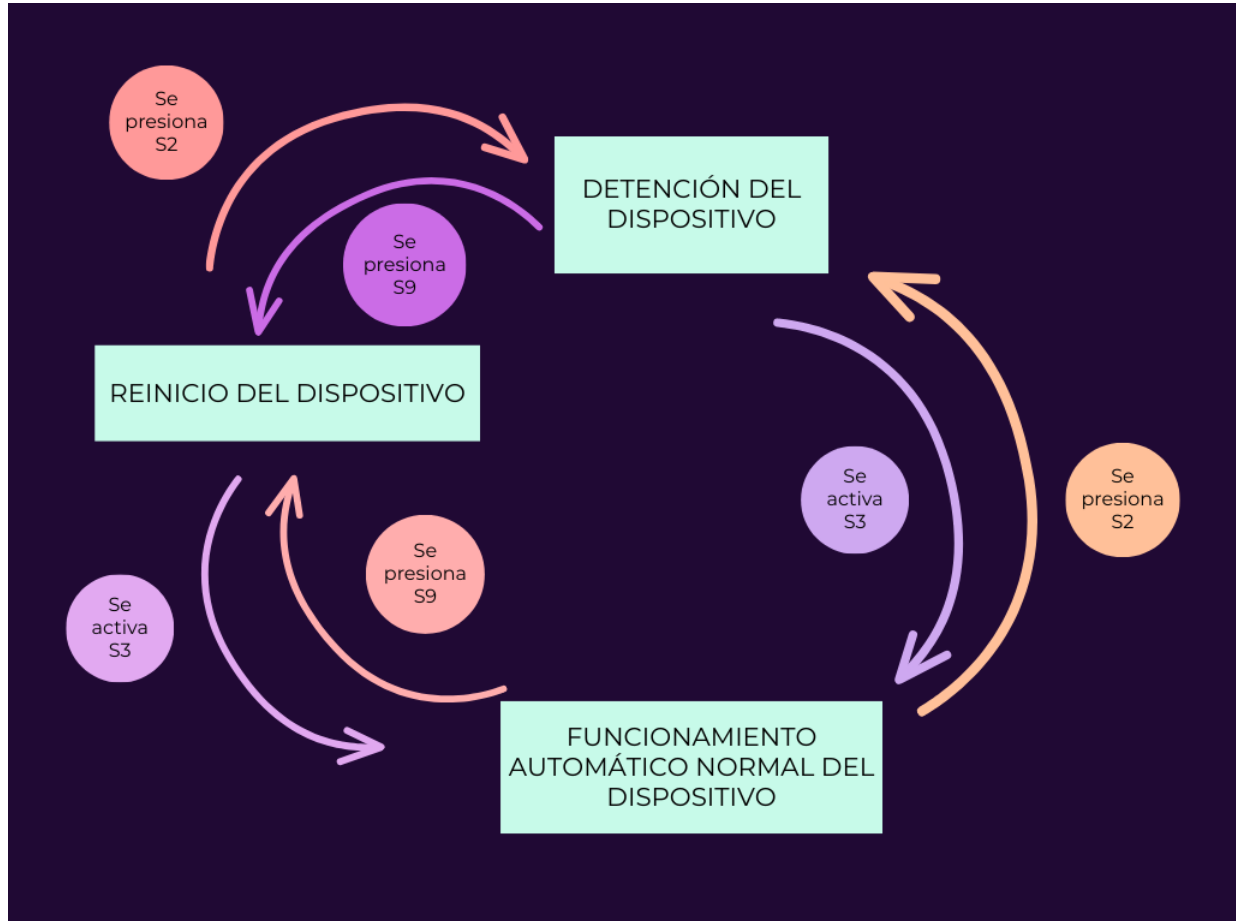
Una vez definidas las entradas y salidas, además del proceso operativo y de control del dispositivo de almacenamiento, se procede a diseñar la estrategia de control mediante la elaboración de una máquina de estados. Esta herramienta permite representar de manera clara cómo evolucionan las diferentes etapas de operación del sistema cuando se acciona un pulsador específico o se activan ciertos sensores. En este esquema, la letra S corresponde a los sensores detallados en la Tabla 15, mientras que los números asociados a la letra hacen referencia a la numeración presentada en dichas tabla.

El control del sistema se implementará en el entorno de programación TIA PORTAL, y su funcionamiento será validado mediante simulación en FACTORY IO, lo que permitirá observar el comportamiento dinámico del proceso bajo diferentes condiciones de operación.

De este modo, la máquina de estados proporciona una representación visual y ordenada del sistema de almacenamiento, facilitando la comprensión de la secuencia de acciones y transiciones entre los distintos estados del dispositivo.

Figura 108

Máquina de Estados del Sistema de Almacenamiento.



Nota: Se señalan los estados y transiciones que posee el dispositivo de almacenamiento.

Se procede a señalar las acciones por estado en las la tablas 17, 18 y 19, que se presentan a continuación, recordando que el criterio correspondiente a número, se refiere al ítem que posee cada sensor o indicador en las tablas 14 y 15, presentadas anteriormente.

Tabla 17*Estado - Detención del Dispositivo.*

Elemento	Número	Acción
Sensor	2	Pulsante de paro habilitado
Sensor	10 o 11	Solo uno de los fin de carrera de este almacén está activo
Sensor	12 o 13	Solo uno de los fin de carrera de este almacén está activo
Sensor	14 o 15	Solo uno de los fin de carrera de este almacén está activo
Sensor	16 o 17	Solo uno de los fin de carrera de este almacén está activo
Sensor	18 o 19	Solo uno de los fin de carrera del carro extractor está activo
Indicador	27,29, 31, 33 o 35	Indicadores de objeto mal colocado activos
Transición	-	Se presiona el sensor 9 (reset) para reinicio
Transición	-	Se activa el sensor 3 (carga lista) para funcionamiento normal

Nota: En la tabla 17 se observan las acciones del estado: detención del dispositivo.

Tabla 18*Estado - Reinicio del Dispositivo.*

Elemento	Número	Acción
Sensor	9	Pulsante de reinicio habilitado
Transición	-	Se presiona el sensor 2 (stop) para detención
Transición	-	Se activa el sensor 3 (carga lista) para funcionamiento normal

Nota: En la tabla 18 se observan las acciones del estado: reinicio del dispositivo.

Tabla 19*Estado - Funcionamiento Normal del Dispositivo.*

Elemento	Número	Acción
Sensor	3	Sensor de carga lista habilitado
Sensor	10 y 11	Ambos fin de carrera de este almacén están activos
Sensor	12 y 13	Ambos fin de carrera de este almacén están activos
Sensor	14 y 15	Ambos fin de carrera de este almacén están activos
Sensor	16 y 17	Ambos fin de carrera de este almacén están activos
Sensor	18 y 19	Ambos fin de carrera de este almacén están activos
Indicador	26,28, 30, 32 y 34	Indicadores de objeto correctamente colocado activos
Transición	-	Se presiona el sensor 2 (stop) para detención
Transición	-	Se presiona el sensor 9 (reset) para reinicio

Nota: En la tabla 19 se observan las acciones del estado: funcionamiento normal del dispositivo.

En la figura 108, así como, en las tablas 17, 18 y 19, se evidencian las diferentes fases de operación del dispositivo, los sensores e indicadores que se encuentran activos en cada estado, y los pulsantes que deben accionarse para producir una transición hacia otro estado; cabe resaltar que, en el estado de detención del dispositivo, el hecho de que alguno de los indicadores de objeto mal colocado se encuentre activo, desencadena que el operario deba parar el sistema para colocar correctamente el producto y continuar con el funcionamiento normal de la máquina.

5.2.11. Selección del Controlador

Ahora, se empleará una tabla de ponderación para evaluar 3 modelos de controladores que podrían aplicarse para el control del dispositivo, con el objetivo de seleccionar la mejor opción.

Figura 109

Tabla de Ponderación para la Selección del Controlador.

	Velocidad	Capacidad E/S digital	Capacidad E/S analógica	Capacidad de Integración	Confiabilidad	Escalabilidad	Costo	Ajuste a la Necesidad	RANGO
FACTOR DE PONDERACIÓN	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,05	0,2	0,2	1
S7-1500	9 0,9	8 1,2	9 0,9	9 0,9	9 0,9	8 0,4	3 0,6	5 1	6,8
S7-300	5 0,5	7 1,05	5 0,5	5 0,5	5 0,5	5 0,25	6 1,2	5 1	5,5
S7-1200	6 0,6	7 1,05	6 0,6	7 0,7	8 0,8	6 0,3	8 1,6	9 1,8	7,45

Nota: Se muestra la tabla de ponderación para la selección del controlador.

Según la suma de los puntajes de la tabla de ponderación, se obtuvo el siguiente resultado:

Figura 110

Selección del Controlador.

	Velocidad	Capacidad E/S digital	Capacidad E/S analógica	Capacidad de Integración	Confiabilidad	Escalabilidad	Costo	Ajuste a la Necesidad	RANGO
FACTOR DE PONDERACIÓN	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,05	0,2	0,2	1
S7-1500	9 0,9	8 1,2	9 0,9	9 0,9	9 0,9	8 0,4	3 0,6	5 1	6,8
S7-300	5 0,5	7 1,05	5 0,5	5 0,5	5 0,5	5 0,25	6 1,2	5 1	5,5
S7-1200	6 0,6	7 1,05	6 0,6	7 0,7	8 0,8	6 0,3	8 1,6	9 1,8	7,45

Nota: Selección del controlador PLC S7-1200.

La selección del PLC Siemens S7-1200 se fundamenta en un análisis comparativo basado en criterios esenciales para el diseño del sistema automatizado de almacenamiento. En la tabla de ponderación, este equipo obtuvo el puntaje global más alto debido a su equilibrio entre capacidad de procesamiento, disponibilidad de E/S y compatibilidad con los requerimientos del proceso. Aunque el S7-1500 presenta una mayor velocidad y potencial de expansión, dichas características exceden las necesidades reales del sistema, lo que implicaría un sobredimensionamiento innecesario y un incremento del costo sin beneficios significativos dentro del alcance

del proyecto.

Otro factor determinante fue la relación entre capacidad de integración, confiabilidad y costo. El S7-1200 ofrece una integración sólida con sensores, actuadores y módulos analógicos requeridos en el diseño, manteniendo además una compatibilidad completa con el entorno TIA Portal. Esto permite desarrollar, monitorear y escalar el proyecto de manera eficiente. Su nivel de confiabilidad resulta adecuado para operaciones continuas y repetitivas, como el control de elevadores, detectores de posición y sistemas de movimiento presentes en el proceso. En contraste, el S7-300 muestra limitaciones por ser una familia discontinuada y con menor soporte, lo cual afecta directamente su escalabilidad y disponibilidad futura.

Finalmente, el parámetro “Ajuste a la Necesidad”, que tiene uno de los mayores pesos en la evaluación, posiciona al S7-1200 como la opción más adecuada para la automatización planteada. Este PLC no solo cubre con holgura el número total de entradas y salidas digitales y analógicas requeridas, sino que también lo hace manteniendo un equilibrio entre prestaciones y costo total del sistema. Esto garantiza que el diseño sea funcional, confiable y económicamente viable, evitando inversiones innecesarias en hardware de gama superior y asegurando un óptimo desempeño dentro del entorno operativo previsto.

Figura 111

PLC S7-1200.



Nota: Se muestra el controlador escogido.

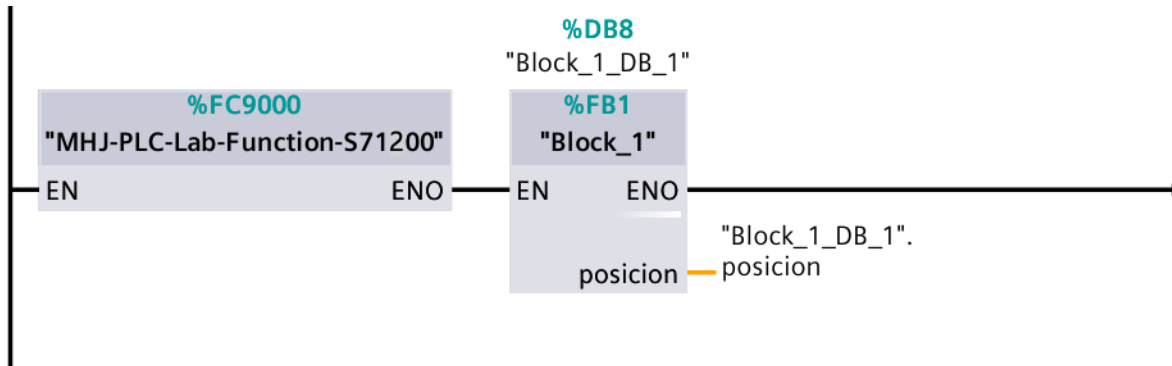
En los anexos 3, 4 y 5, se indican los esquemas de mando, fuerza y conexión del sistema respectivamente.

5.2.12. Propuesta de Control

A continuación, se muestra el bloque de TIA PORTAL, con el que se conseguirá simular el proceso en FACTORY IO.

Figura 112

MAIN TIA PORTAL.



Nota: Se indica el bloque de programación con el que se enlazar  TIA PORTAL y FACTORY IO, a través de un PLC virtual .

Ahora, se realiza la configuración del drive en FACTORY IO.

Figura 113

DRIVE FACTORY IO.

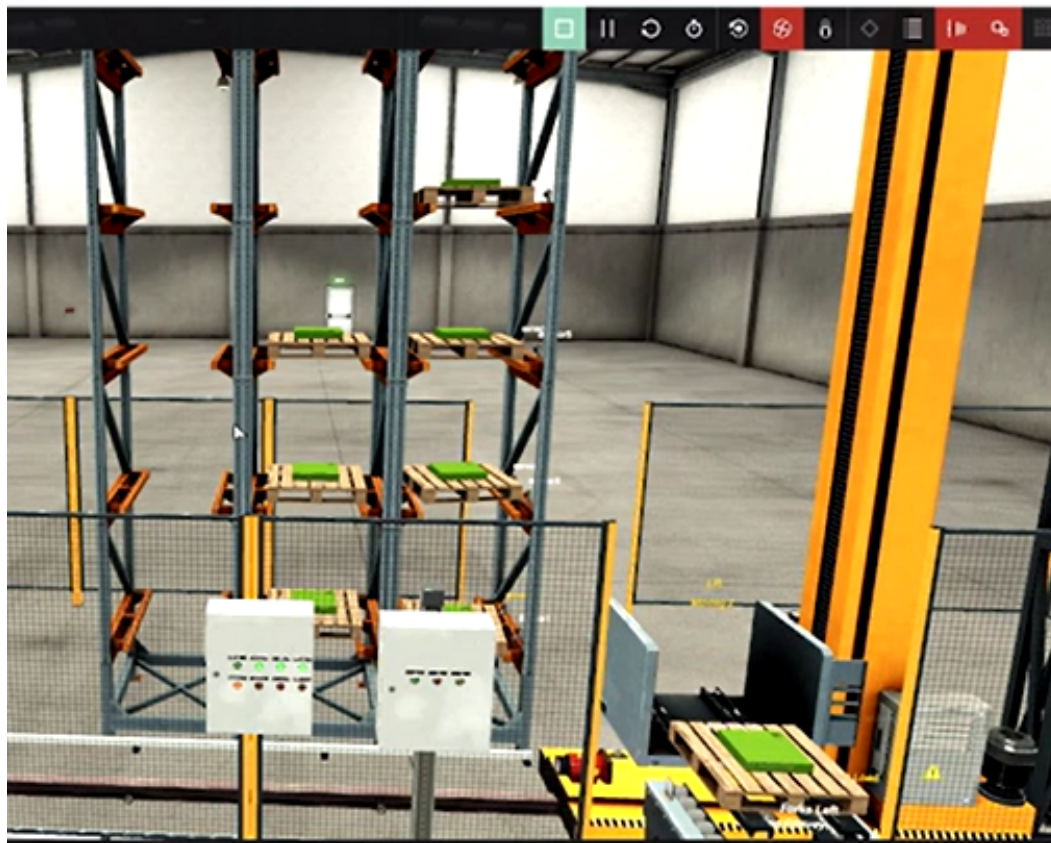
At Entry	%I20.0	%Q20.0	Entry Conveyor
At Load	%I20.1	%Q20.1	Loading Conveyor 2
At Left	%I20.2	%Q20.2	Forks Left
At Middle	%I20.3	%Q20.3	Forks Right
At Right	%I20.4	%Q20.4	Lift
	%I20.5	%Q20.5	
sensor8	%I20.6	%Q20.6	
Moving X	%I20.7	%Q20.7	Start light
Moving Z	%I21.0	%Q21.0	Reset light
Start	%I21.1	%Q21.1	Stop light
Reset	%I21.2	%Q21.2	Objeto_P1_mal_colocado
Stop	%I21.3	%Q21.3	Objeto_P2_mal_colocado
Sensor1	%I21.4	%Q21.4	Objeto_P3_mal_colocado
sensor2	%I21.5	%Q21.5	Objeto_P4_mal_colocado
FACTORY I/O (Running)	%I21.6	%Q21.6	Objeto_P1_colocado_correctamente
sensor3	%I21.7	%Q21.7	Objeto_P2_colocado_correctamente
sensor4	%I22.0	%Q22.0	Objeto_P3_colocado_correctamente
sensor5	%I22.1	%Q22.1	Objeto_P4_colocado_correctamente
sensor7	%I22.2	%Q22.2	
sensor6	%I22.3	%Q22.3	
	%ID30	(DINT) %QD30	Target Position
	%ID34	%QD34	
	%ID38	%QD38	
	%ID42	%QD42	

Nota: Se muestra la configuración del drive en FACTORY IO .

Luego de haber enlazado la programación en TIA PORTAL con FACTORY IO, se inicia la simulación del proceso de almacenamiento de contenedores.

Figura 114

SIMULACIÓN EN FACTORY IO.



Nota: Se enseña la simulación del proceso en FACTORY IO .

Al correr la simulación, se observó que el sistema de almacenamiento funciona correctamente, pues lleva el producto desde el final de la banda transportadora hasta el almacén, donde deposita la carga, momento en el que se indica si está o no correctamente colocada a través de luminarias.

6. Resultados

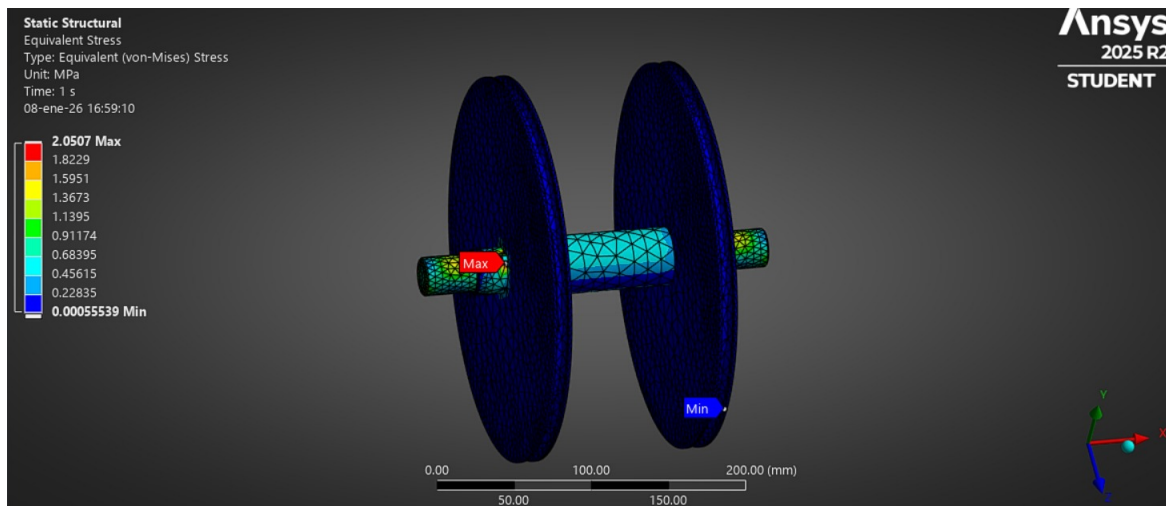
6.1. Diseño Mecánico de un Dispositivo Automatizado para el Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado en Frigoríficos Verticales

Con el uso del software Ansys, se obtuvo el valor del esfuerzo y deformación de los componentes del sistema de almacenamiento, mismos que se pueden observar en las figuras desde la 117 hasta la 130.

6.1.1. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portapoleas

Figura 115

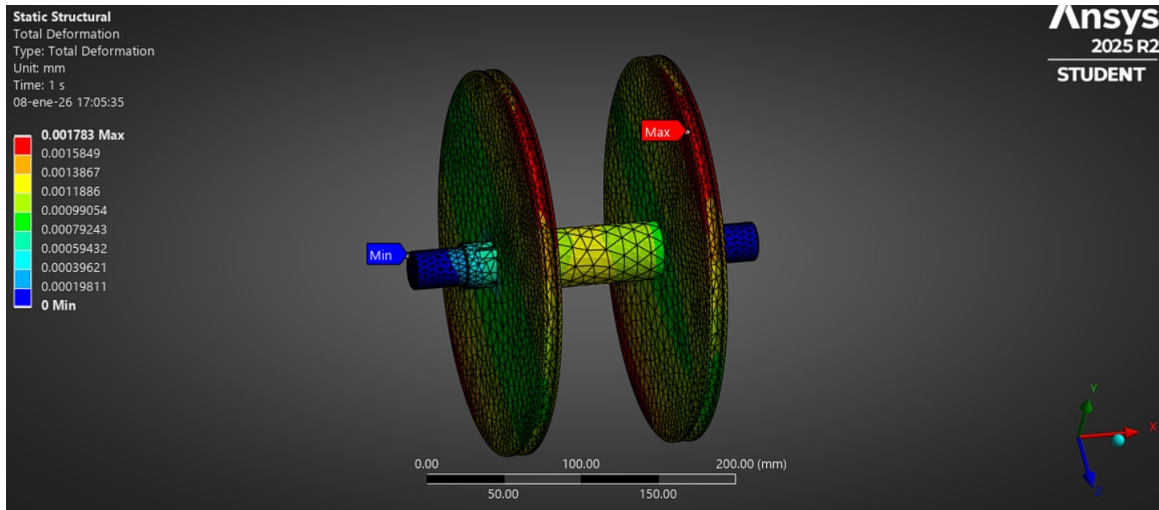
ESFUERZO EN EL EJE PORTAPOLEAS.



Nota: Se observa el valor del esfuerzo que soporta el eje portapoleas.

Figura 116

DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTAPOLEAS.



Nota: Se observa el valor de la deformación que presenta el eje portapoleas.

A continuación, en la tabla 20, se muestra una comparación de los resultados calculados y los valores simulados, versus los valores permisibles que posee el material empleado.

Tabla 20

Resultados del Eje Portapoleas.

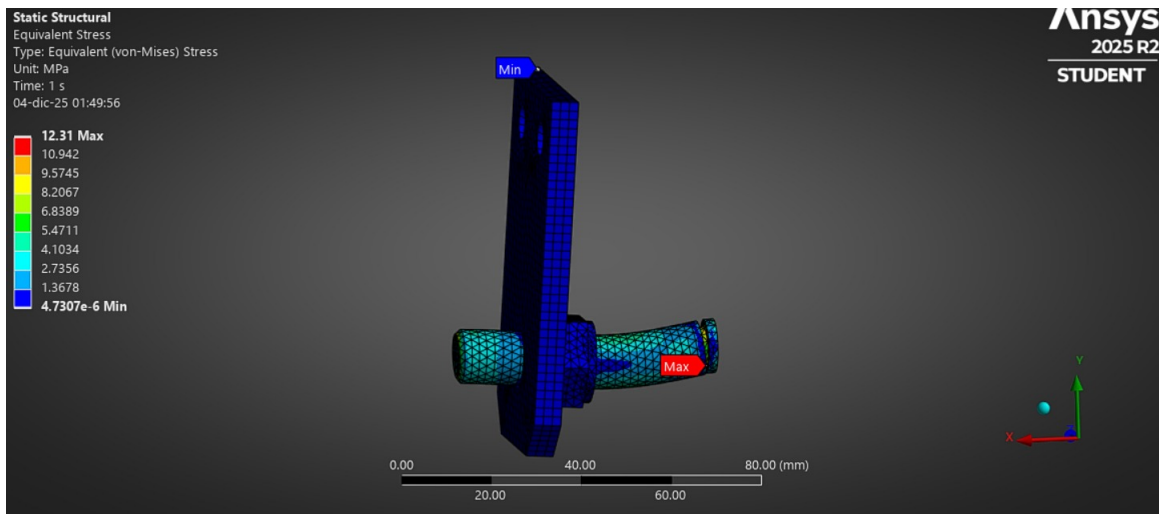
Criterio	Valor Calculado	Valor Simulado	Valor Permissible
Esfuerzo	1,67 MPa	2,05 MPa	310-450 MPa (eje y poleas) 600-800 MPa (rodamientos de chumaceras) 98-285 MPa (soporte de chumaceras)
Deformación	0,001920 mm	0,001783 mm	-

Nota: En la tabla 20 se muestra la comparación de los resultados calculados y los resultados simulados del esfuerzo y la deformación del eje portapoleas, versus el valor permisibles del material.

6.1.2. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portaruedas Secundarias

Figura 117

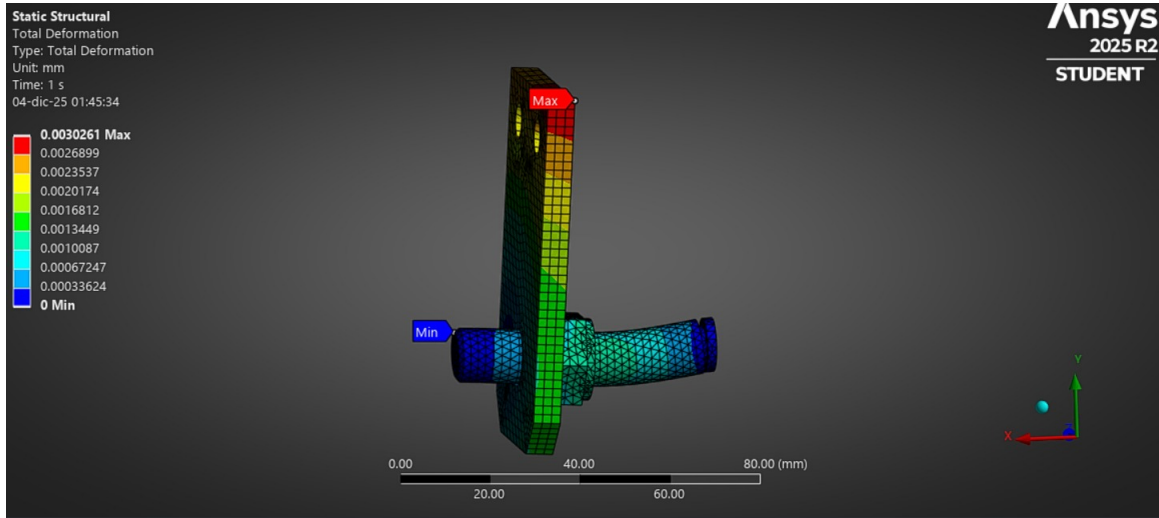
ESFUERZO EN EL EJE PORTARUEDAS SECUNDARIAS.



Nota: Se observa el valor del esfuerzo que soporta el eje portaruedas secundarias.

Figura 118

DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTARUEDAS SECUNDARIAS.



Nota: Se observa el valor de la deformación que presenta el eje portaruedas secundarias.

A continuación, en la tabla 21, se muestra una comparación de los resultados calculados y los valores simulados, contra los valores permisibles dados por el material usado.

Tabla 21

Resultados del Eje Portaruedas Secundarias.

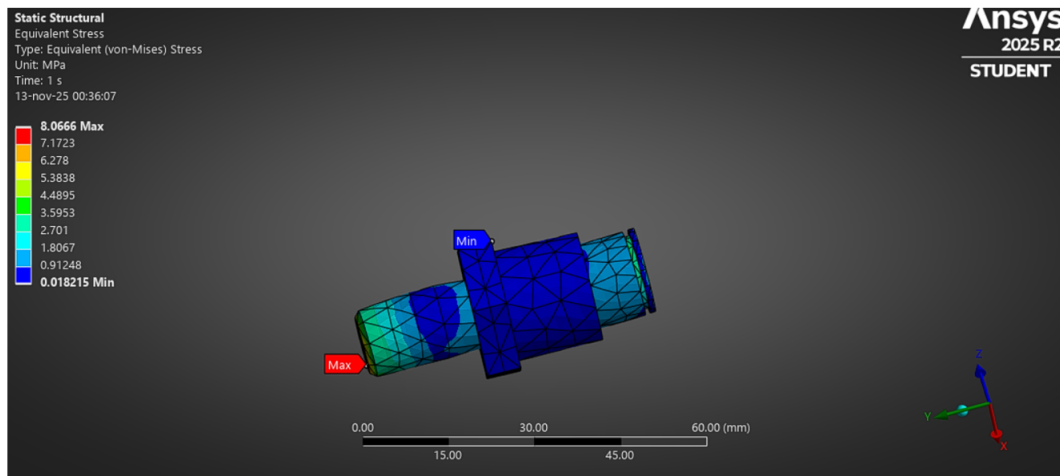
Criterio	Valor Calculado	Valor Simulado	Valor Permissible
Esfuerzo	12,18 MPa	12,31 MPa	310-450 MPa
Deformación	0,0035322 mm	0,0030261 mm	-

Nota: En la tabla 21 se indica la comparación de los resultados calculados y los resultados simulados del esfuerzo y la deformación del eje portaruedas secundarias, contra el valor permissible del material.

6.1.3. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portaruedas Verticales

Figura 119

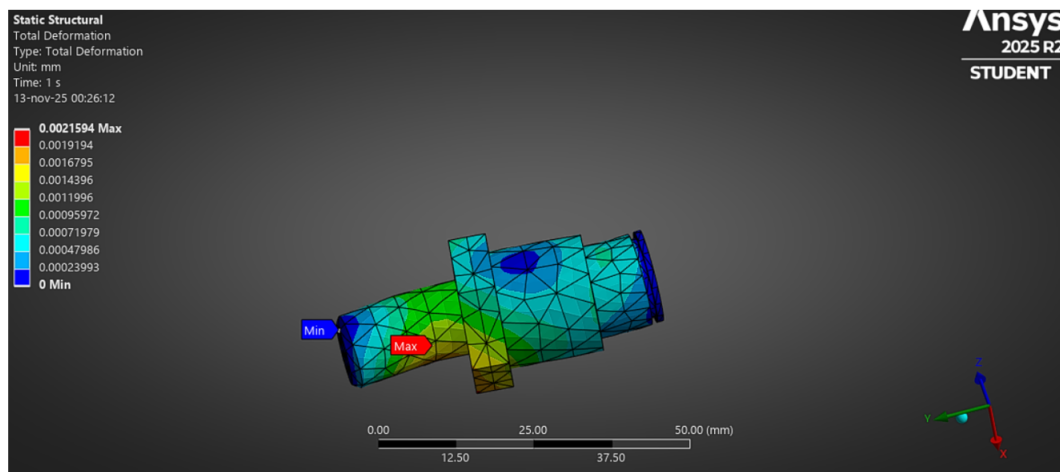
ESFUERZO EN EL EJE PORTARUEDAS VERTICALES.



Nota: Se muestra el valor del esfuerzo que soporta el eje portaruedas verticales.

Figura 120

DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTARUEDAS VERTICALES.



Nota: Se observa el valor de la deformación que presenta el eje portaruedas verticales.

A continuación, en la tabla 22, se muestra una comparación de los resultados calculados y los valores simulados, versus, los valores permisibles dados por el material empleado.

Tabla 22

Resultados del Eje Portaruedas Verticales.

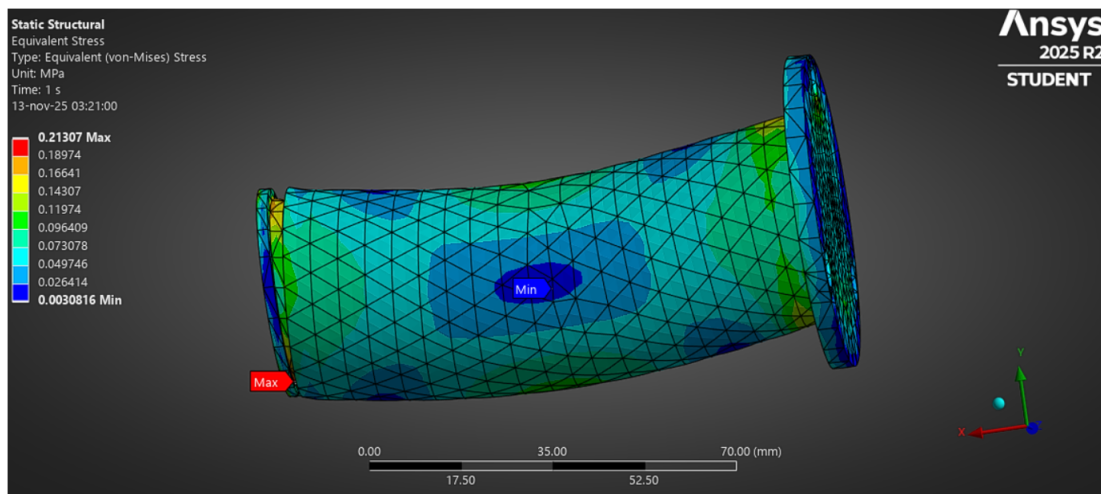
Criterio	Valor Calculado	Valor Simulado	Valor Permissible
Esfuerzo	8,56 MPa	8,07 MPa	310-450 MPa
Deformación	0,0021828 mm	0,0021594 mm	-

Nota: En la tabla 22 se indica la comparación de los resultados calculados con los resultados simulados del esfuerzo y la deformación del eje portaruedas verticales, versus, los valores permisibles del material.

6.1.4. Análisis del Esfuerzo y Deformación en el Eje Portaruedas Principales

Figura 121

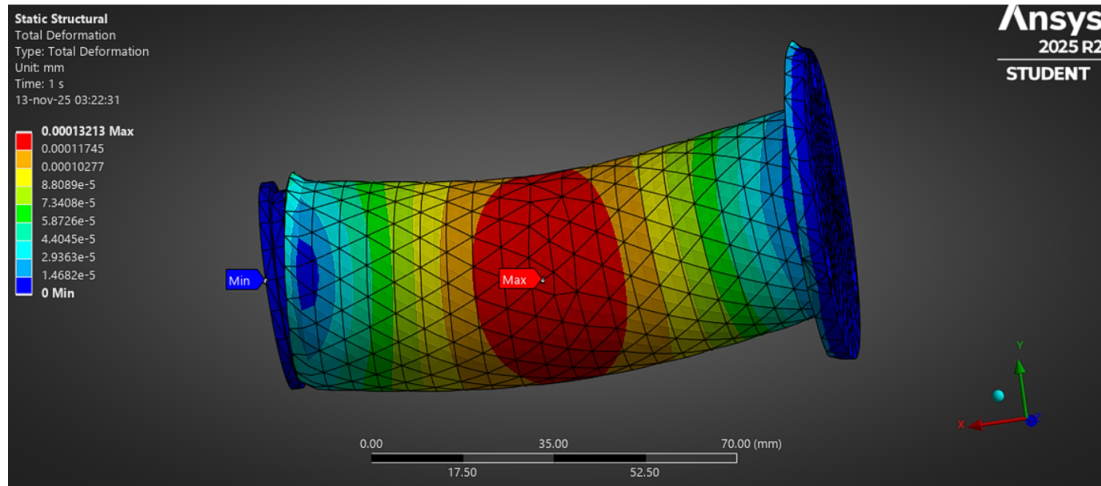
ESFUERZO EN EL EJE PORTARUEDAS PRINCIPALES.



Nota: Se muestra el valor del esfuerzo que soporta el eje portaruedas principales.

Figura 122

DEFORMACIÓN EN EL EJE PORTARUEDAS PRINCIPALES.



Nota: Se observa el valor de la deformación que presenta el eje portaruedas principales.

Ahora, en la tabla 23, se indica una comparación de los resultados calculados y los valores simulados, contra los valores permisibles del material empleado.

Tabla 23

Resultados del Eje Portaruedas Principales.

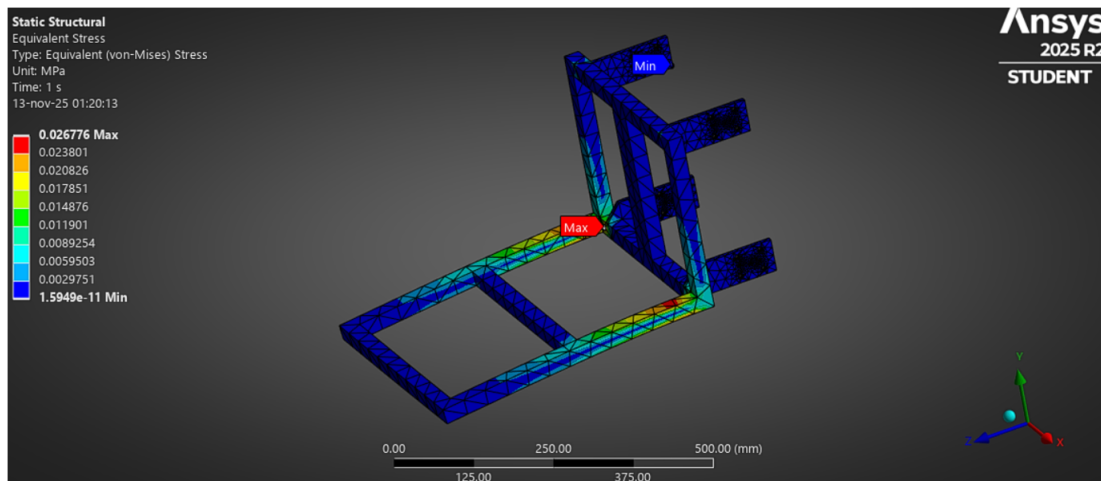
Criterio	Valor Calculado	Valor Simulado	Valor Permissible
Esfuerzo	0,215 MPa	0,213 MPa	310-450 MPa
Deformación	0,0001161 mm	0,0001321 mm	-

Nota: En la tabla 23 se indica la comparación de los resultados calculados con los resultados simulados del esfuerzo y la deformación del eje portaruedas principales, contra los valores permisibles del material.

6.1.5. Análisis del Esfuerzo y Deformación en Portabandejas

Figura 123

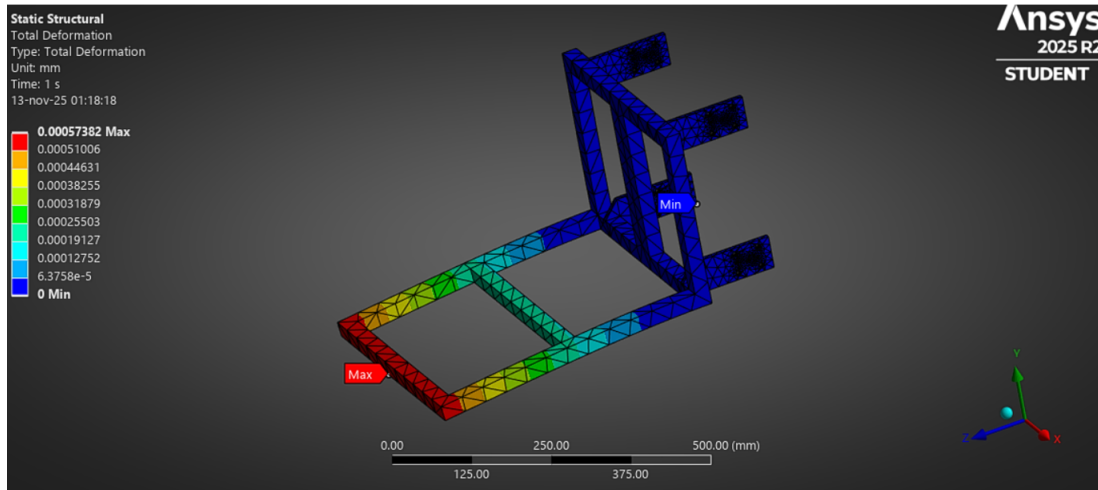
ESFUERZO EN EL PORTABANDEJAS.



Nota: Se muestra el valor del esfuerzo que soporta el portabandejas.

Figura 124

DEFORMACIÓN EN EL PORTABANDEJAS.



Nota: Se observa el valor de la deformación que presenta el portabandejas.

Ahora, en la tabla 24, se indica una comparación de los resultados calculados y los valores simulados, versus, los valores permisibles que otorga el material usado.

Tabla 24

Resultados del Portabandejas.

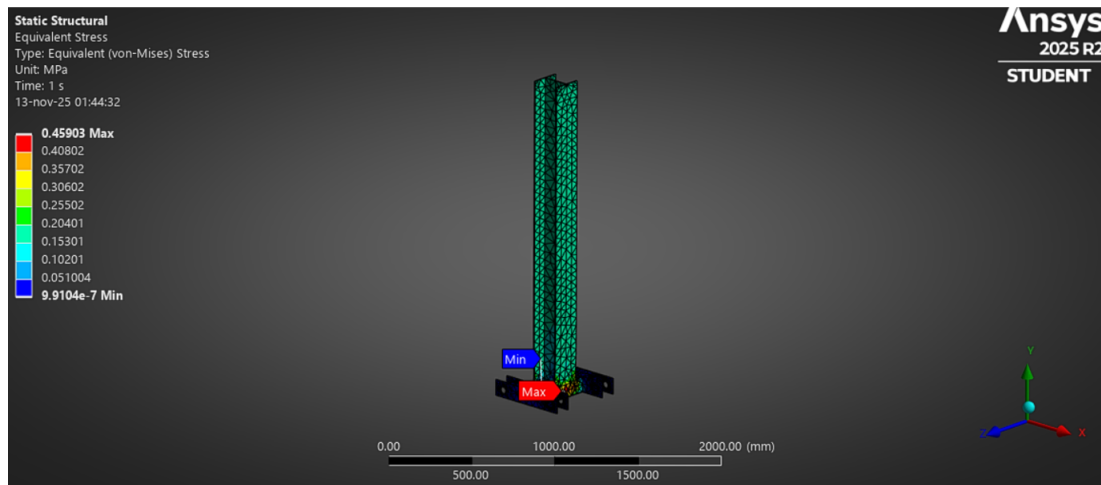
Criterio	Valor Calculado	Valor Simulado	Valor Permissible
Esfuerzo	0,027118 MPa	0,026776 MPa	$\geq 250MPa$
Deformación	0,00055 mm	0,00057 mm	-

Nota: En la tabla 24 se indica la comparación de los resultados calculados con los resultados simulados del esfuerzo y la deformación del portabandejas, versus, los valores permisibles del material.

6.1.6. Análisis del Esfuerzo y Deformación en la Columna

Figura 125

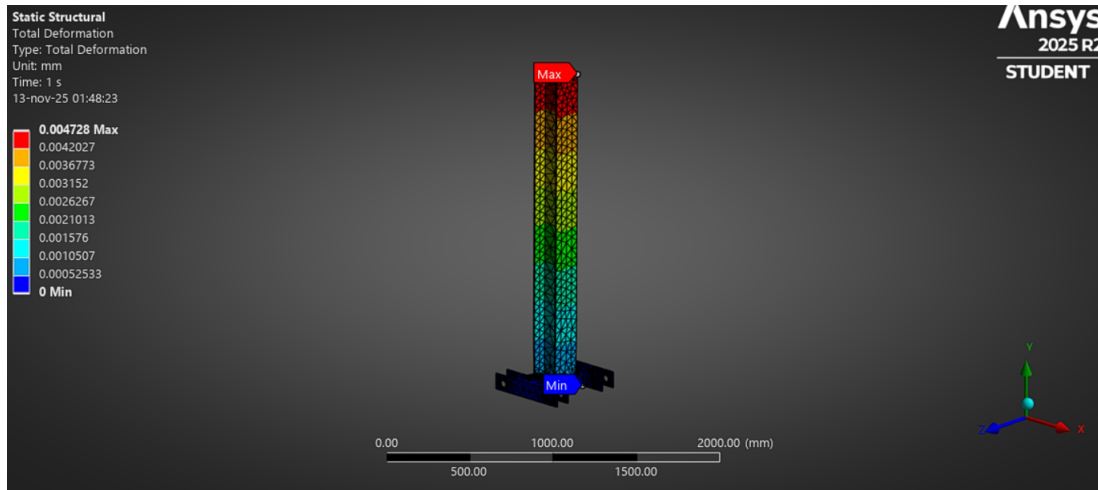
ESFUERZO EN LA COLUMNA.



Nota: Se muestra el valor del esfuerzo que soporta la columna.

Figura 126

DEFORMACIÓN EN LA COLUMNA.



Nota: Se observa el valor de la deformación que presenta la columna.

Ahora, en la tabla 25, se indica una comparación de los resultados calculados y los valores simulados, contra los valores permisibles dados por el material aplicado.

Tabla 25

Resultados de la Columna.

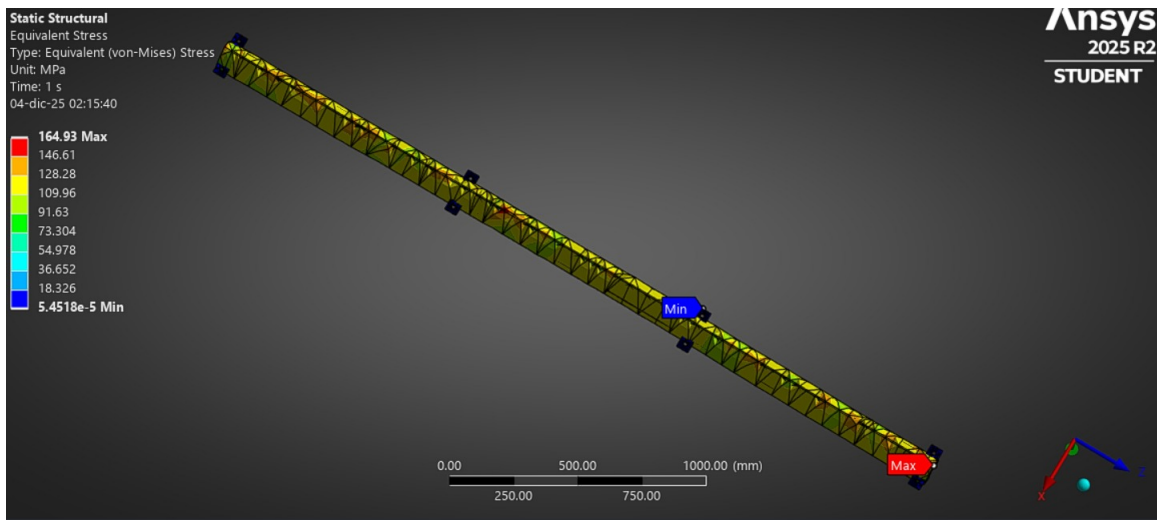
Criterio	Valor Calculado	Valor Simulado	Valor Permissible
Esfuerzo	0,45532 MPa	0,45903 MPa	$\geq 250MPa$
Deformación	0,0045 mm	0,0047 mm	-

Nota: En la tabla 25 se indica la comparación de los resultados calculados con los resultados simulados del esfuerzo y la deformación de la columna, contra los valores permisibles del material.

6.1.7. Análisis del Esfuerzo y Deformación en la Riel Base

Figura 127

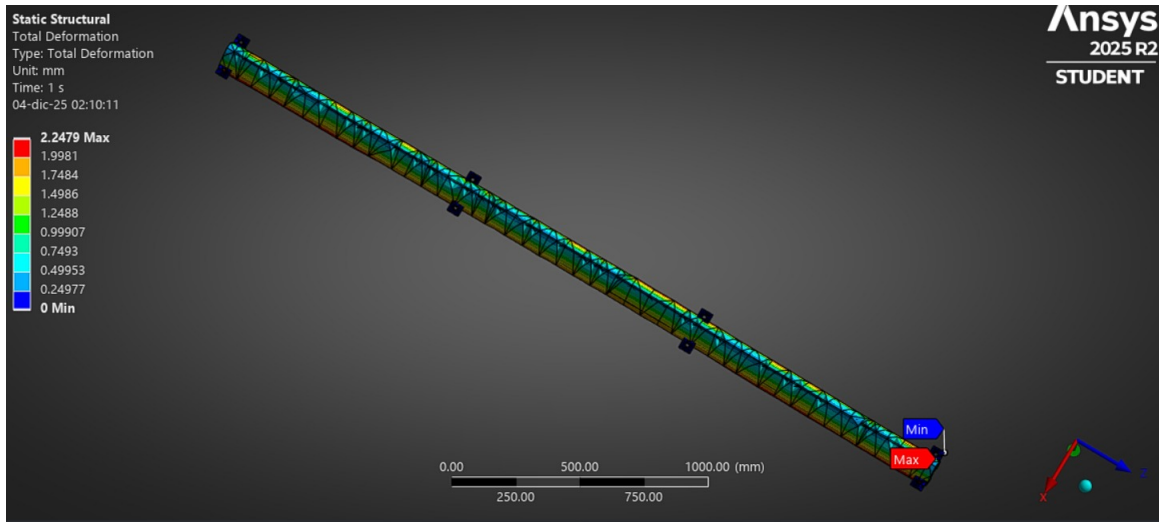
ESFUERZO EN LA RIEL BASE.



Nota: Se muestra el valor del esfuerzo que soporta la riel.

Figura 128

DEFORMACIÓN EN LA RIEL BASE.



Nota: Se observa el valor de la deformación que presenta la riel base.

Ahora, en la tabla 26, se indica una comparación de los resultados calculados y los valores simulados, versus, los valores permisibles que otorga el material empleado.

Tabla 26

Resultados de la Riel Base.

Criterio	Valor Calculado	Valor Simulado	Valor Permissible
Esfuerzo	164,88 MPa	164,93 MPa	$\geq 250 MPa$
Deformación	2,638 mm	2,248 mm	-

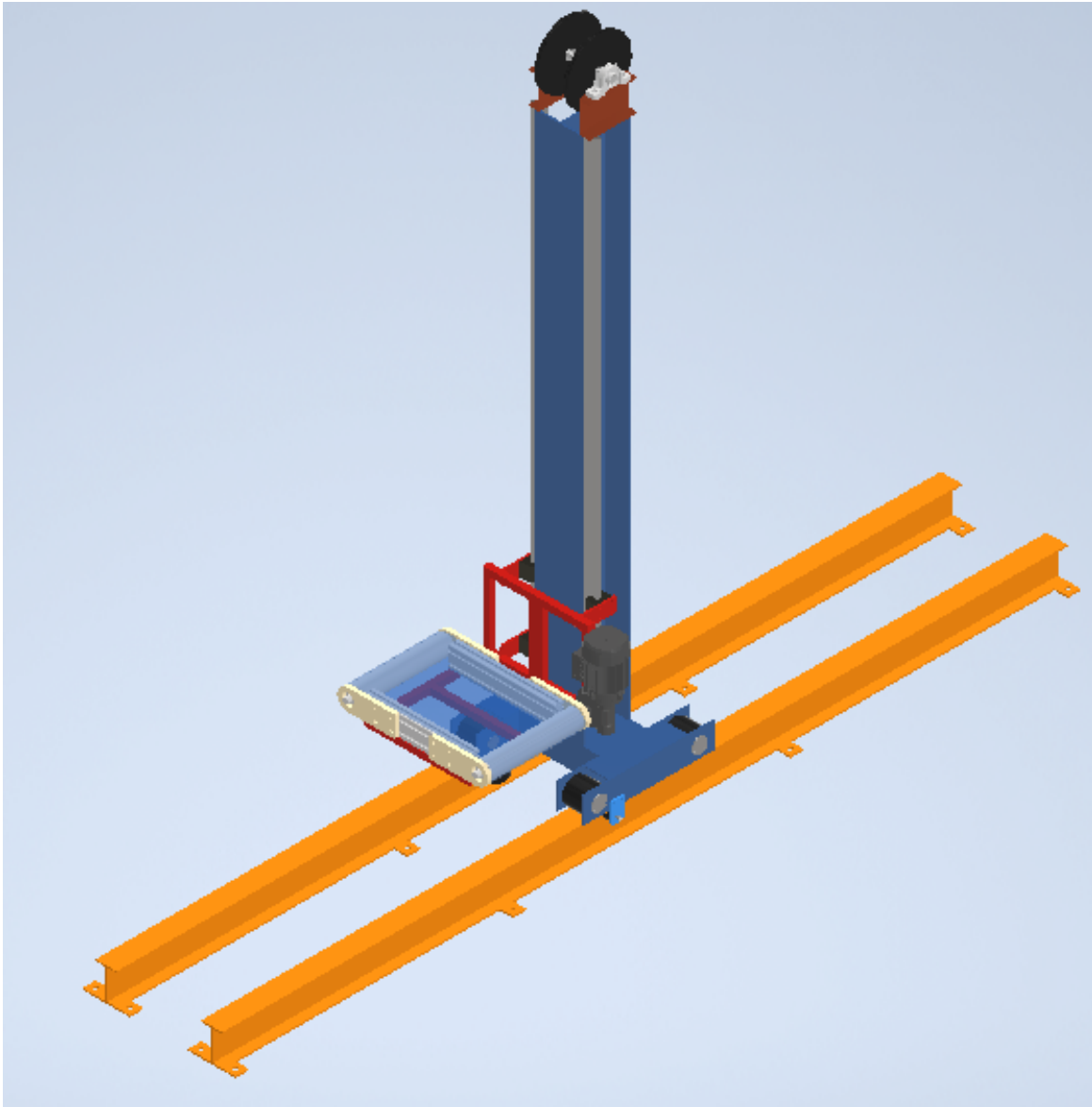
Nota: En la tabla 26 se indica la comparación de los resultados calculados con los resultados simulados del esfuerzo y la deformación de la riel, versus los valores permisibles del material.

6.1.8. Modelado Final del Sistema Mecatrónico para el Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado

Ahora, en la figura 131, se presenta el diseño mecánico final, en el que, el sistema recoge el producto terminado mediante la banda colocada en el portabandejas, luego, traslada la carga hacia el frigorífico a través de movimientos de elevación y traslación, para finalmente, almacenar el producto en la posición deseada dentro del frigorífico. El proceso descrito permite reducir el tiempo de almacenamiento, la fatiga física del operario y evitar la contaminación del producto.

Figura 129

Diseño Mecánico para el Sistema de Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado.



Nota: Se observa el diseño mecánico del sistema de almacenamiento.

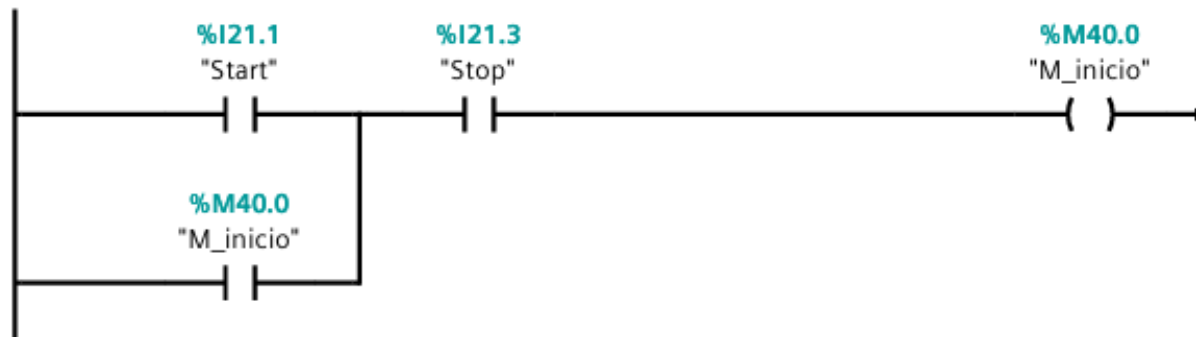
6.2. Diseño del Sistema de Control de un Dispositivo Automatizado para el Almacenamiento de Contenedores con Producto Terminado en Frigoríficos Verticales

La máquina de estados elaborada para diseñar la estrategia de control, que se encuentra establecida en la figura 108, y en las tablas 14, 15 y 16, fue instaurada en el software de TIA Portal, empleando marcas internas, temporizadores, contadores y salidas digitales que permiten controlar el comportamiento cíclico del sistema de almacenamiento.

A continuación, en las figuras 132 y 133, se muestran las ramas de programación dónde se definen las formas de transición al estado de detención del dispositivo:

Figura 130

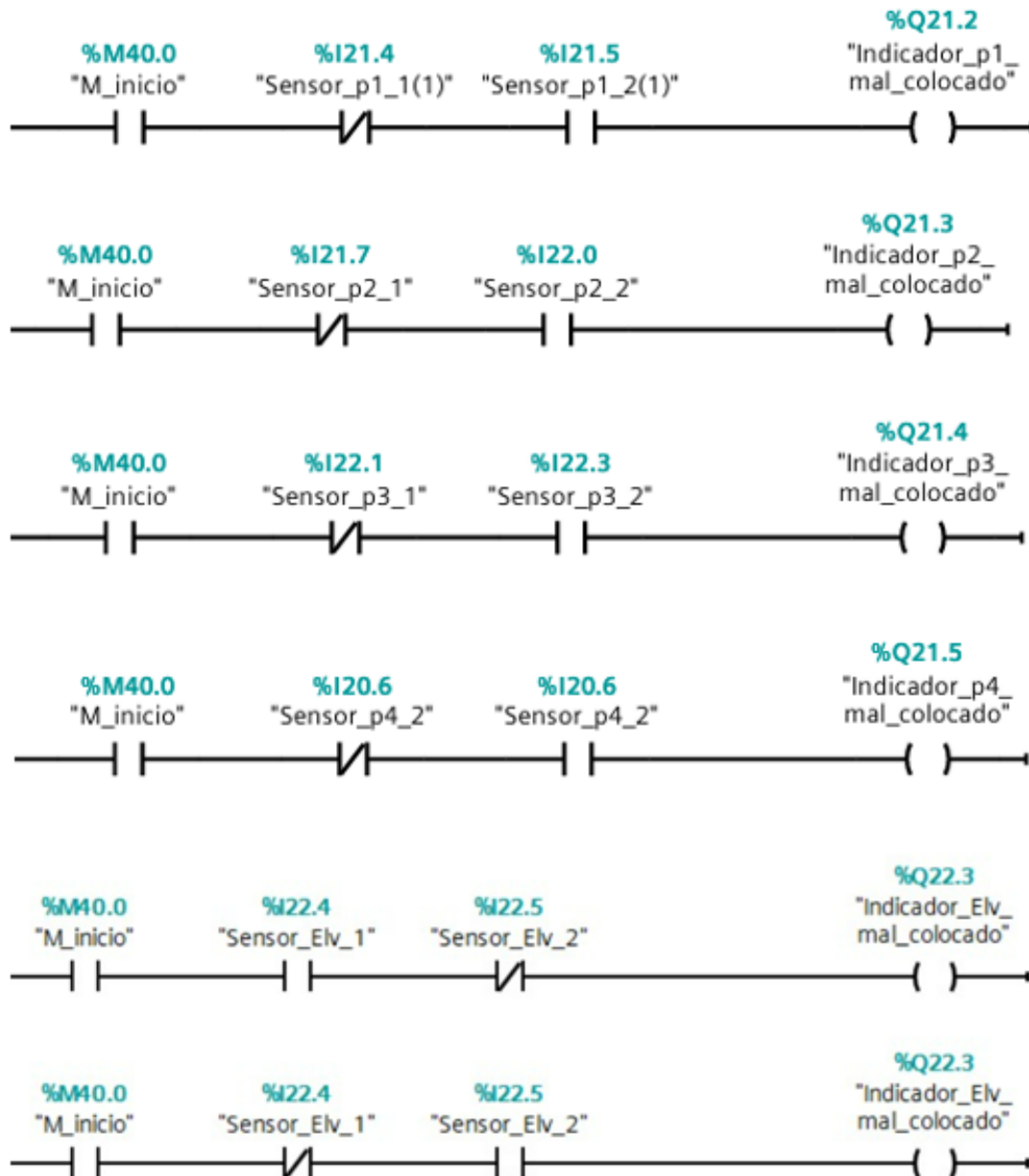
Estado de Detención del Dispositivo - Pulsante de Paro.



Nota: Se observa la programación en Tia Portal para lograr pasar del estado de reinicio o funcionamiento normal hacia el estado de detención del dispositivo, mediante el pulsante de paro.

Figura 131

Estado de Detención del Dispositivo - Indicador Objeto Mal Colocado.

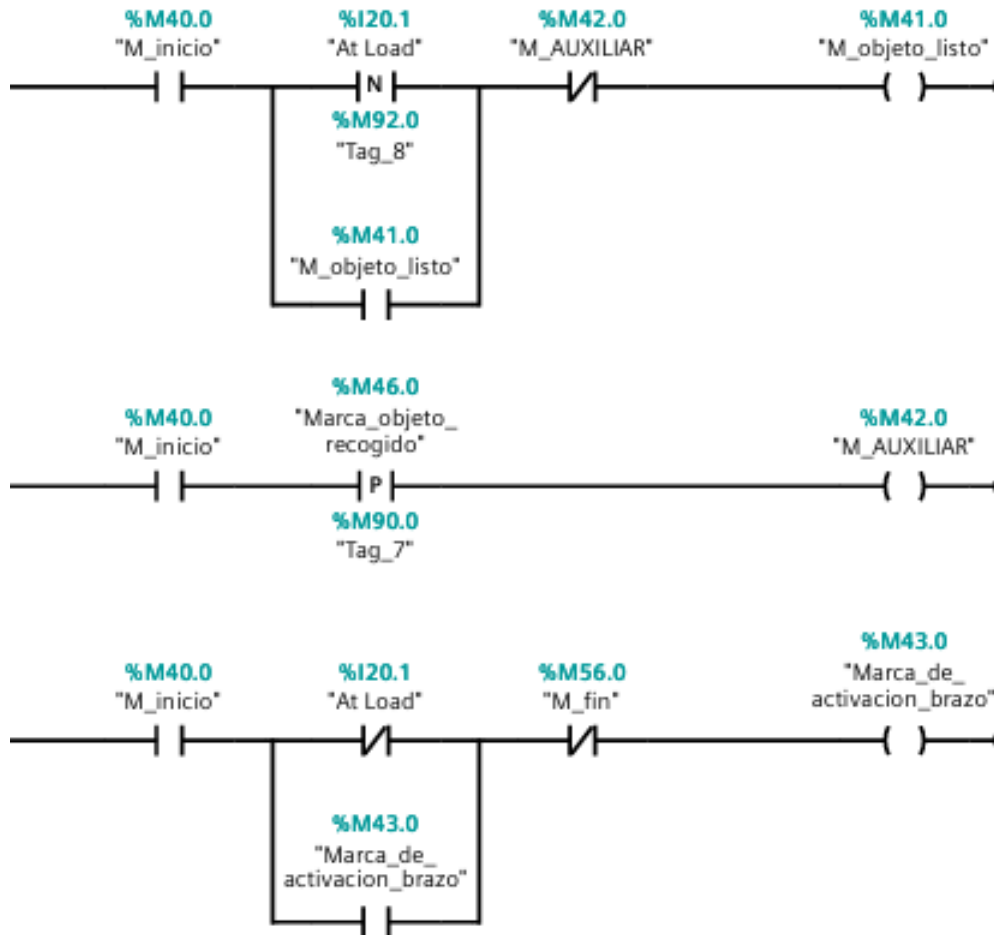


Nota: Se indica la programación en Tia Portal para lograr la detención del dispositivo al activarse los indicadores que dictan un objeto mal colocado, debido a que alguno de los sensores fin de carrera, especificados en la tabla 14, se encuentra inactivo.

Ahora, en las figuras 134 y 135, se indican las formas de transitar desde el estado de detención o reinicio del dispositivo hacia el estado de funcionamiento normal:

Figura 132

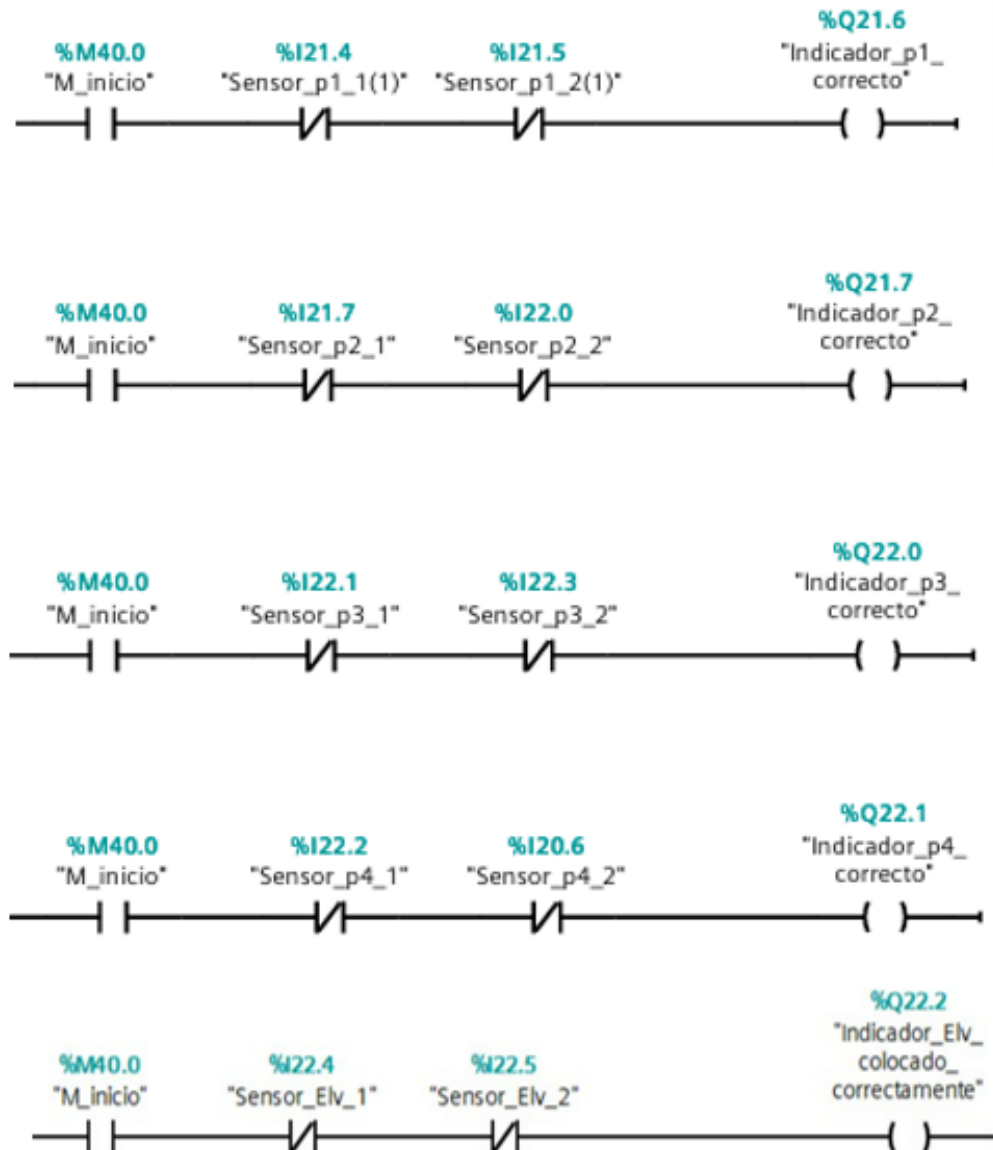
Transición hacia el Estado de Funcionamiento Normal - Sensor de Carga Lista.



Nota: Se muestra la programación en Tia Portal para lograr la transición hacia el estado de funcionamiento normal del sistema.

Figura 133

Estado de Funcionamiento Normal del Dispositivo - Indicador Objeto Correctamente Colocado.



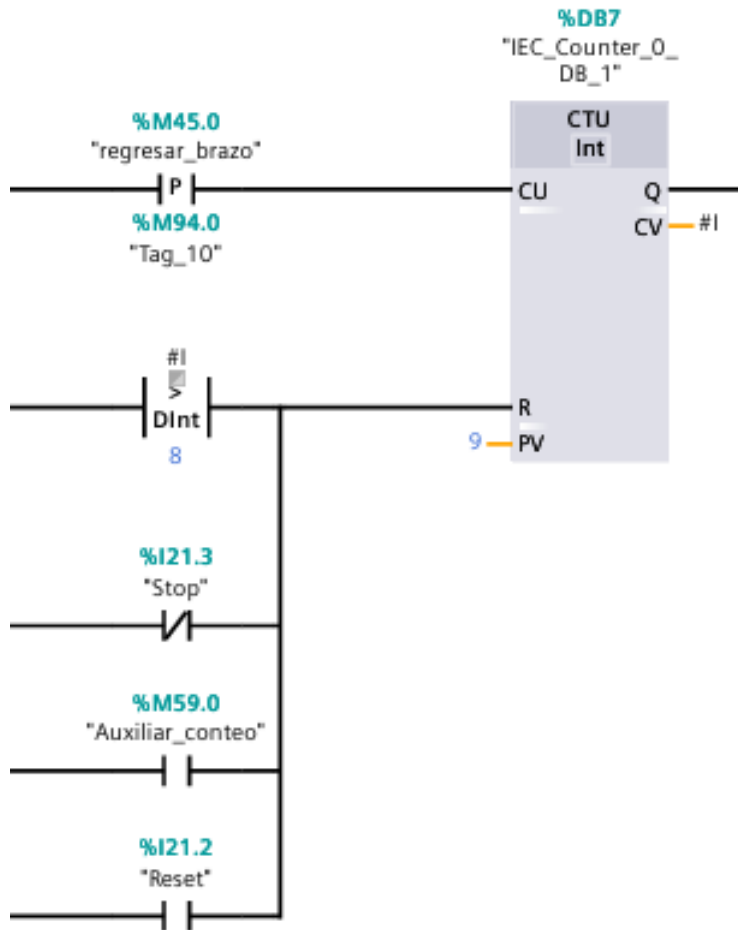
Nota: Se indica la programación en Tia Portal para conseguir el funcionamiento normal del dispositivo al activarse los indicadores de objeto correctamente colocado, cuando todos los sensores fin de carrera se encuentran activos, los mismos que están definidos en la tabla 16.

Del mismo modo, en la figura 136, se muestra la transición desde el estado de detención o

funcionamiento normal del dispositivo hasta el estado de reinicio:

Figura 134

Transición hacia el Estado de Reinicio - Pulsante de Reinicio.

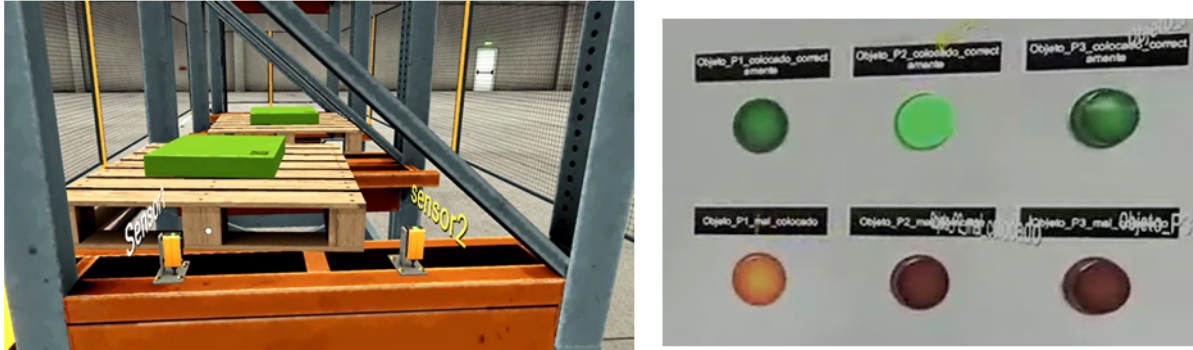


Nota: Se señala la programación en Tia Portal para lograr la transición hacia el estado de reinicio del sistema.

Como siguiente punto, en la figura 137, se evidencia la simulación de la propuesta de control planteada, en el software Factoy I/O.

Figura 135

Simulación de la Propuesta de Control.



Nota: Se observa la simulación de la estrategia de control en el software Factory I/O.

Como resultado de la propuesta de control elaborada, se evidenció que los tres estados establecidos en la máquina de estados, se encuentran funcionando correctamente dentro de la programación en el software de TIA Portal, consintiendo un cumplimiento organizado, seguro y congruente con la secuencia de almacenamiento. Asimismo, la simulación realizada en Factory I/O asegura que las transiciones entre los estados manifiestan exactamente las circunstancias expresadas en las Tablas 17, 18 y 19, validando el diseño del sistema de control sugerido.

7. Cronograma

Figura 136

Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																									
OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	HORAS			
Establecer los parámetros para el diseño de un dispositivo automatizado para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales.	Identificar los parámetros funcionales y técnicos que guiarán el desarrollo del diseño.	x	x																						
	Identificar los parámetros operativos y ambientales que guiarán el desarrollo del diseño.	x	x																						
	Identificar los parámetros normativos y de seguridad que guiarán el desarrollo del diseño.	x	x																						
Diseñar el prototipo mecánico de un dispositivo para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales.	Desarrollo de los cálculos para el diseño mecánico del dispositivo de almacenamiento vertical.			x	x	x																			
	Crear un prototipo virtual del diseño propuesto utilizando un software de diseño asistido por computador.					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Diseñar el sistema de control de un dispositivo para el almacenamiento de contenedores con producto terminado en frigoríficos verticales.	Plantear la estrategia del control para el dispositivo.			x	x																				
	Desarrollo del diseño electrónico para un dispositivo de almacenamiento vertical.					x	x																		
	Crear un prototipo virtual del diseño propuesto utilizando un software de diseño asistido por computador.					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
	Redacción del documento	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Total horas empleadas																									

Nota: La figura 138 da a conocer las actividades para cumplir con los objetivos planteados.

8. Presupuesto

Esta sección está dividida en:

8.1. Talento humano

Tabla 27

Recurso de talento humano.

Cargo	Nombre	Costo hora	horas al mes	Total de horas	Costo total
Tutor	Mstr. Diego Urgiles	18\$	4	48	864 \$
Autor 1	Wendy Cordero	8\$	–	240	3200 \$

Nota: En la tabla 27 se puede apreciar el costo de las 240 horas o 400 horas definidas en el cronograma de trabajo y el costo de las horas de revisión por parte del docente revisor.

8.2. Recursos materiales

La tabla 28 presenta un ejemplo del contenido.

Tabla 28

Recurso de talento humano.

Denominación	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Software	2	850	1700 \$
Laboratorios	3	200	600 \$

Nota: La tabla 28 hace referencia a los precios próximos del uso del software Autodesk, Factory Design y FlexSim. Del mismo modo, el valor por el empleo de los laboratorios se estima aproximadamente de acuerdo con el número de horas planeadas. Su valor de mercado, destaca el privilegio económico y académico otorgado por la institución, mejorando los procedimientos y certificando la calidad y exactitud de las respuestas alcanzadas. El presupuesto exhibido expone a detalle los costos relacionados a diversos ámbitos de la averiguación planteada en el trabajo de titulación. Como primer punto, se incluyen los costos asociados con el talento humano, como el tutor y los autores. Estos costos representan el valor del tiempo destinado al proyecto. se señalan los costes vinculados al empleo de instrumentos tangibles, como software y laboratorios. Dichos instrumentos son esenciales para resguardar la examinación teórica y el desarrollo del sistema mecatrónico planteado en la tesis. Sumando todos estos gastos, el costo total de ejecución del proyecto se estima en 6364.

9. Conclusiones

La definición de los parámetros funcionales, técnicos, operativos y normativos permitió obtener una base sólida para el desarrollo del dispositivo automatizado. El análisis realizado en la microempresa consintió identificar dimensiones, cargas, condiciones ambientales y necesidades del proceso que fueron esenciales para el lanzamiento del diseño. La recopilación de información normativa, así como la selección del material estructural ASTM A36 galvanizado, el acero al carbono AISI 1045 para los ejes y poleas, además del acero 52100 propio de los rodamientos y la fundición gris para el soporte de chumaceras, bridan garantías de que el sistema pueda operar en condiciones de humedad moderada y bajas temperaturas propias de un ambiente de refrigeración. En conjunto, estos parámetros garantizan que el diseño responda a las exigencias del entorno de trabajo y que cumpla con los requisitos de seguridad, funcionalidad y durabilidad.

De los 3 bocetos mecánicos presentados, el diseño 3 fue selecto al alcanzar el puntaje total más alto en la matriz de decisión mecánica, exhibido en la figura 9, con una valoración de 6,3, versus 4,3 del Diseño 2 y 5 del Diseño 1. Esta opción sobresalió fundamentalmente en los criterios de geometría, capacidad de carga, dimensiones del módulo, operabilidad, seguridad, complejidad mecánica, facilidad de uso y estabilidad, mismos que muestran ponderaciones notables dentro de la matriz de decisión. De igual modo, los resultados alcanzados en el análisis estructural del diseño mecánico demuestran que los elementos del sistema operan dentro de los límites permisibles del material escogido. En específico, para los ejes elaborados en acero AISI 1045, el esfuerzo máximo alcanzado es de aproximadamente 12 MPa, valor menor al límite elástico del material empleado en el proyecto, 310 MPa; asimismo, para los elementos producidos en acero ASTM 36, el esfuerzo máximo soportado fue de 164 MPa, cuantía inferior al valor permisible del material mencionado, 250 MPa; del mismo modo, el acero AISI 52100, usado en los rodamientos, y la fundición gris para el soporte de las chumaceras, soportan un esfuerzo máximo alrededor de 2 MPa, cantidad reducida comparada con el valor permisible de los materiales, 600 MPa y 98 MPa respectivamente, lo que ratifica que el sistema maniobra dentro del estado elástico y con seguridad adecuada. Los resultados expuestos y la valoración cuantitativa de la matriz de decisión, amparan la selección del boceto 3 como la elección más apropiada desde la perspectiva estructural y funcional.

Finalizado el diseño del sistema de control, se admite la elección del controlador PLC S7-1200, mismo que obtuvo la mayor puntuación total en la matriz de decisión, presentada en la figura 110, con una valoración de 7,45, superando el valor de 6,8 del S7-1500 y al puntaje de 5,5 del S7-300. Esta opción predominó esencialmente en los parámetros de costo, ajuste a la necesidad, confiabilidad, capacidad de integración y capacidad de E/S analógicas y digitales. A pesar de que existen controladores con mayores servicios en velocidad, el S7-1200 posee la proporción más conveniente entre desempeño, funcionalidad y costo, lo que explica por qué es la opción más apropiada para el sistema de control propuesto. Además, la simulación realizada en Factory I/O permitió verificar la lógica de funcionamiento antes de una implementación real, demostrando que el sistema responde adecuadamente a los eventos y transiciones del proceso. Esto confirma que la propuesta de control cumple con los requerimientos de automatización y garantiza un almacenamiento útil y ordenado.

En recapitulación, el desarrollo del presente proyecto permitió incluir de manera lógica los atributos funcionales, mecánicos y de control en el diseño de un sistema automatizado acondicionado a las circunstancias reales de una microempresa. La mezcla del análisis del

ambiente de producción, la selección de materiales adecuada, el empleo de matrices de decisión para la preferencia del boceto mecánico y el dispositivo que comandará el sistema de control, y la verificación estructural a través de resultados de esfuerzos, garantizan que el diseño propuesto cumpla con criterios de funcionalidad y seguridad. Igualmente, la comprobación del sistema de control mediante una simulación corroboró el desempeño adecuado del procedimiento antes de una implementación física, disminuyendo los riesgos operacionales. En adición, los resultados alcanzados manifiestan que el diseño planteado es funcional y dispuesto como una solución automatizada que favorezca a mejorar el proceso de almacenamiento, estableciéndose como base para futuras mejoras o incrementos del sistema.

10. Recomendaciones

- Profundizar en la validación del prototipo

Se recomienda que futuras investigaciones desarrollen y construyan un prototipo físico del dispositivo automatizado con el fin de validar experimentalmente los resultados obtenidos en el análisis mecánico y las simulaciones realizadas. Esto permitirá evaluar el comportamiento real del sistema bajo condiciones de carga, temperatura y humedad propias del entorno de trabajo, así como identificar ajustes necesarios en cuanto a materiales, uniones y configuraciones de movimiento.

- Incorporar un análisis energético y de consumo eléctrico

Para estudios posteriores, sería conveniente incluir un análisis detallado del consumo energético del sistema, considerando diferentes tipos de actuadores, motores y configuraciones de control. Esto permitiría optimizar la eficiencia energética del dispositivo automatizado, especialmente en microempresas donde los costos operativos tienen un impacto significativo. Además, se sugiere evaluar la posibilidad de implementar técnicas de gestión energética como arranques suaves, modos de reposo o sistemas de recuperación de energía.

- Ampliar la automatización hacia un sistema de almacenamiento inteligente

Se recomienda explorar la integración de tecnologías adicionales que permitan evolucionar el dispositivo hacia un sistema de almacenamiento inteligente. Entre estas se podrían considerar sensores de identificación por radiofrecuencia (RFID), monitoreo remoto mediante IoT y sistemas de trazabilidad del producto. Estas mejoras facilitarían el control del inventario, permitirían un registro automático de la producción y mejorarían

la gestión interna del proceso, especialmente en microempresas que buscan aumentar su competitividad.

Referencias

- Alfonsin, G. (2010). Notas técnicas. Recuperado el 8 de mayo de 2024, de Definición de helado según la enciclopedia:<http://www.heladoartesanal.com/historiaheladartesanal.html>
- Alro Steel. (2025). Perfiles de acero galvanizado A-36 – Ángulos y canales de acero galvanizado A-36. Obtenido de https://www.alro.com/divsteel/metals_gridpt.aspx?gp=0322
- AR Racking. (2025). Almacenaje en frío: retos logísticos y soluciones. Obtenido de <https://www.ar-racking.com/es/blog/almacenaje-en-frio-retos-logisticos-y-soluciones/>
- BAMA Sistemas. (2025). Sistema Shuttle para almacén. Obtenido de <https://bama.es/sistema-shuttle-para-almacen/>
- Castro Medina, J. A., Martínez González, G. Y., Ravelo Acuña, F. J. (2011). Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehículos de carga. Recuperado en abril de 2024, de Tesis IPN:
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10563/1/100.pdf>
- Castiñeira, N. (2013). Sistemas de control. Recuperado el 8 de mayo de 2024, de <http://www.tecnologiatecnica.com.ar/indexarchivos/Page266.htm>
- Dorf, R. C., Bishop, R. H. (2011). Sistemas mecatrónicos. Pearson.
- Félez, J. (1999). Dibujo Industrial (3ra ed). SINTESIS.
- García, E. (2012). Diseño y construcción de dosificadores. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 8 de mayo de 2024, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1902/5/04%20Diseno>
- GIEICOM. (2021). Almacenamiento automático: ¿Qué es y por qué implementarlo? Recuperado el 5 de octubre de 2021, de <https://blog.gieicom.com/almacenamiento-automatico-que-es-y-por-que-implementarlo>
- GreenyPlace. (2025). Why is grey cast iron used? Obtenido de <https://greenyplace.com/why-is-grey-cast-iron-used>

- Higiene Ambiental. (2018). Control automatizado de la temperatura en la cadena del frío: mayor eficiencia y menor margen de error. Recuperado el 22 de octubre de 2018, de <https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/control-automatizado-de-la-temperatura-en-la-cadena-del-frio-mayor-eficiencia-y-menor-margen-de-error>

- Honeywell. (2025). AS/RS. Obtenido de <https://automation.honeywell.com/mx/es/products/automation/solutions-by-technology/asrs-systems>

- Intelligence, M. (2021–2026). Ice cream market – growth, trends, covid-19 impact, and forecasts. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ice-cream-market>

- Logística Flexible. (2024). Sistemas de carrusel para logística de almacenamiento. Recuperado el 16 de agosto de 2024, de <https://ld.com.mx/blog/sin-categoria/sistemas-de-carrusel-para-logistica-de-almacenamiento>

- Norton, R. L. (2009). Diseño de maquinaria (4.^a ed.). McGraw-Hill.

- Ortega, C., y Solórzano, S. (2025). Diseño de un sistema mecatrónico para controlar el flujo de dosificación de helado en el emprendimiento Bigotes de Leche. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30010>

- Proveedora de Equipos Electromecánicos y Automatización. (2010). Reductores. Recuperado el 8 de mayo de 2024, de <http://www.stumbleupon.com/su/1hVItY/peea.com.mx/productos/reductores.html>

- Rivera Barriga, C. A. (2020). Análisis de variabilidad en la elaboración de helados utilizando herramientas de la metodología Six Sigma en la empresa “PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE LOS HELADOS DE SALCEDO CORPICECREAM S.A.” [Trabajo de titulación].

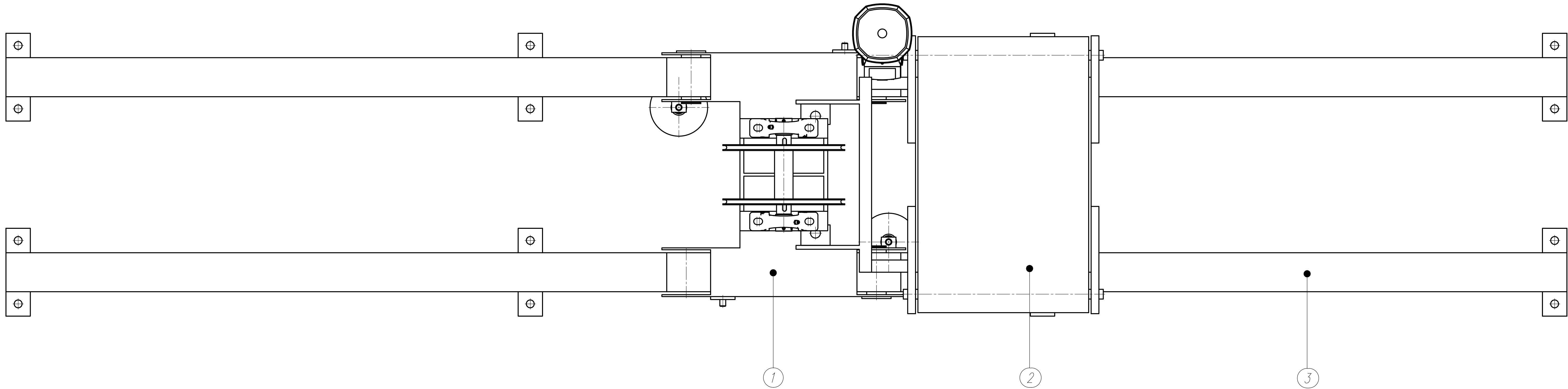
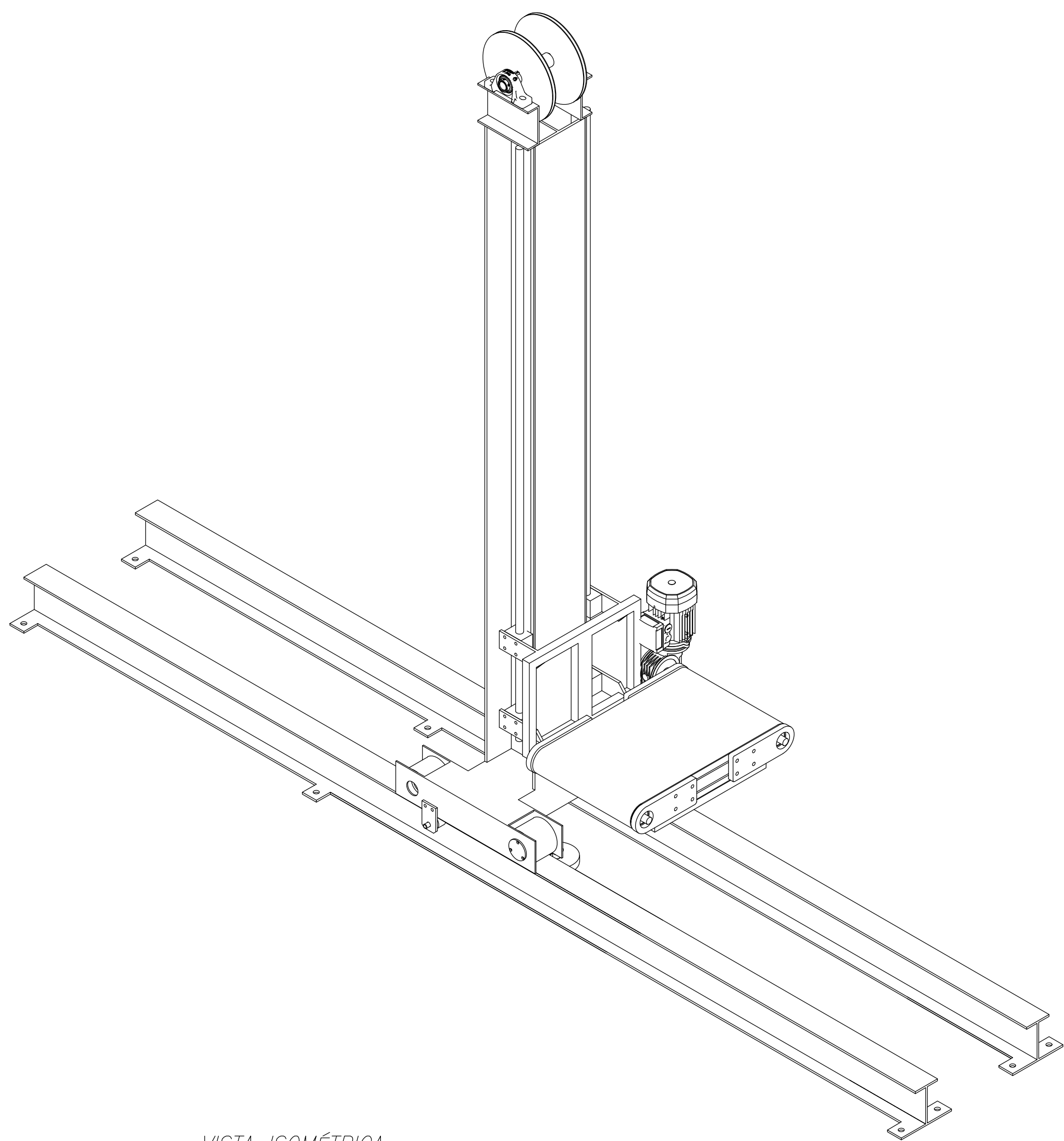
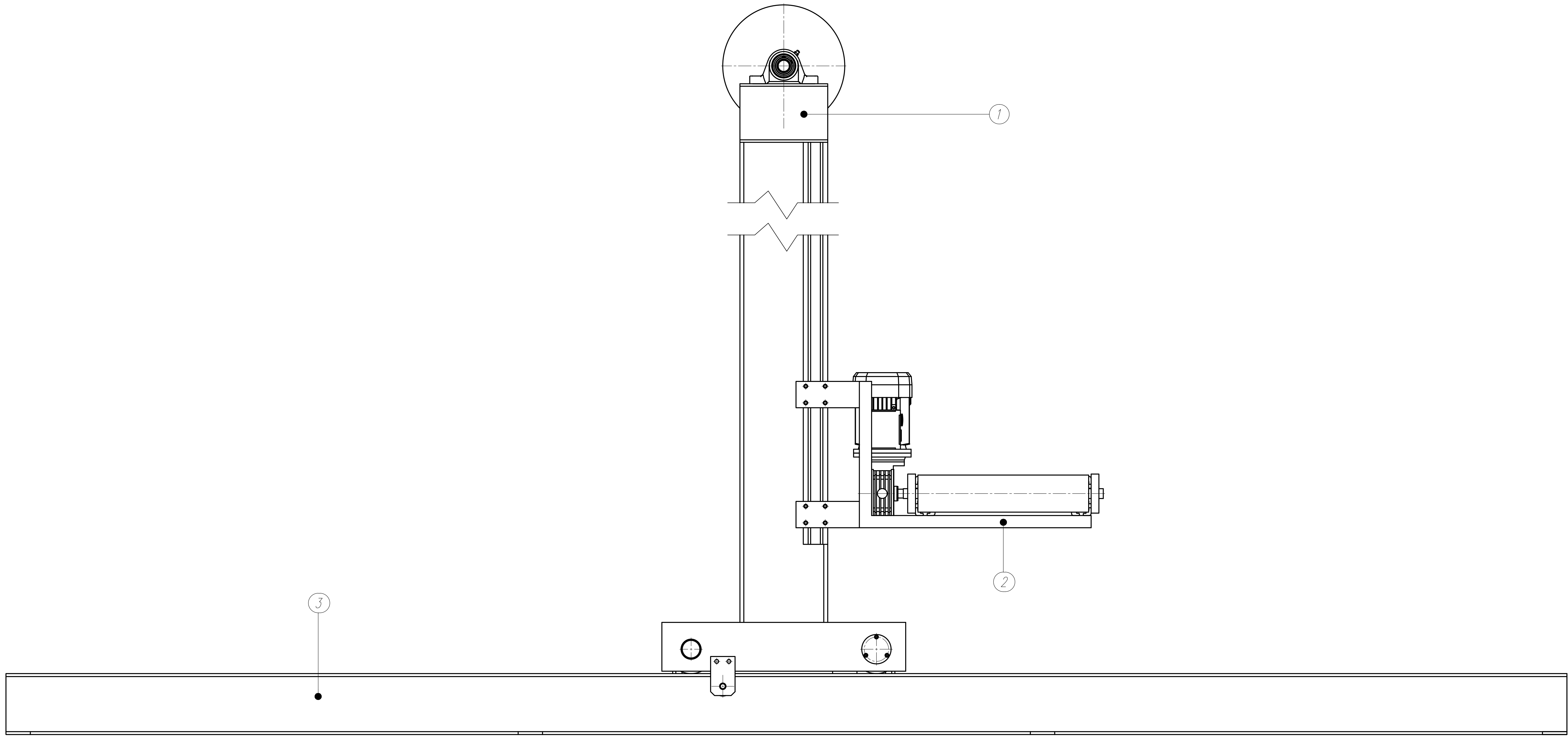
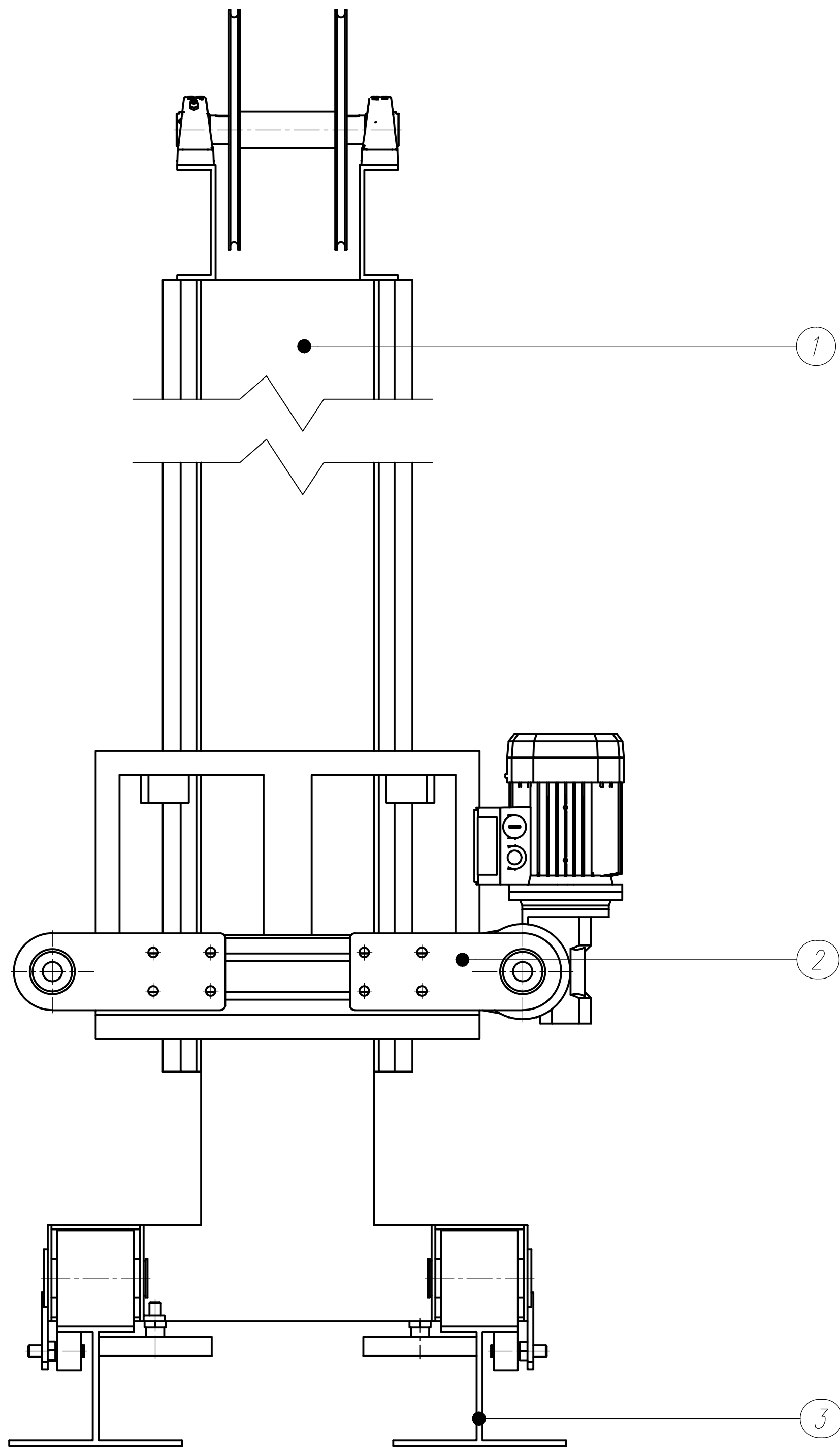
- Rivero, R. (2012). Sensores. Recuperado el 8 de mayo de 2024, de <http://rivero-martin.blogspot.com/20120401archive.html>

- Shigley, J. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9.^a ed.). McGraw-Hill.

- Simbaña Arévalo, K. A. (2015). Diseño y construcción de máquina dosificadora de helados de crema para la industria artesanal [Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5639>
- SKF. (2025). SKF bearing housings. Obtenido de https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d196803969af/pdf_preview_medium/0901d1968039
- STEEL PRO GROUP. (2025). Acero al carbono 1045: propiedades, proceso, productos. Obtenido de <https://steelprogroup.com/es/tool-steel/grades/1045/>
- System Logistics. (2025). AS/RS – Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación. Obtenido de <https://www.systemlogistics.com/spa/soluciones-y-proyectos/as-rs-sistemas-automatizados-de-almacenamiento-y-recuperación>
- ULMA Handling Systems. (2025). Cadena de frío: ¿por qué automatizar el almacenamiento? Obtenido de <https://www.ulmahandling.com/es/noticias/cadena-de-frio-por-que-automatizar-el-almacenamiento>
- Vizuet Alcocer, A. (2010). Diseño y desarrollo de un ascensor vertical. Recuperado en abril de 2024, de Repositorio UTC: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1809/1/T-UTC1682%281%29.pdf>
- XHG. (2025). 52100 steel vs. other alloys: Choosing the best material for rear wheel and ball bearing applications. Obtenido de <https://bearingsforindustry.com/52100-steel/>

ANEXOS

Anexo 1: Planos del Sistema Mecatrónico de Almacenamiento



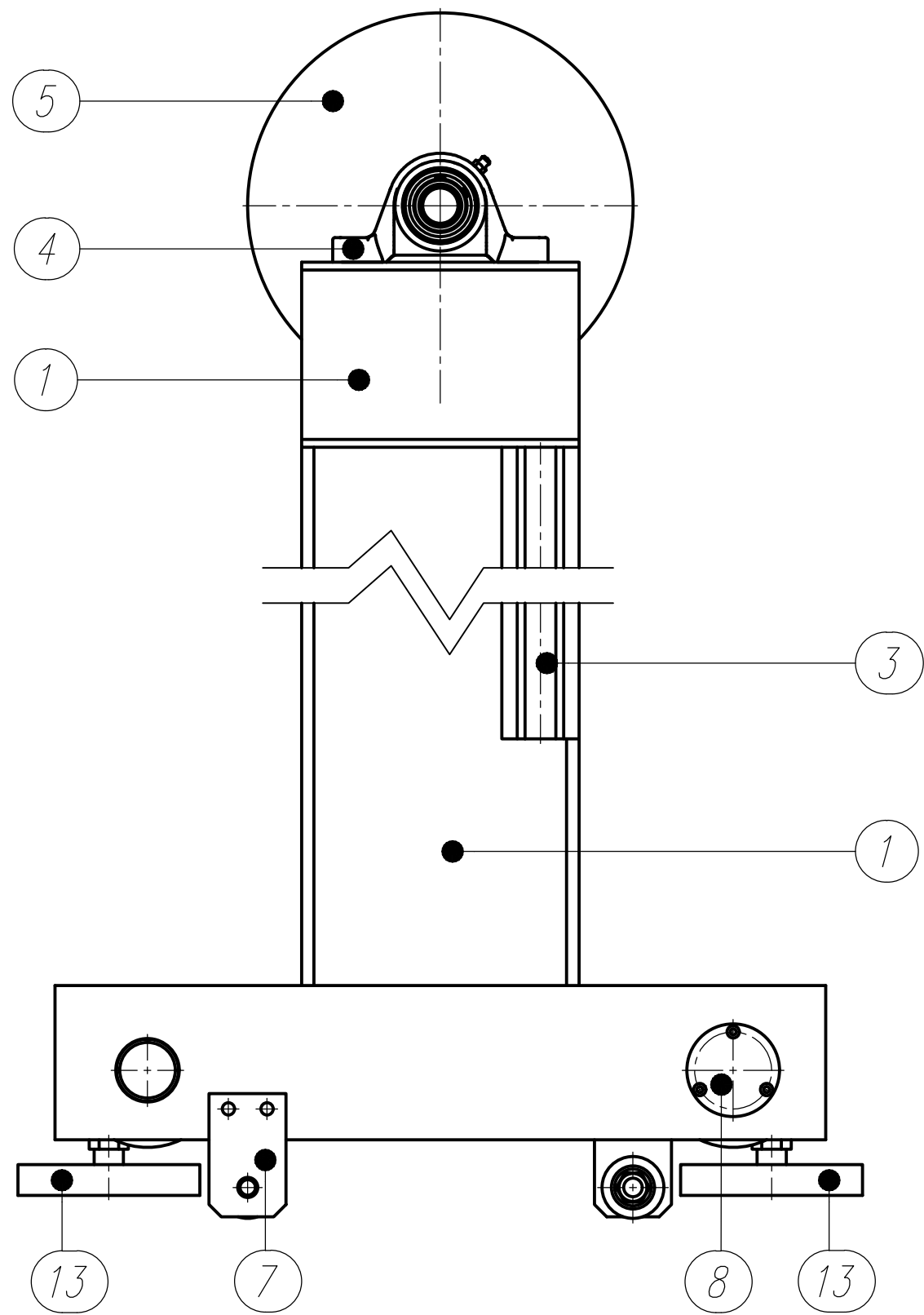
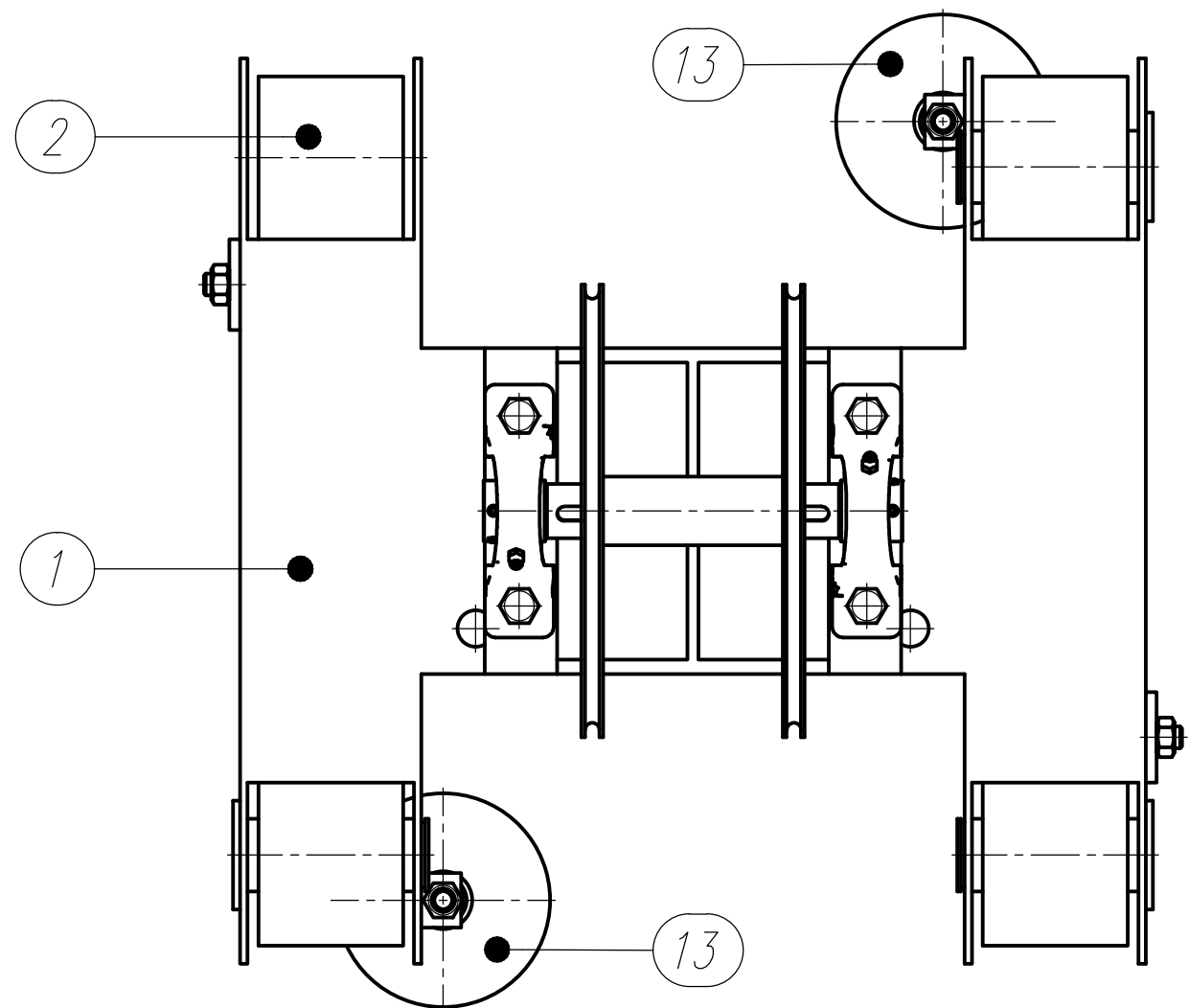
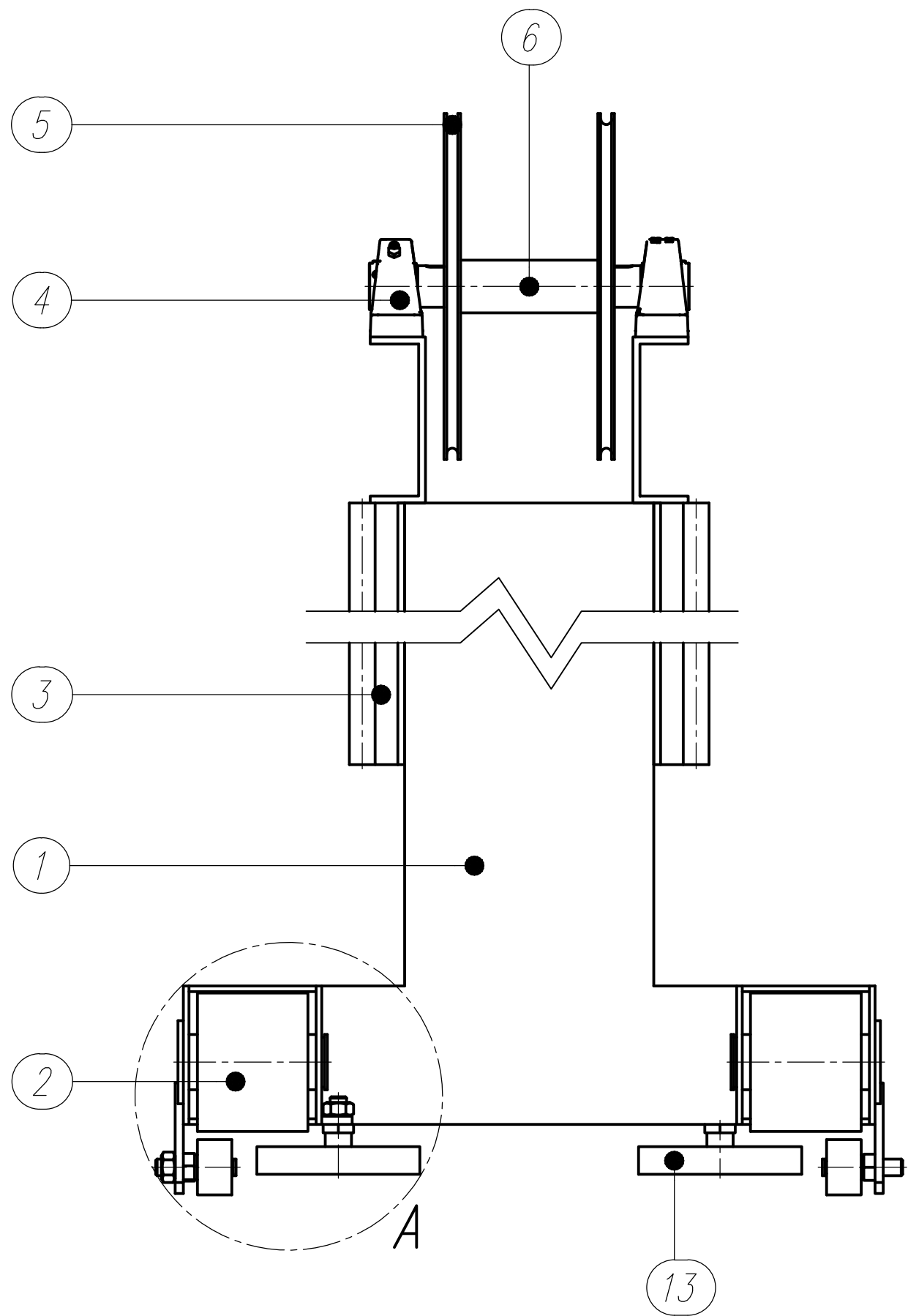
VISTA ISOMÉTRICA
Escala 1:10

03	Subconjunto de riel base	A 36	01	N / A	
02	Subconjunto de soporte transversal	A 36	01	N / A	
01	Subconjunto de columna central	A 36	01	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulación					
Escala: 1:4	Tol. gen.: 0.01	Conjunto: Sistema de almacenamiento de contenedores con producto terminado			
Lámina:	01	CONJUNTO DEL SISTEMA			

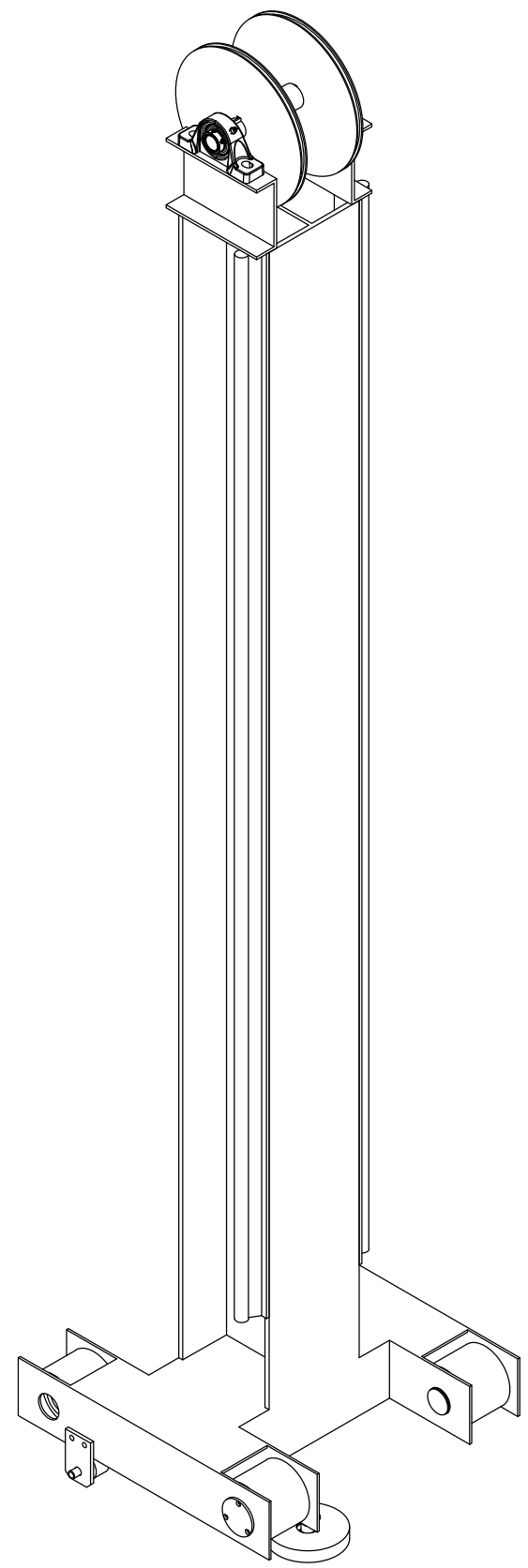
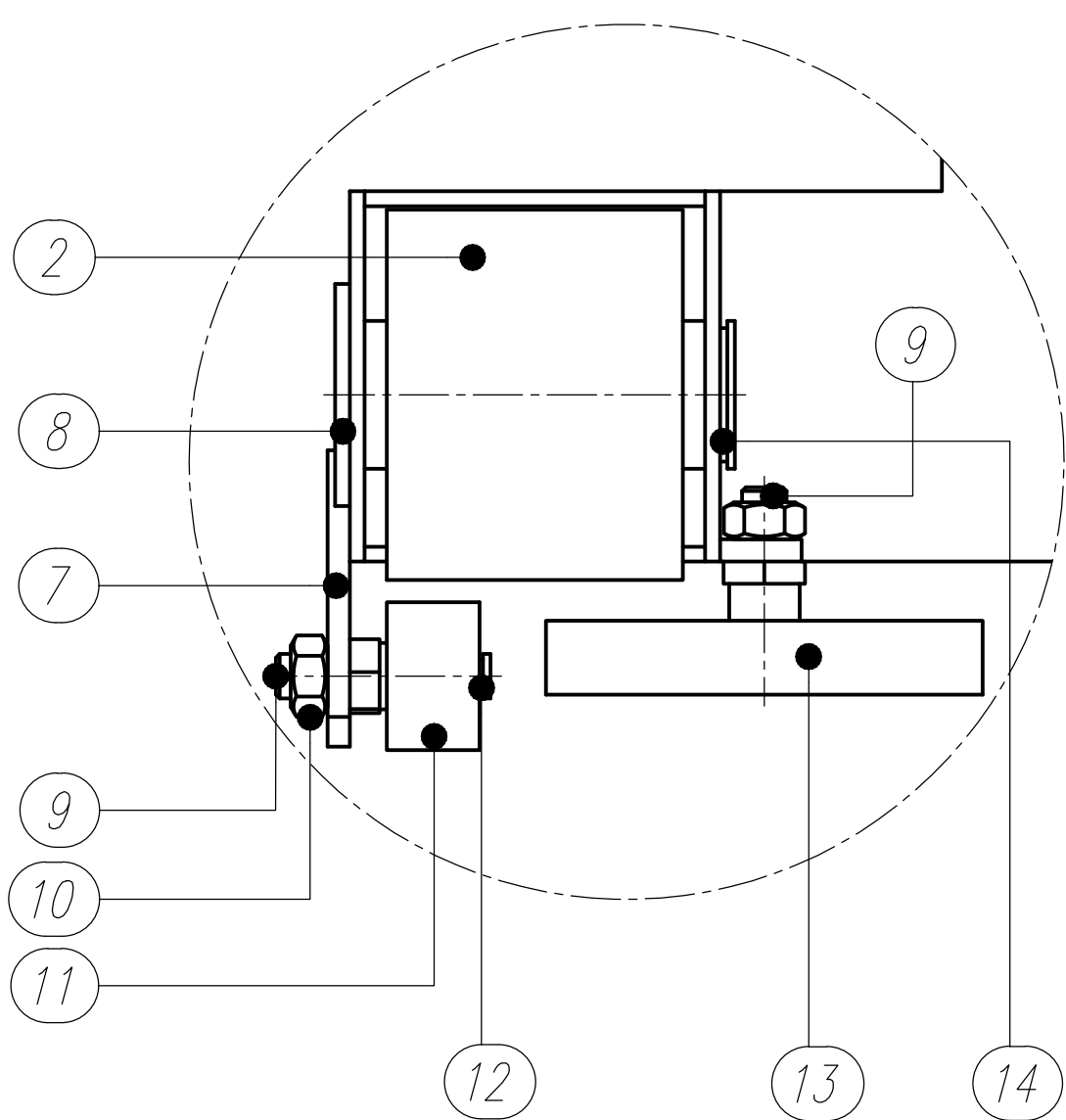


A6
105x148
A5
148x210
A4
210x297
A3
297x420
A2
420x594
A1
594x841
A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



DETALLE A
Escala 1:2



VISTA ISOMÉTRICA
Escala 1:10

15	Perno hexagonal M12	A 36	04	DIN 555	Grado 8.8	
14	Anillo seeger E 40	A 36	04	DIN 125-2		
13	Rueda guía lateral	Grilon	02	N / A		
12	Anillo seeger E 12	A 36	02	DIN 125-2		
11	Rueda tope inferior	Grilon	02	N / A		
10	Tuerca hexagonal M12	A 36	04	DIN 555	Grado 8.8	
09	Perno soporte rueda inferior	A 36	04	N / A		
08	Eje portarueda L=108mm	705/AISI 4340	04	N / A		
07	Placa soporte rueda inferior	A 36	02	N / A		
06	Eje portapoleas L=230mm	705/AISI 4340	02	N / A		
05	Polea fija D=250mm	Fundición	02	N / A		
04	Chumacera de piso UCP 205	Fundición	02	JIS		
03	Guía linead D=20mm	Aluminio	02	DIN 125-2		
02	Rueda D=100mm L=80mm	705/AISI 4340	04	N / A	Templado	
01	Estructura soporte	A 36	01	N / A		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN		MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA			
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero				
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles					
Titulación			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica			
Escala: 1:4	Tol. gen.: ISO	Conjunto: Sistema de almacenamiento de contenedores con producto terminado				
Lámina:	02	SUBCONJUNTO DE COLUMNA CENTRAL				



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

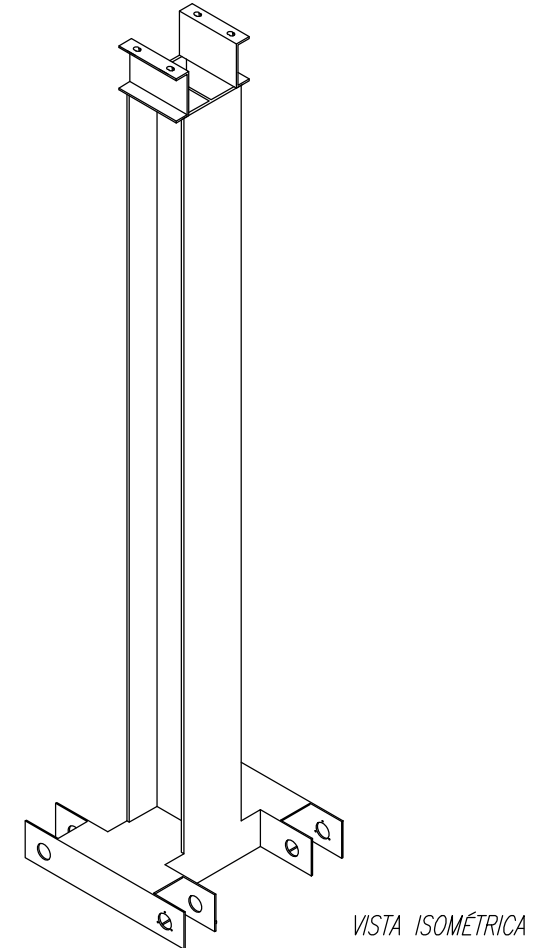
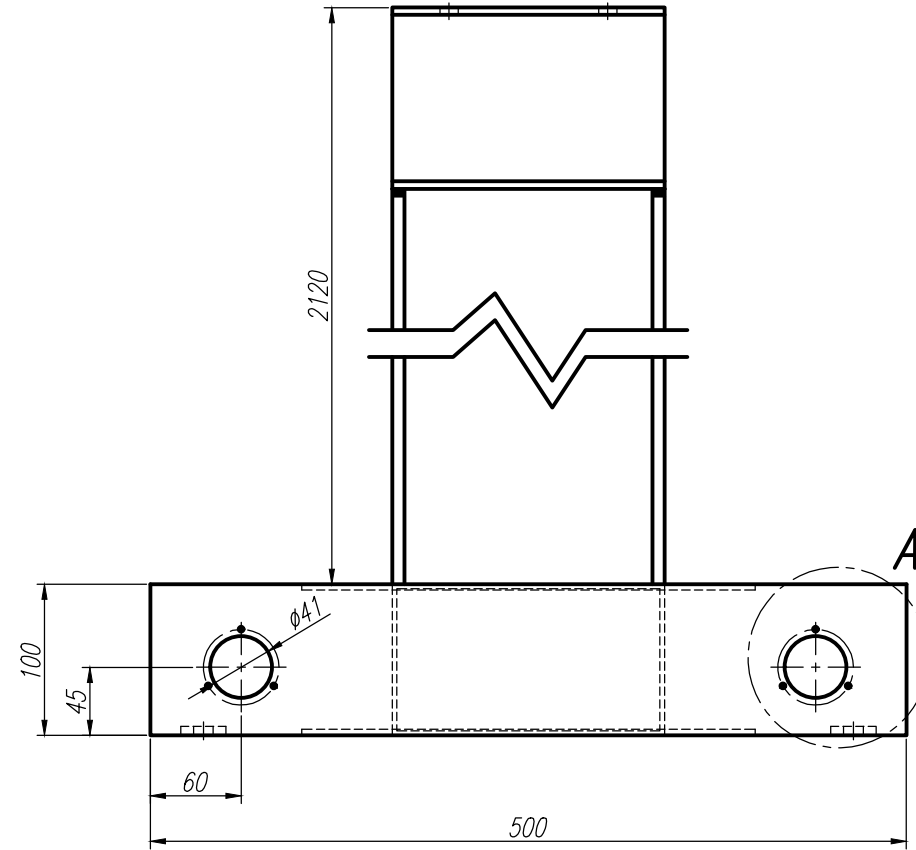
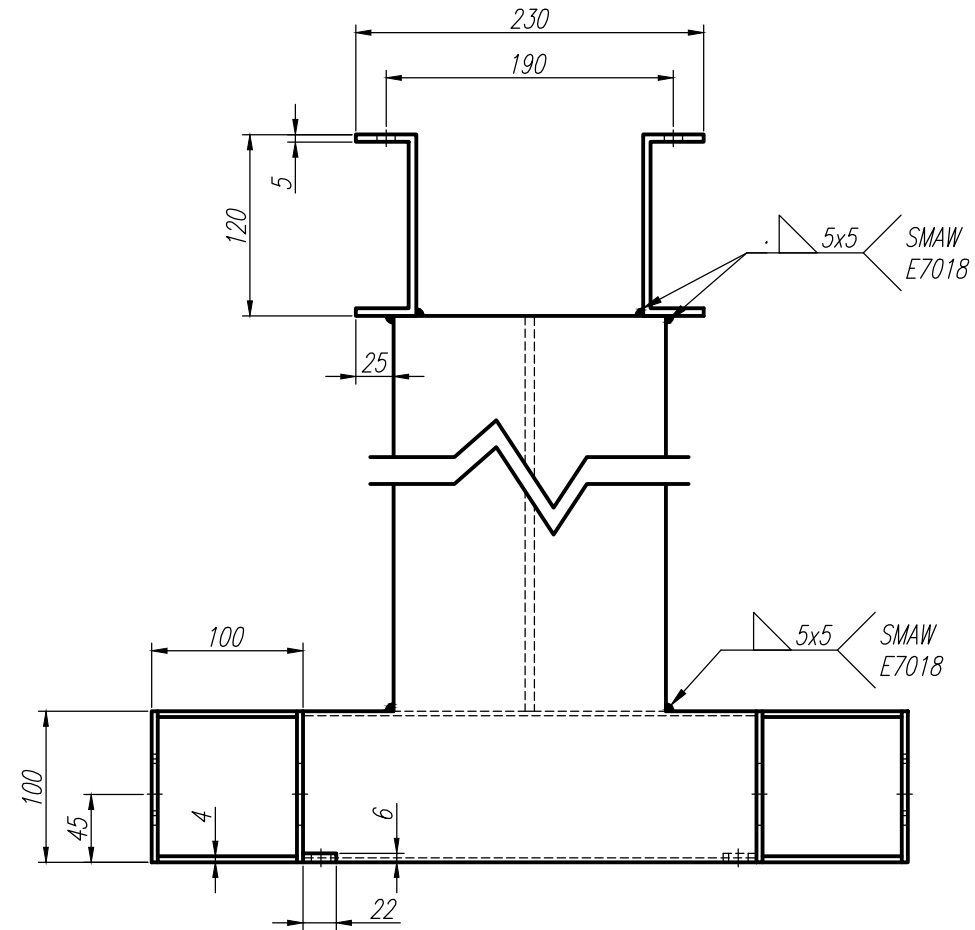
A3
297x420

A2
420x594

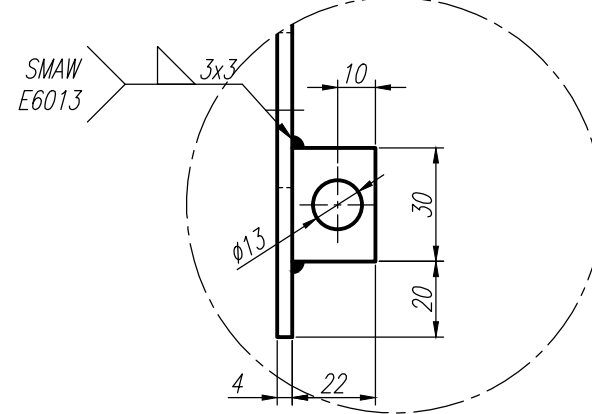
A1
594x841

A0
841x1189

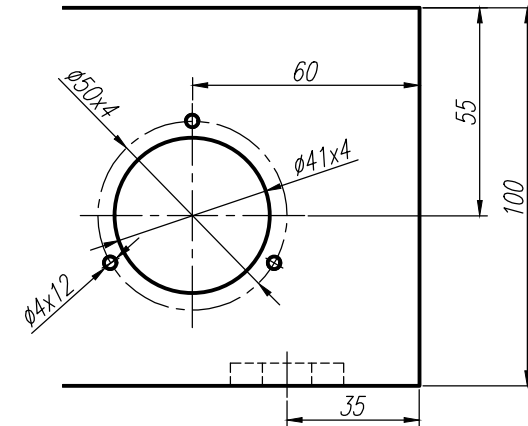
Hoja de enseñanza Técnica



DETALLE B
Escala 1:2



DETALLE A
Escala 1:2



NOTA:

La soldadura debe realizarse en todo el contorno de la unión del perfil H.

El conformado del perfil H ser mediante soldadura.

Espesor de la placa base que une a los perfiles cuadrados de 100 es de 4mm y son juntas mediante soldadura.

Tolerancia admisible $\pm 1.00\text{mm}$

01	Estructura soporte	A 36	01	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulación			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala: 1:5	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de columna central			
Lámina:	03	ESTRUCTURA SOPORTE			



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

A3
297x420

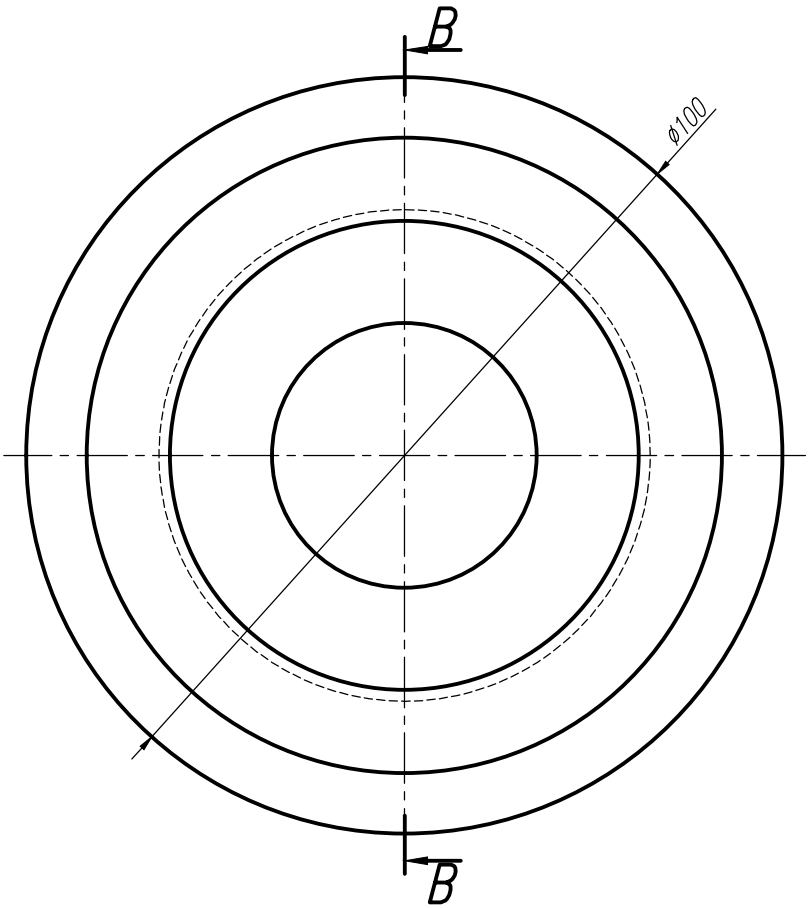
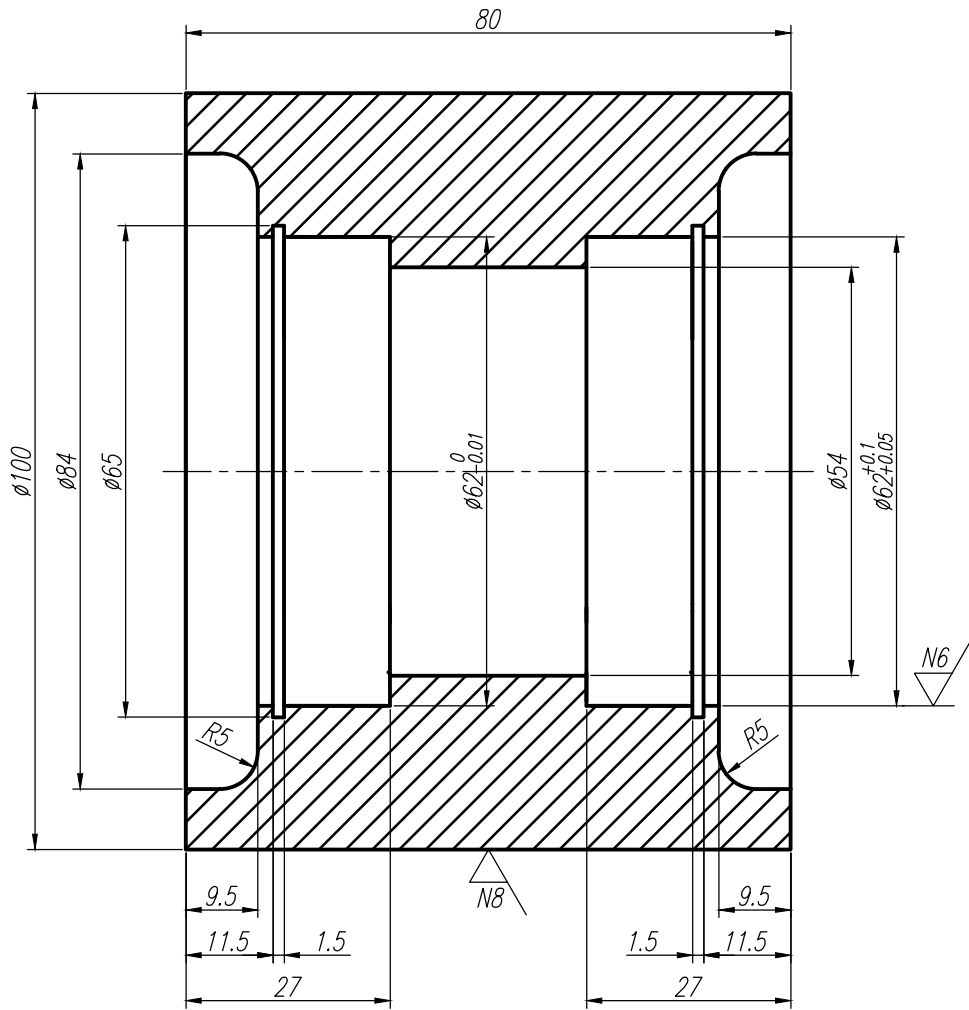
A2
420x594

A1
594x841

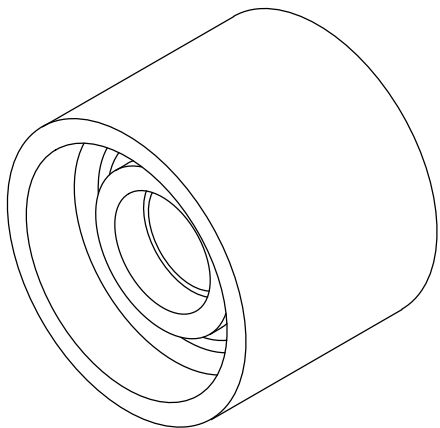
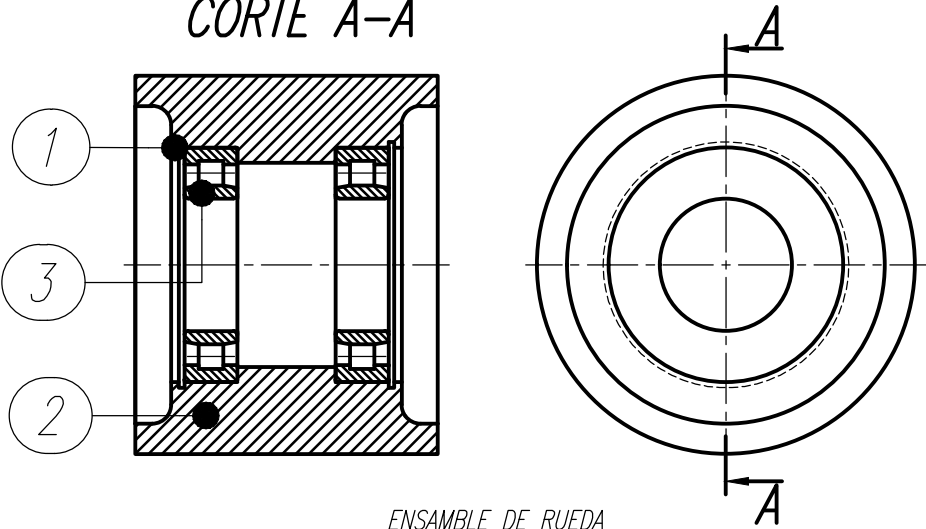
A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica

CORTE B-B



CORTE A-A



VISTA ISOMÉTRICA

ENSAMBLE DE RUEDA

03	ANILLO SEEGUER I 62	N / A	08	DIN 125-2	
02	Rueda D=100mm L=80mm	705/AISI 4340	04	N / A	Templado
01	Rodamiento de rodillos cilindricos NU1007	N / A	08	DIN 617	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulación			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto: Subconjunto de columna central			
1:1	ISO				
Lámina:	04	RUEDA D=100mm L=80mm			



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

A3
297x420

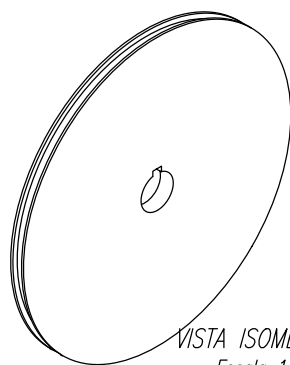
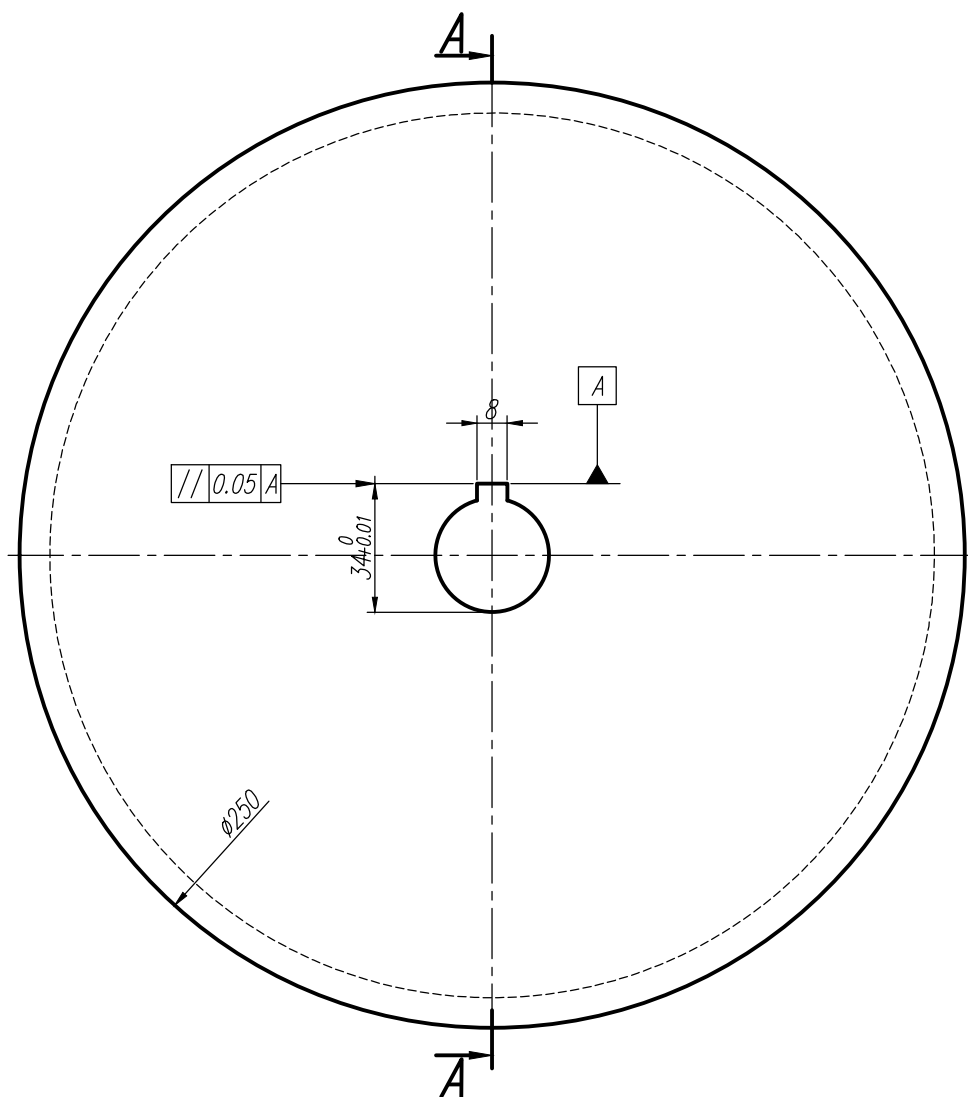
A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica

CORTE A-A



VISTA ISOMÉTRICA
Escala 1:20

05	Polea fija D=250mm	Fundición	02	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulació			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrònica		
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de columna central			
Lámina:	05	POLEA FIJA GUIA D=250 mm			



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

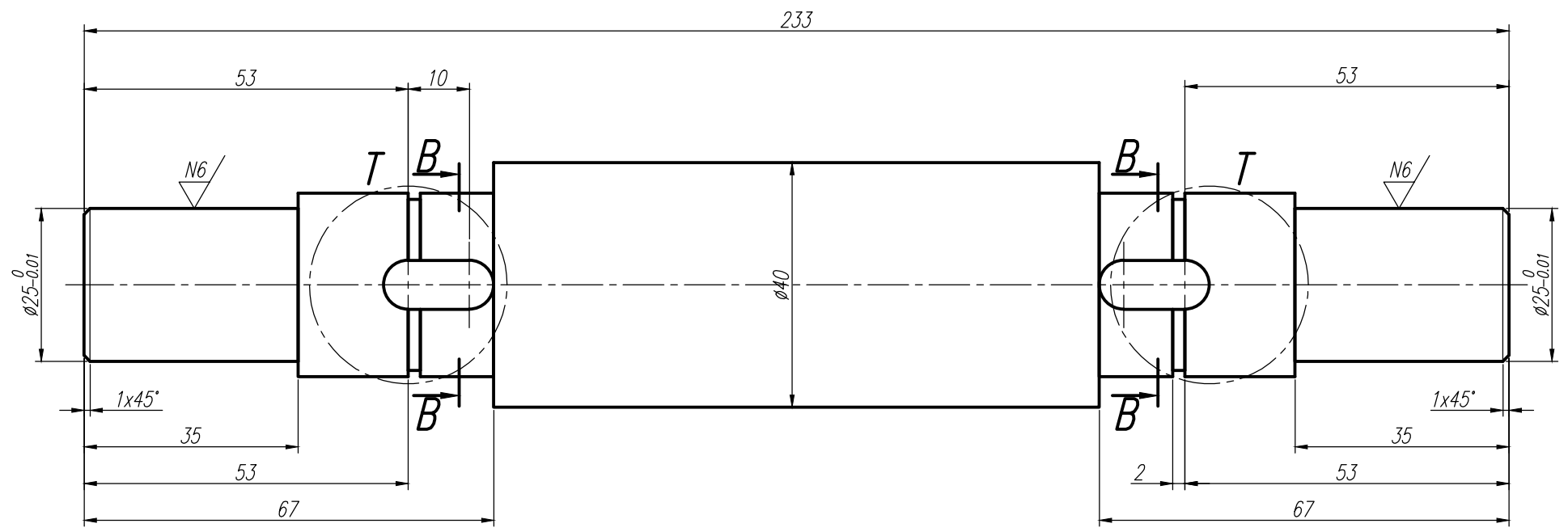
A3
297x420

A2
420x594

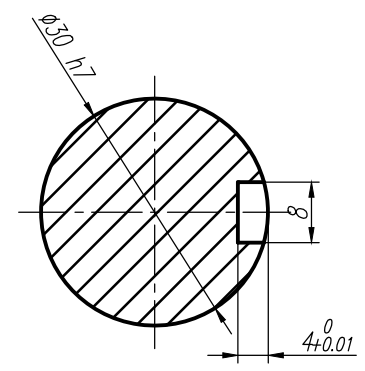
A1
594x841

A0
841x1189

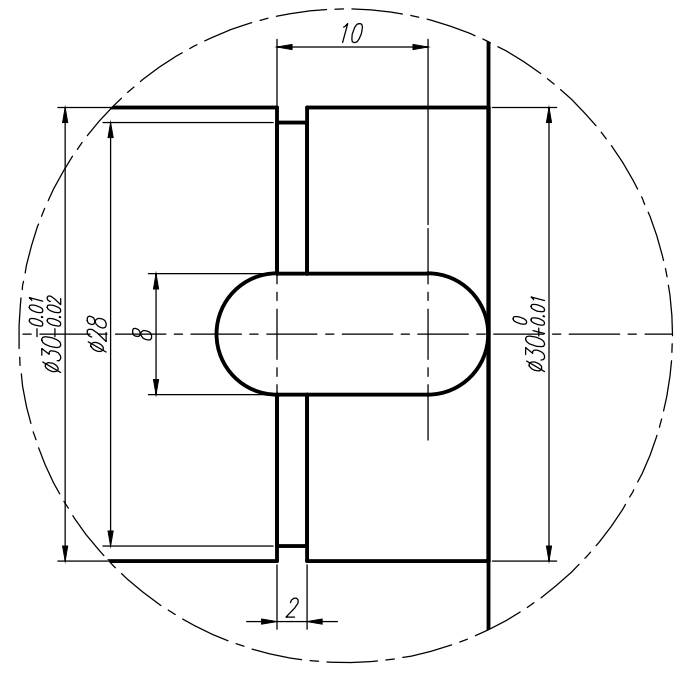
Hoja de enseñanza Técnica



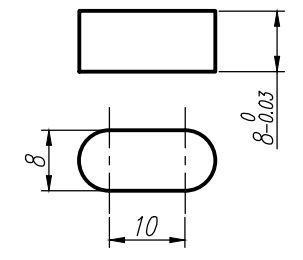
CORTE B-B



DETALLE T
Escala 2:1



CHAVETA SEGUN DIN 6885A



NOTA:

En los cambios de diámetros se debe realizar un radio de 1mm para elivio de tensiones

06	Eje portapoleas L=233mm	705/AISI 4340	02	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulació			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de columna central			
Lámina:	06	EJE PORTAPOLEA L=233 mm			



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

A3
297x420

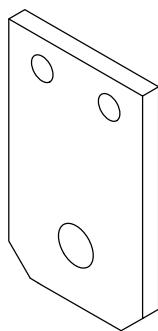
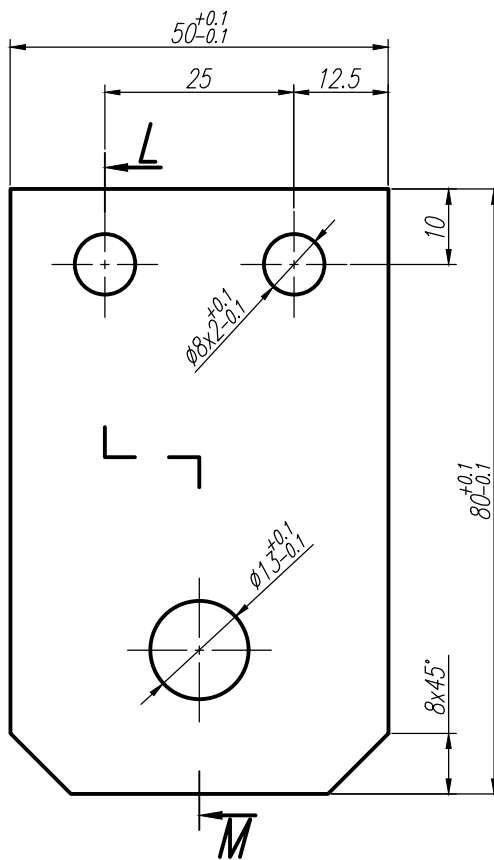
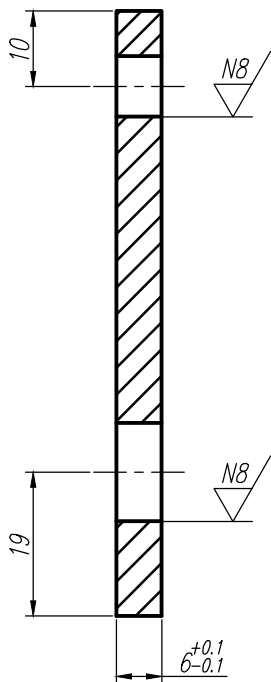
A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica

CORTE L-M



VISTA ISOMÉTRICA
Escala 1:2

07	Placa soporte rueda inferior		A 36	02	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN		MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA			
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero				
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles					
Titulació			INGENIERÍAS <i>Carrera de Ingeniería Mecatrónica</i>			
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de columna central				
Lámina: 07		PLACA SOPORTE RUEDA INFERIOR				



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

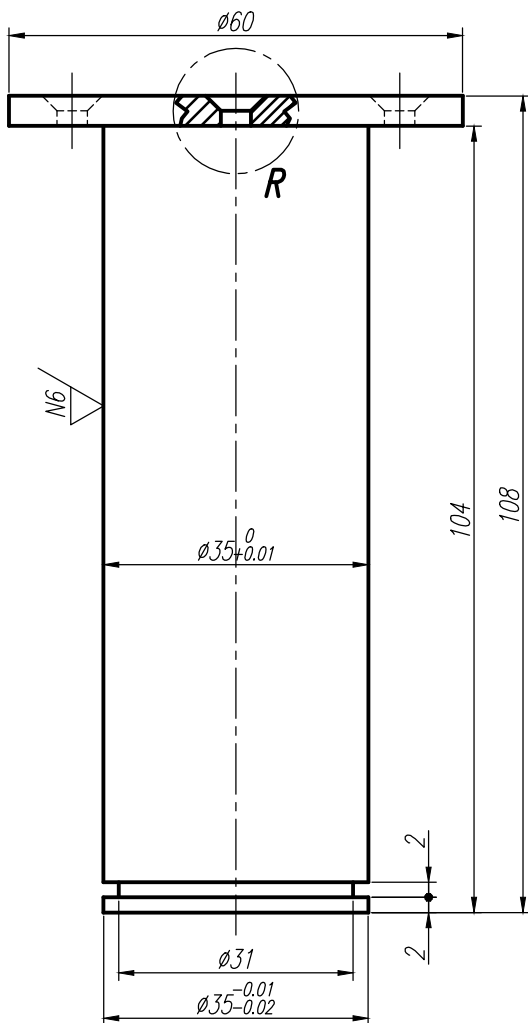
A3
297x420

A2
420x594

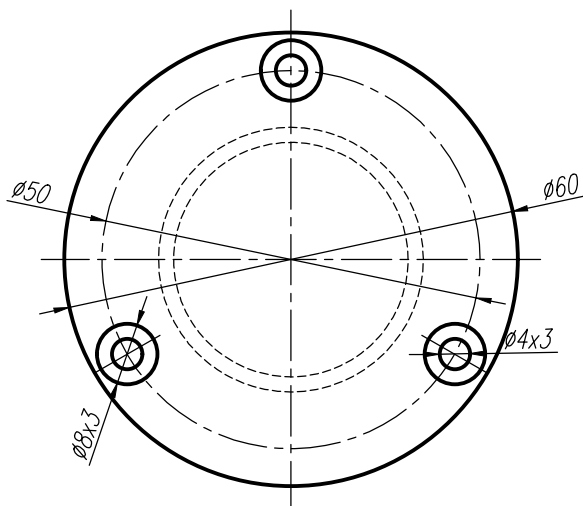
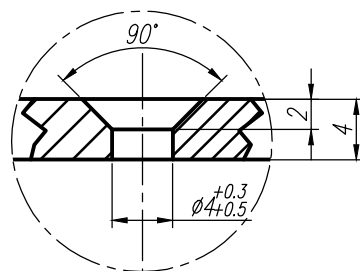
A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



DETALLE R
Escala 2:1



NOTA:

En los cambios de diámetros se
dere realizar un radio de 1mm
para elivio de tensiones

08	Eje portarueda L=108mm	705/AISI 4340	04	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulació			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de columna central			
Lámina:	08	EJE PORTA RUEDA D=35mm L=108mm			



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

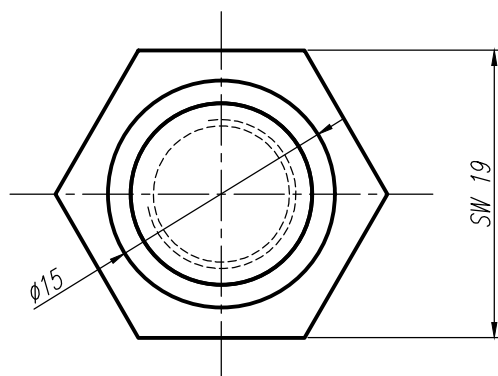
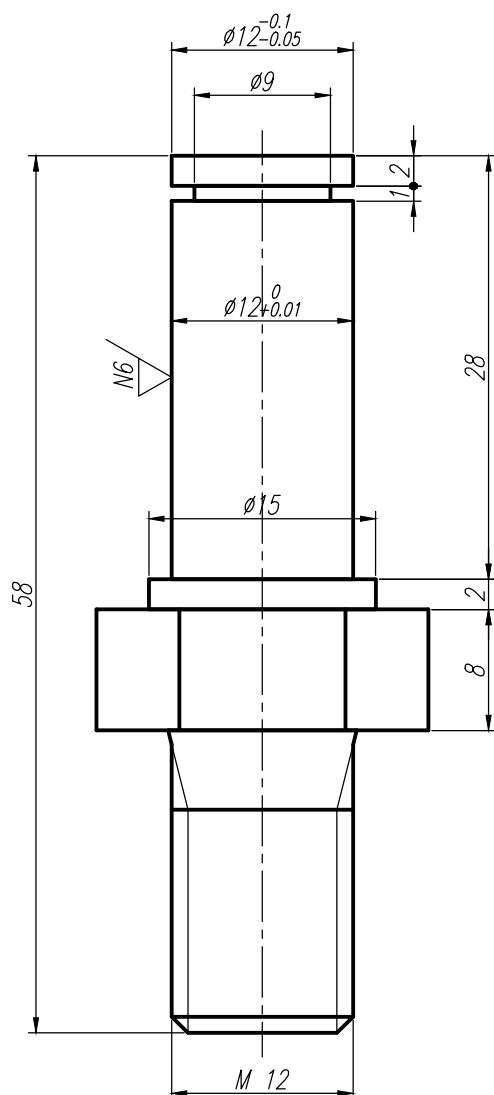
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



NOTA:

En los cambios de diámetros se
dere realizar un radio de 1mm
para elivio de tensiones

09	Perno soporte de rueda inferior		A 36	01	DIN 125-2	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN		MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA			
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero				
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles					
Titulació			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica			
Escala: 2:1	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de columna central				
Lámina:	09	PERNO SOPORTE DE RUEDA INFERIOR				



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

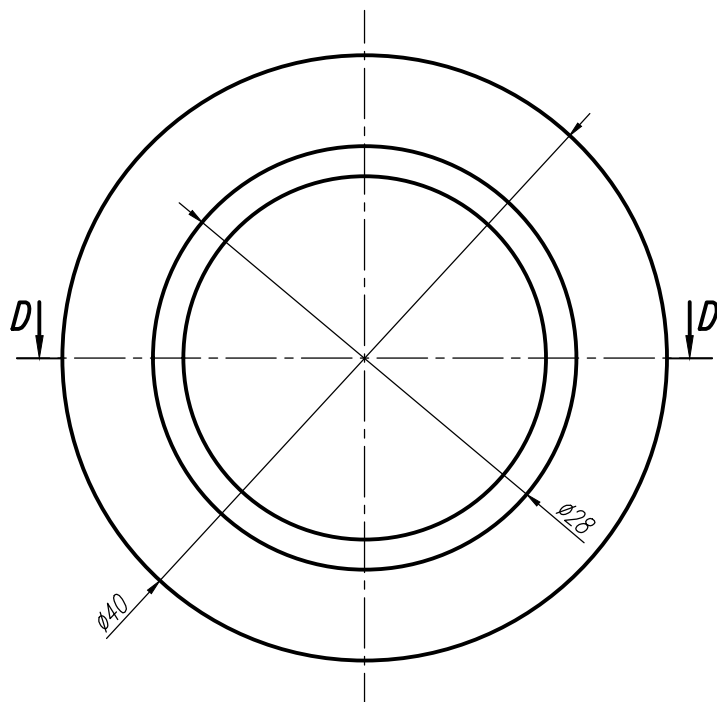
A3
297x420

A2
420x594

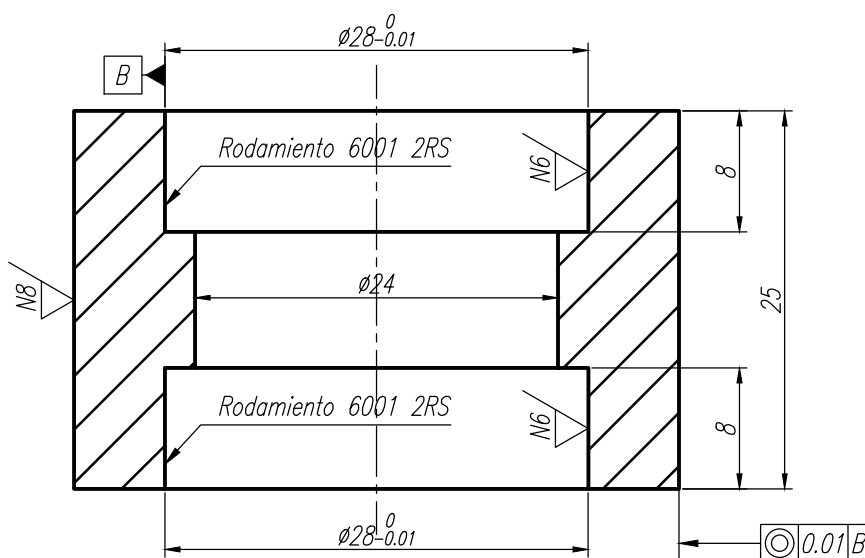
A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



CORTE D-D



NOTA:

En los cambios de diámetros se debe realizar un radio de 1mm para alivio de tensiones.

11	Rueda tope inferior		Grilon	02	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN		MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA			
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero				
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles					
Titulació			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica			
Escala: 2:1	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de columna central				
Lámina: 09		RUEDA TOPE INFERIOR D=40 mm				



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

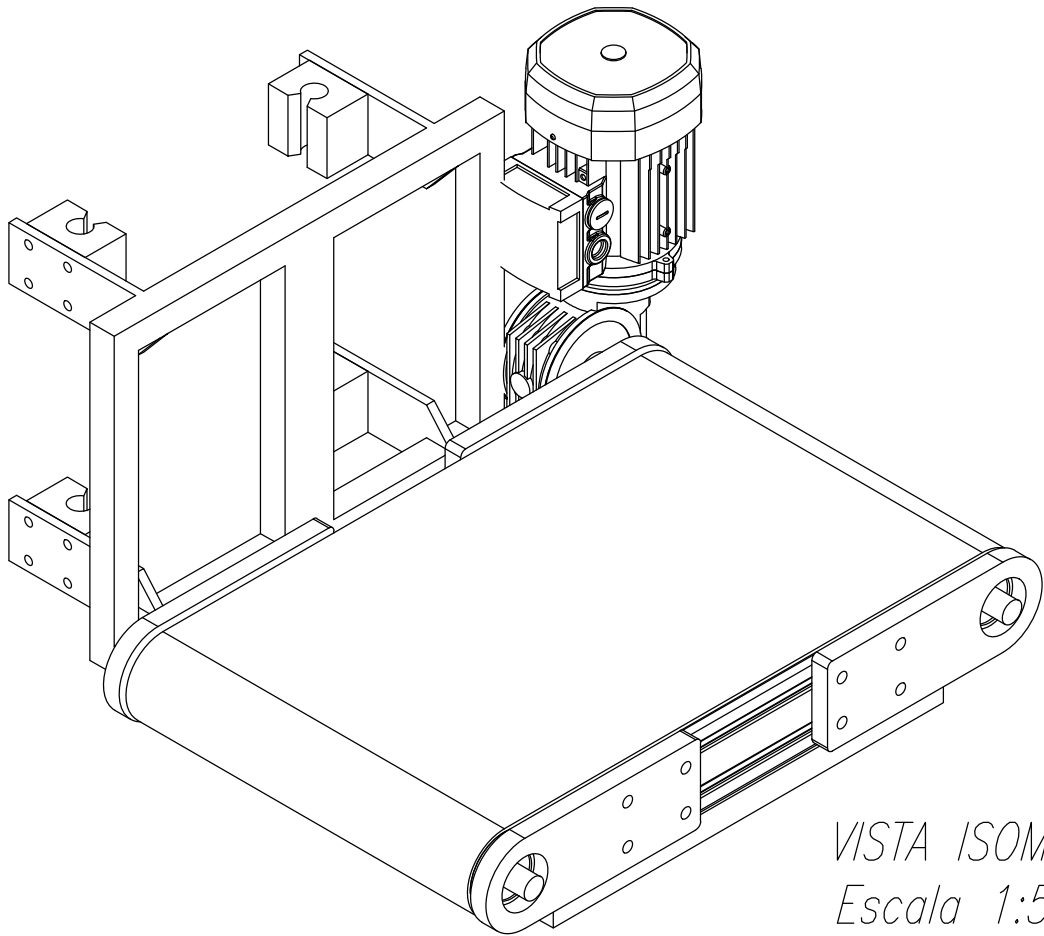
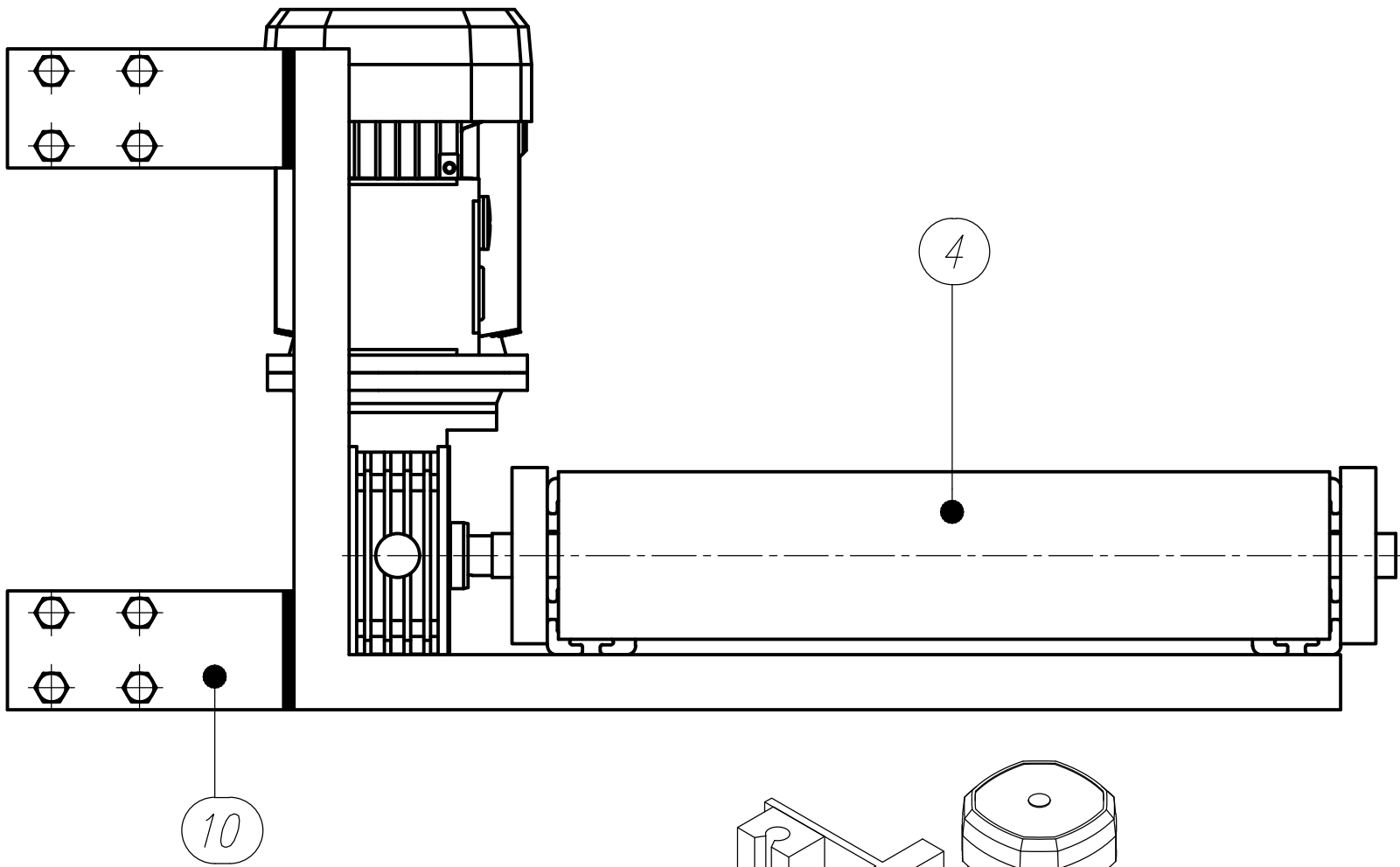
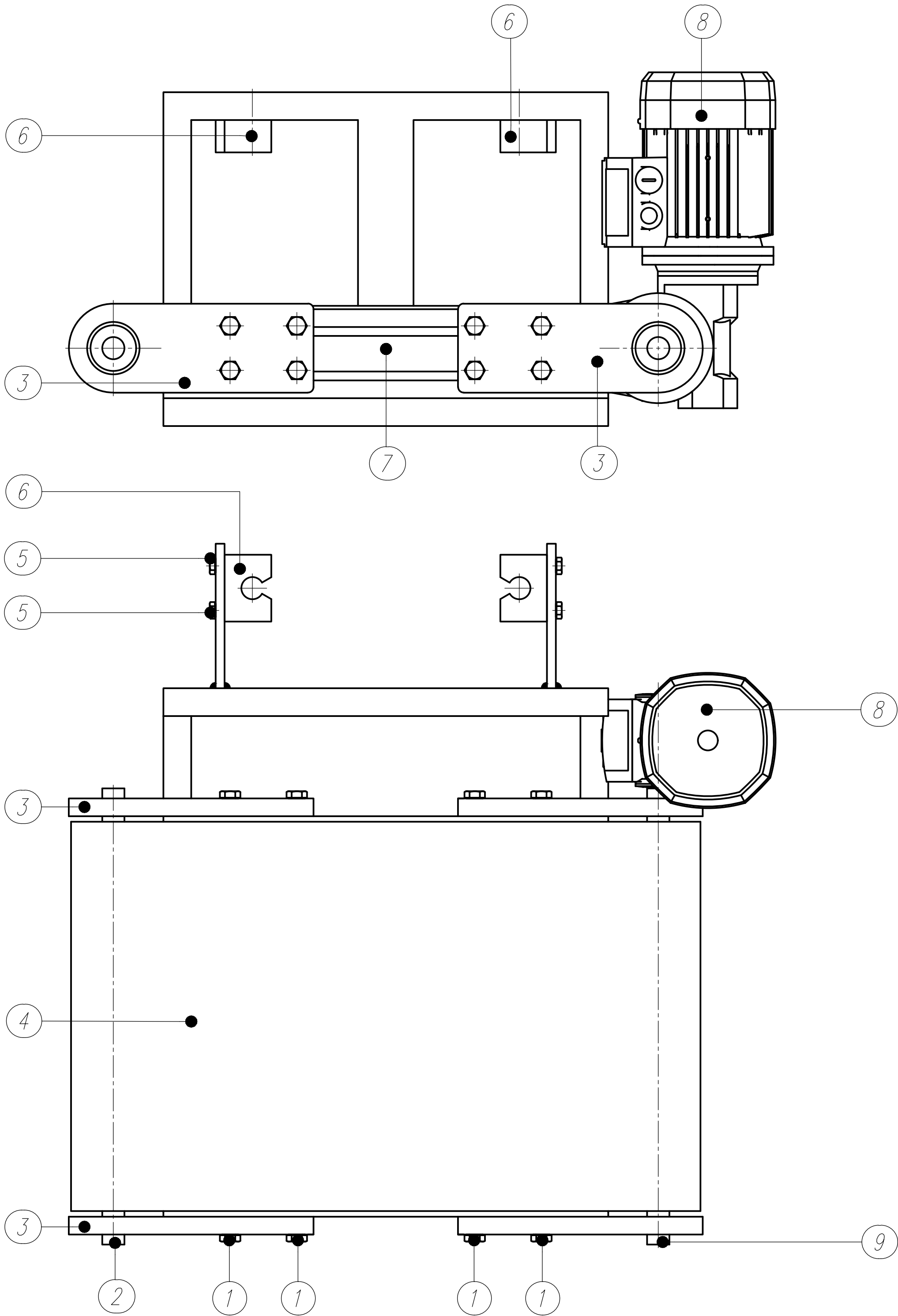
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



10	Estructura soporte	A 36	01	N / A	
09	Tambor lado tracción D=100mm	A 36	01	N / A	
08	Motorreductor 220V 1 kW I=10 1200 Rpm	N / A	01	DIN/IEC	
07	Perfil de aluminio 40x80mm L=400mm	Aluminio	02	ISO 7599	
06	Rodamiento lineal abierto D=20mm	Aluminio	04	DIN 125-2	
05	Perno hexagonal M8x20	A 36	16	DIN 555	Grado 8.8
04	Banda sintética A=350mm e=3mm	PVC	01	ISO 340	
03	Soporte lateral de rodillos	A 36	04	N / A	
02	Tambor lado servicio D=70mm	A 36	01	N / A	
01	Perno hexagonal M10x20	A 36	08	DIN 555	Grado 8.8
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulación			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala: 1:3	Tol. gen.: ISO	Conjunto: Sistema de almacenamiento de contenedores con producto terminado			
Lámina:	11	SUBCONJUNTO SOPORTE TRANSVERSAL			



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

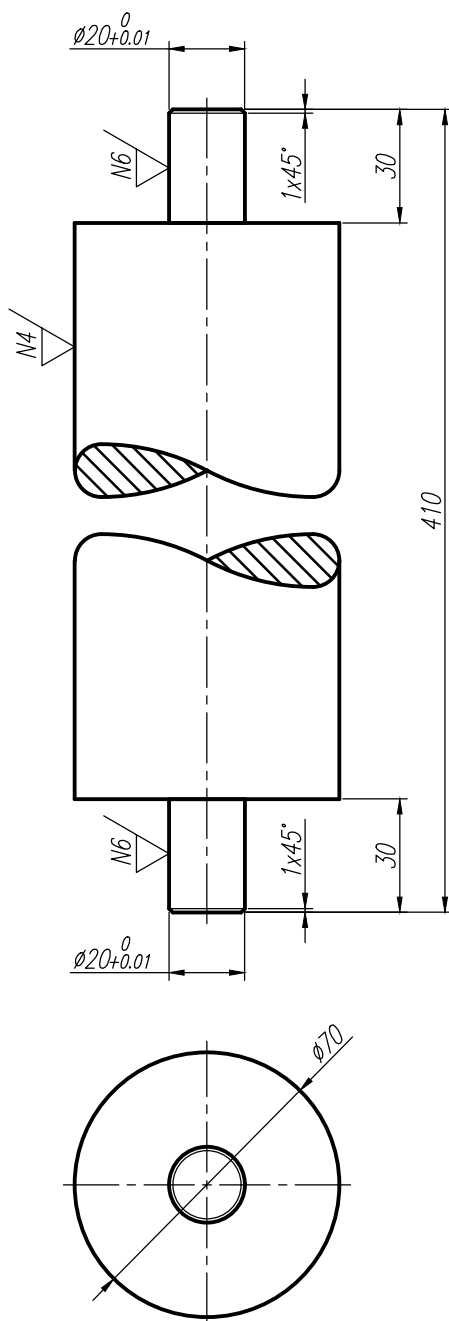
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



NOTA:

En los cambios de diámetros se debe realizar un radio de 1mm para elivio de tensiones

02	Tambor lado servicio D=70mm	A 36	01	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:		Ing. Diego Urgiles			
Titulación			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de soporte transversal			
Lámina:	12	TAMBOR LADO SERVICIO D=70 mm			



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

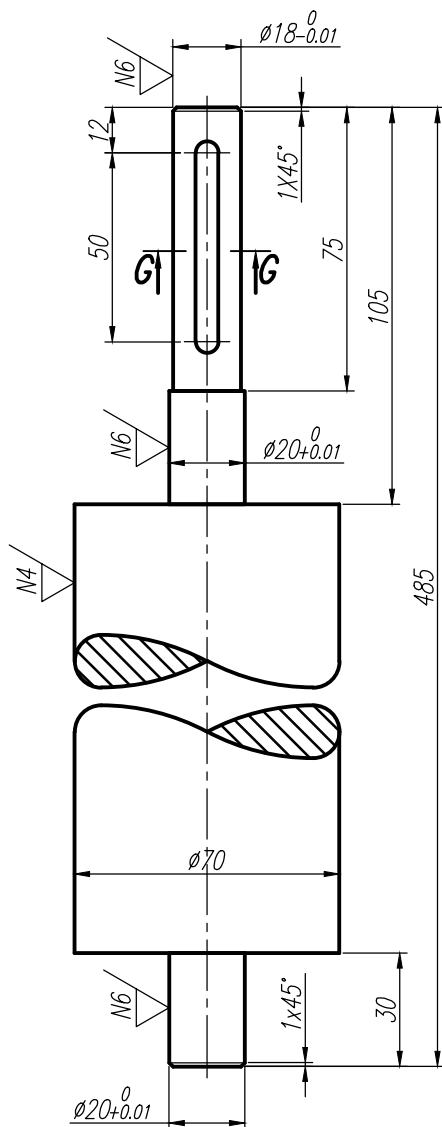
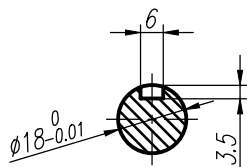
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



NOTA:

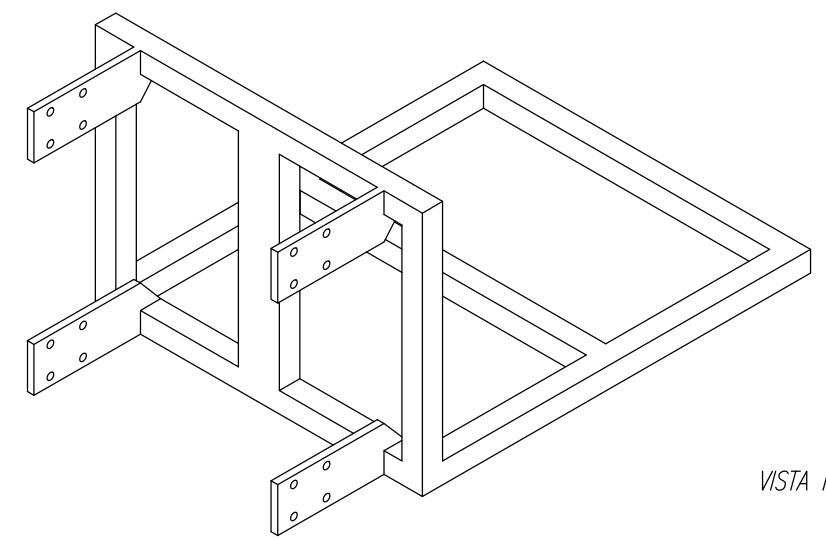
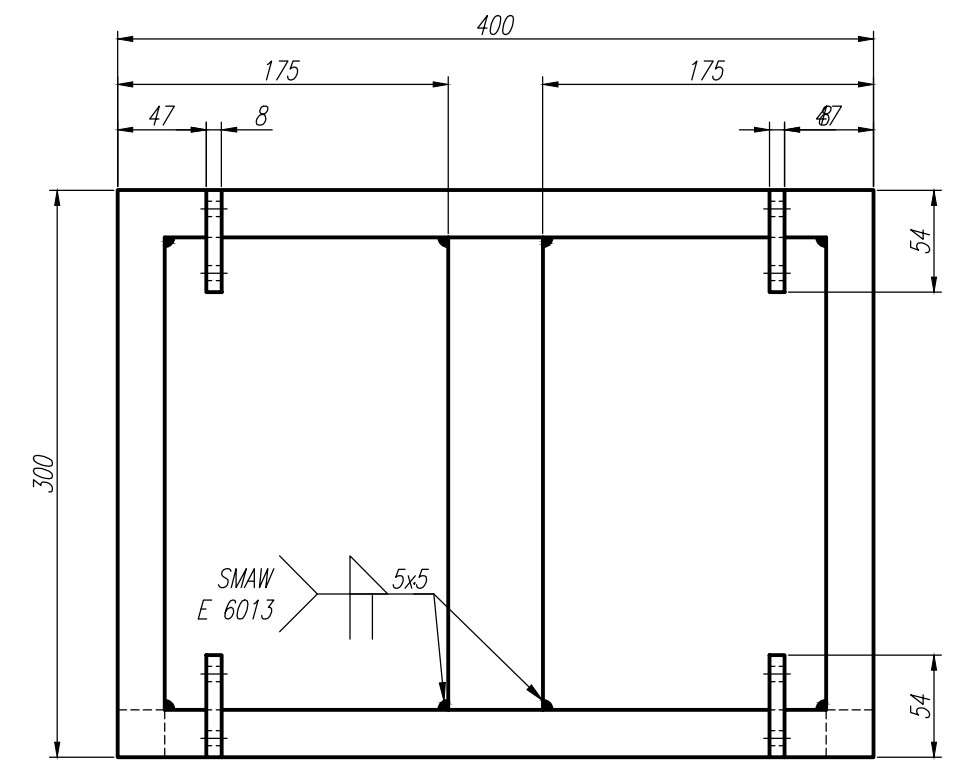
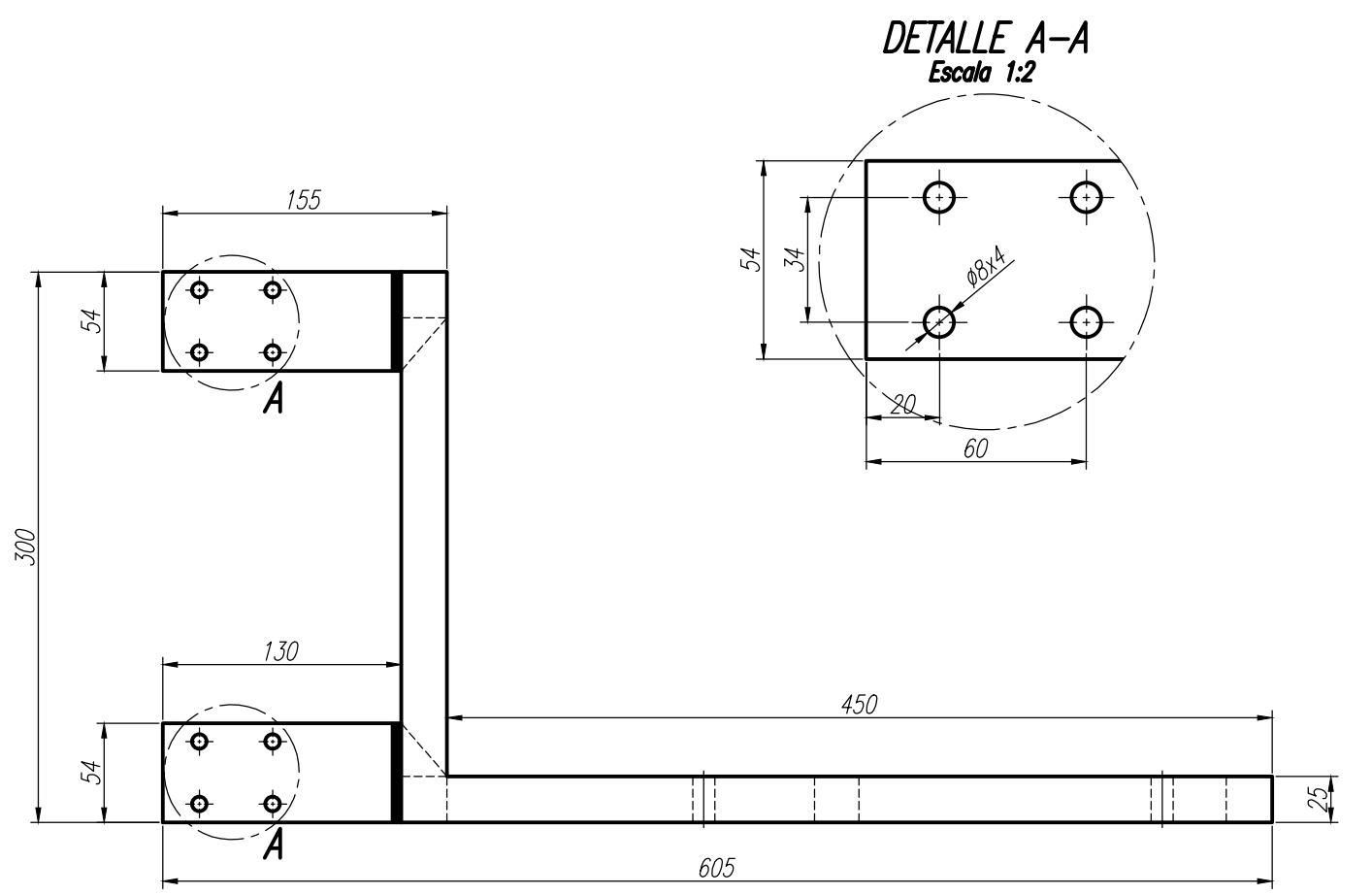
En los cambios de diámetros se debe realizar un radio de 1mm para elivio de tensiones

09	Tambor lado tracción D=100mm	A 36	01	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:		Ing. Diego Urgiles			
Titulación			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO	Subconjunto: Subconjunto de soporte transversal			
Lámina:	14	TAMBOR LADO TRACCIÓN D=70 mm			

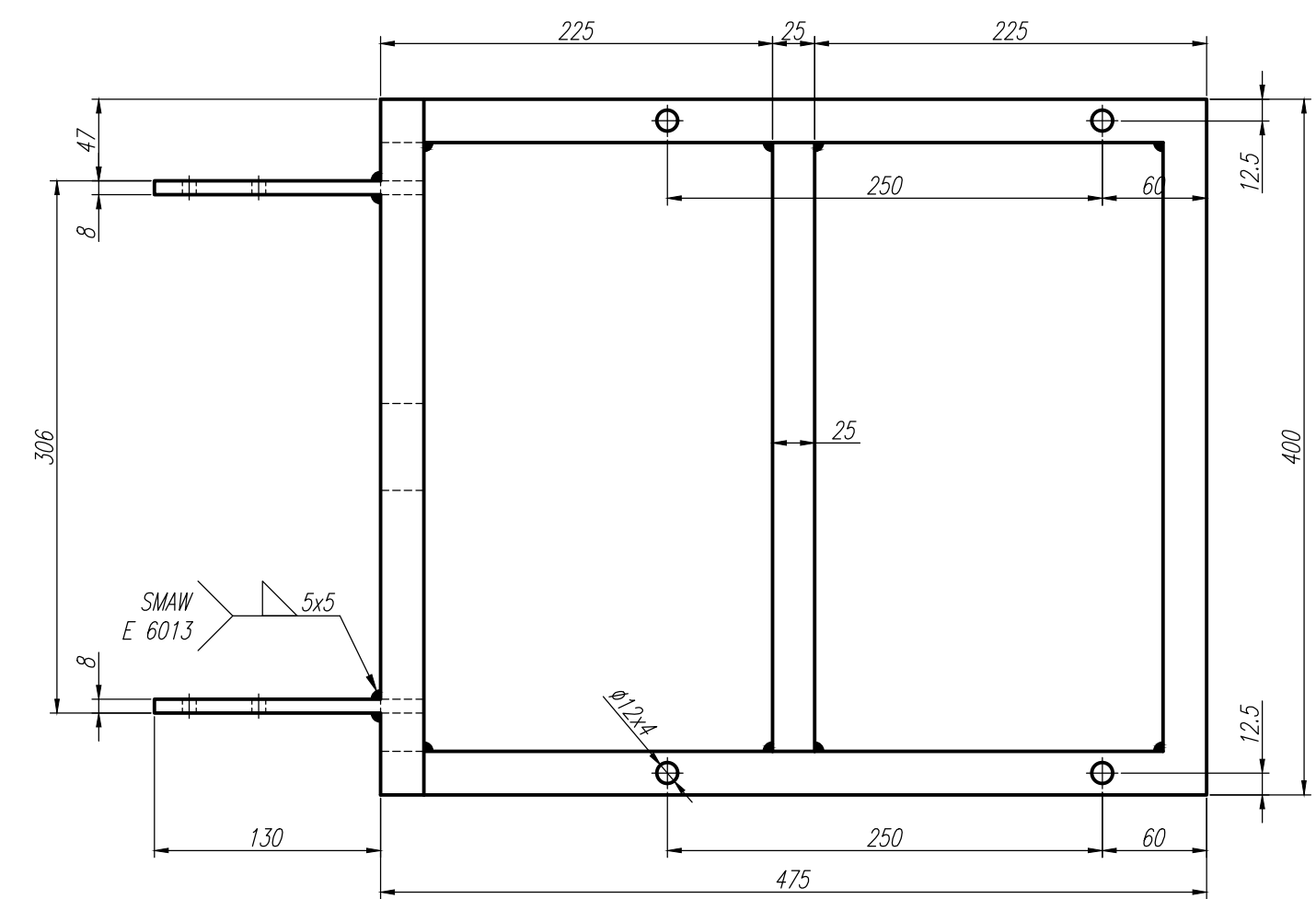


- A6
105x148
- A5
148x210
- A4
210x297
- A3
297x420
- A2
420x594
- A1
594x841
- A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



VISTA ISOMÉTRICA



NOTA:

La soldadura debe realizarse en todo el contorno de la unión mediante SMAW E6013 5x5mm.
El tubo a utilizar es de cuadrado de 25x25x2.5mm y son juntas mediante soldadura.
Tolerancia admisible $\pm 1.00\text{mm}$

10	Estructura soporte		A 36	01	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN		MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA			
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero				
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles					
Titulació			INGENIERÍAS			
			Carrera de Ingeniería Mecatrónica			
Escala:	Tol. gen.:	Subconjunto: Subconjunto de soporte transversal				
1:2	ISO					
Lámina:	15	ESTRUCTURA PORTACAJAS				

A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

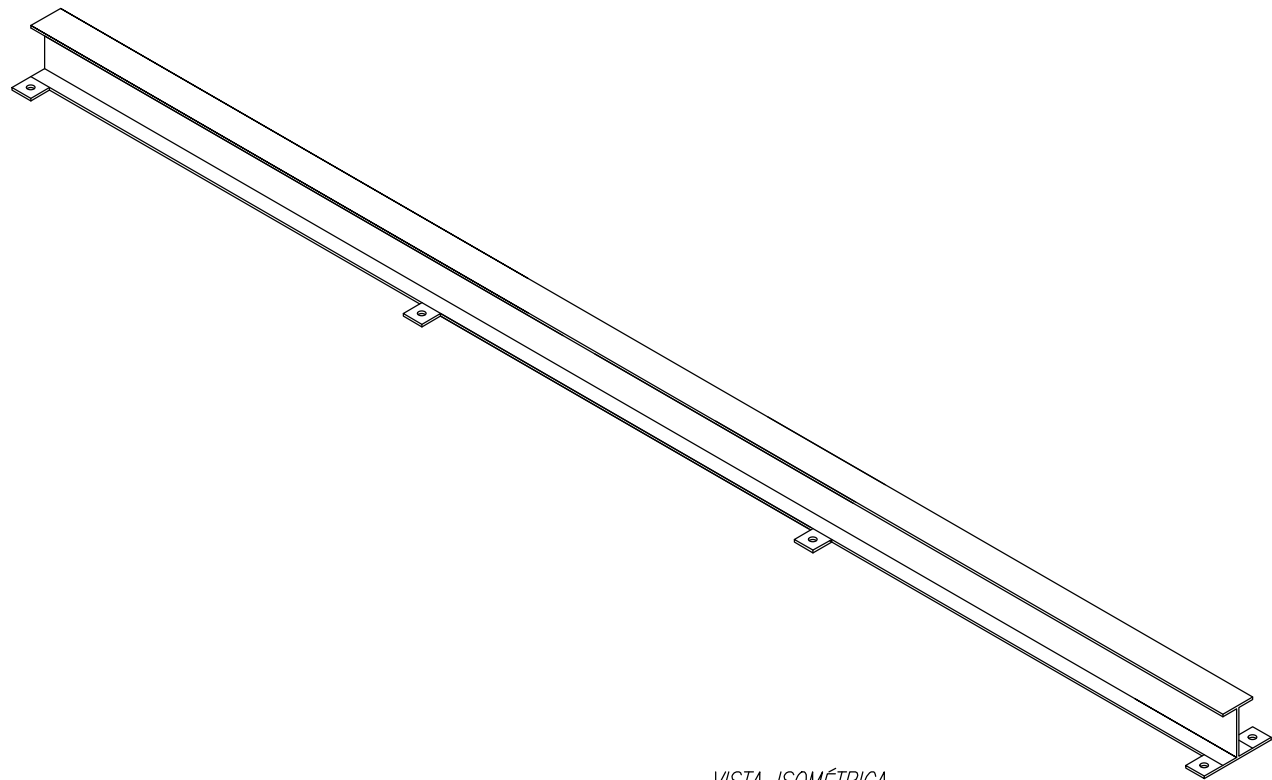
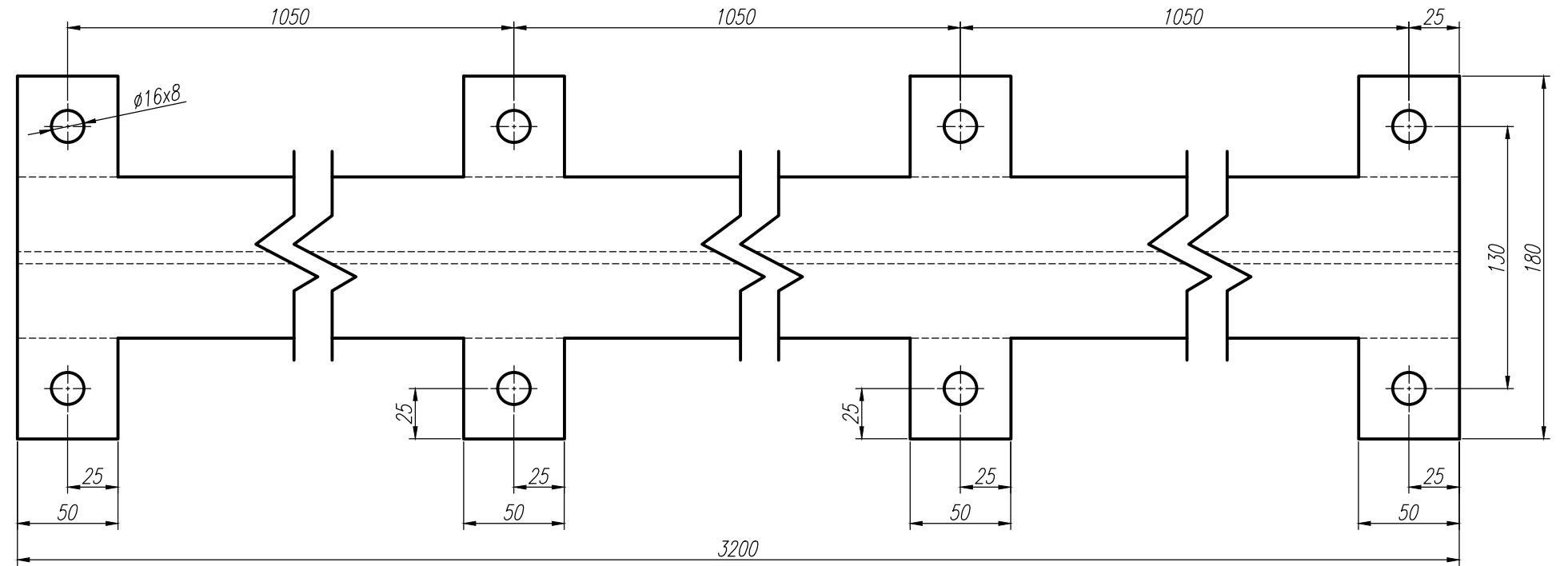
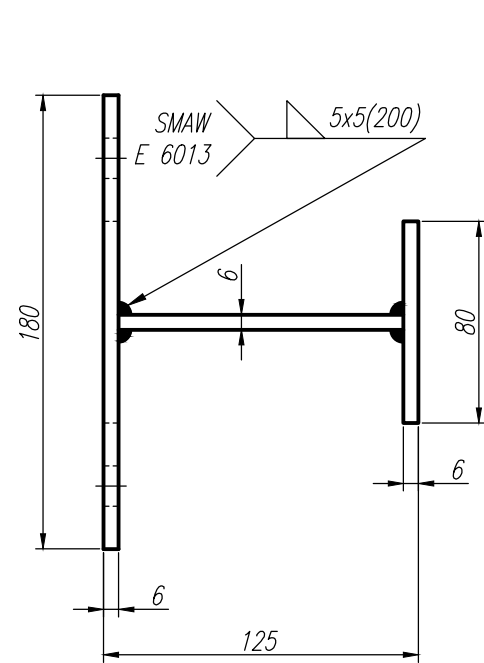
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



VISTA ISOMÉTRICA

NOTA:

La soldadura debe realizarse en todo el contorno de la unión mediante SMAW E6013 5x5mm.
El tubo a utilizar es de cuadra de 25x25x2.5mm y son juntas mediante soldadura.
Tolerancia admisible $\pm 1.00\text{mm}$

03	Subconjunto de riel base	A 36	01	N / A	
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
VIII CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA		
Dibujado:	27/11/25	W. Cordero			
Comprobado:	Ing. Diego Urgiles				
Titulació			INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica		
Escala: 1:2	Tol. gen.: ISO	Conjunto: Sistema de almacenamiento de contenedores con producto terminado			
Lámina:	16	RIEL BASE			

Anexo 2: Control - Programación en TIA PORTAL

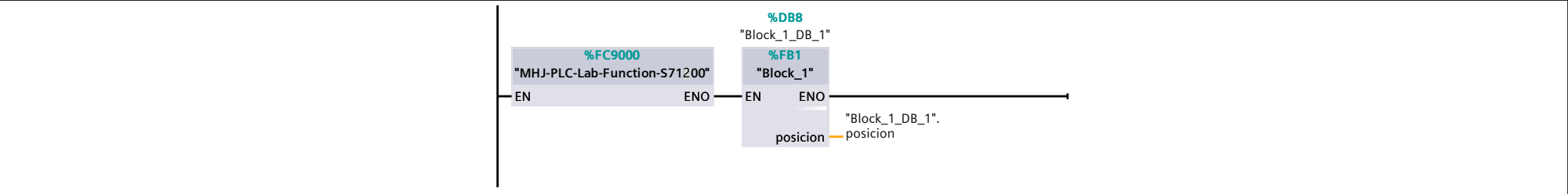
Program blocks

Main [OB1]

Main Properties							
General							
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

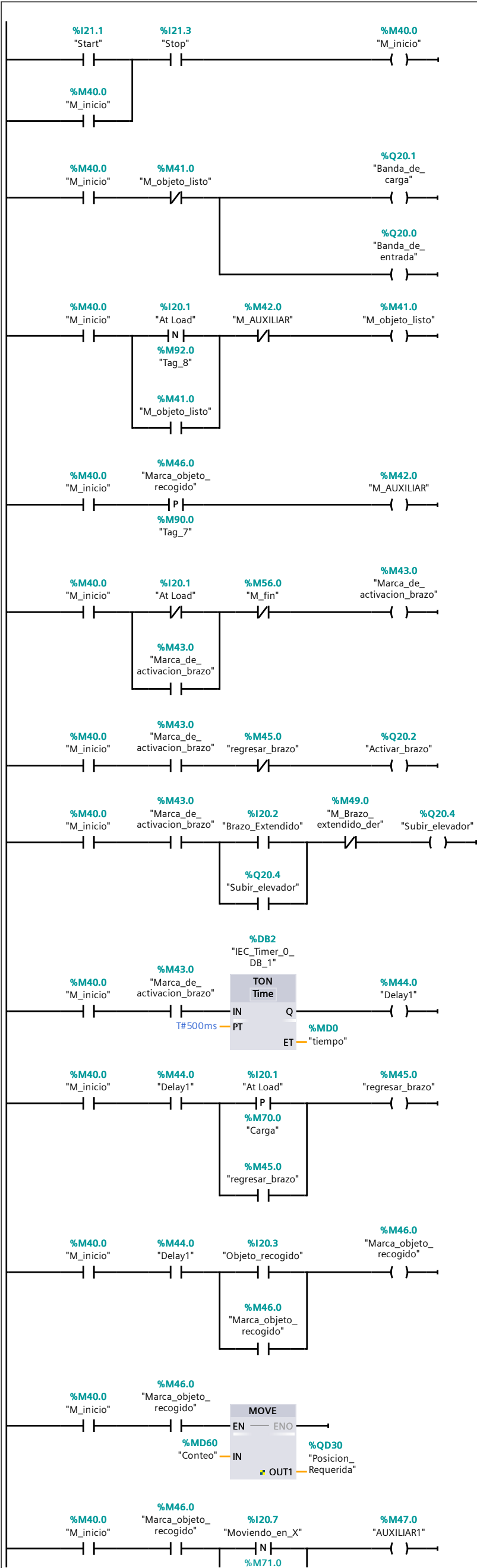
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
▼ Temp			
cuenta	Int		
I	Int		
cuenta1	Real		
▼ Constant			
destino	Int	0	

Network 1:



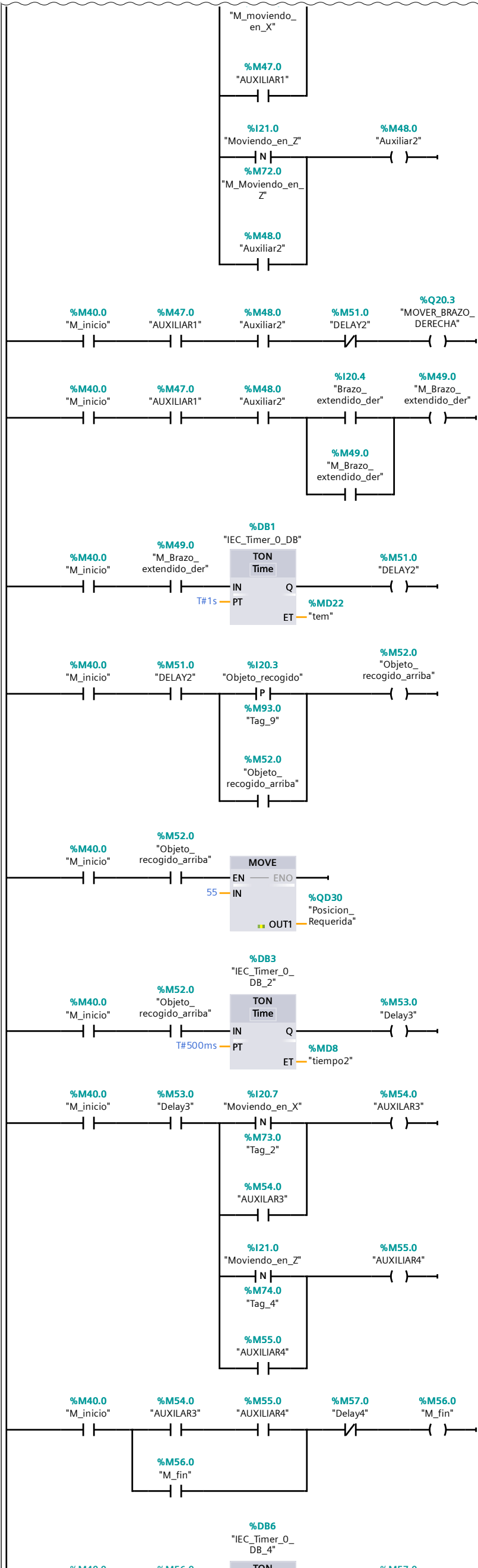
Network 2:

Network 2: (1.1 / 4.1)



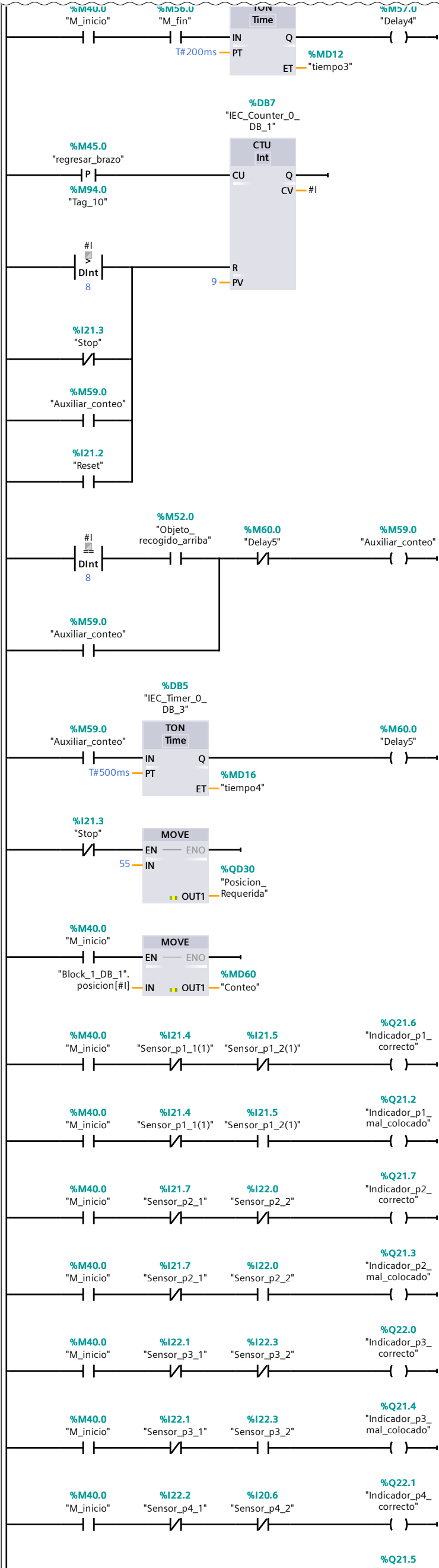
Network 2: (2.1 / 4.1)

1.1 (Page2 - 2)



Network 2: (3.1 / 4.1)

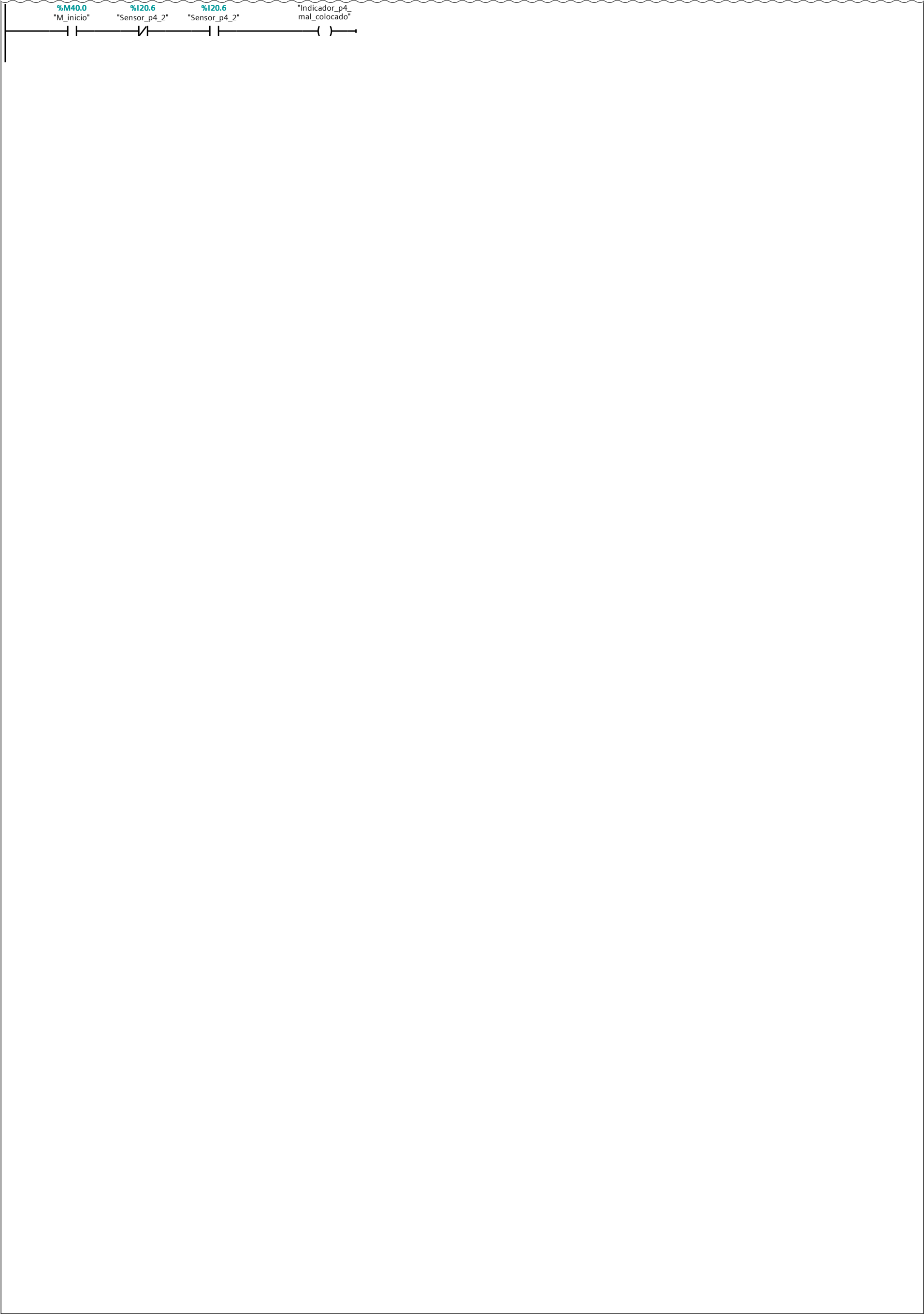
2.1 (Page2 - 3)



4.1 (Page2 - 5)

Network 2: (4.1 / 4.1)

3.1 (Page2 - 4)



Anexo 3: Control - Esquema de Mando



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

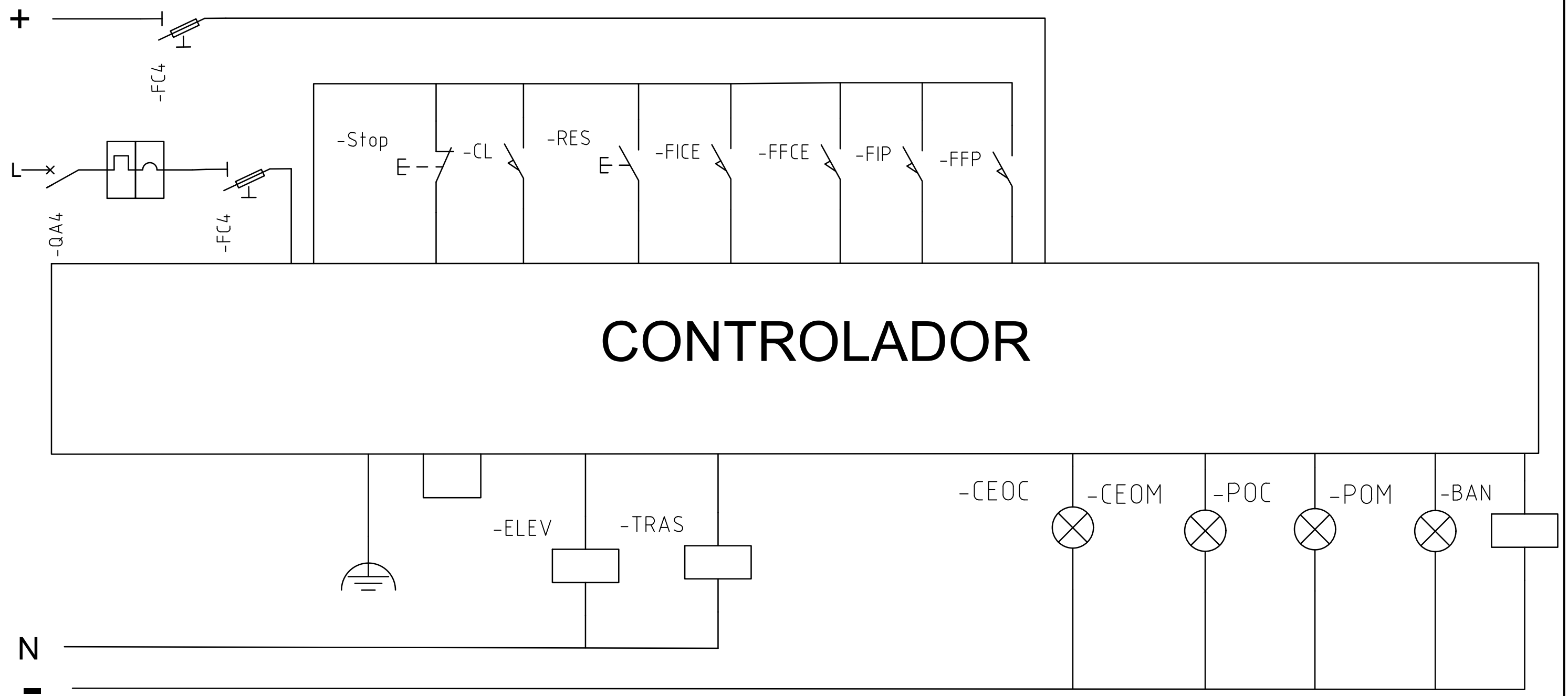
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



		Esquema de Mando		IEC	
		DENOMINACIÓN		NORMA	
Fecha		Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado: 11/01/26		Wendy Cordero			
Comprobado: 12/01/26		Ing. Mónica Romero			
INGENIERÍAS <i>Carrera de Ingeniería Mecatrónica</i>					
Escala: 1:2.2		Tol. gen.: IEC		Esquema de Mando del Sistema de Almacenamiento	
		ESQUEMA DE MANDO			

Anexo 4: Control - Esquema de Fuerza



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

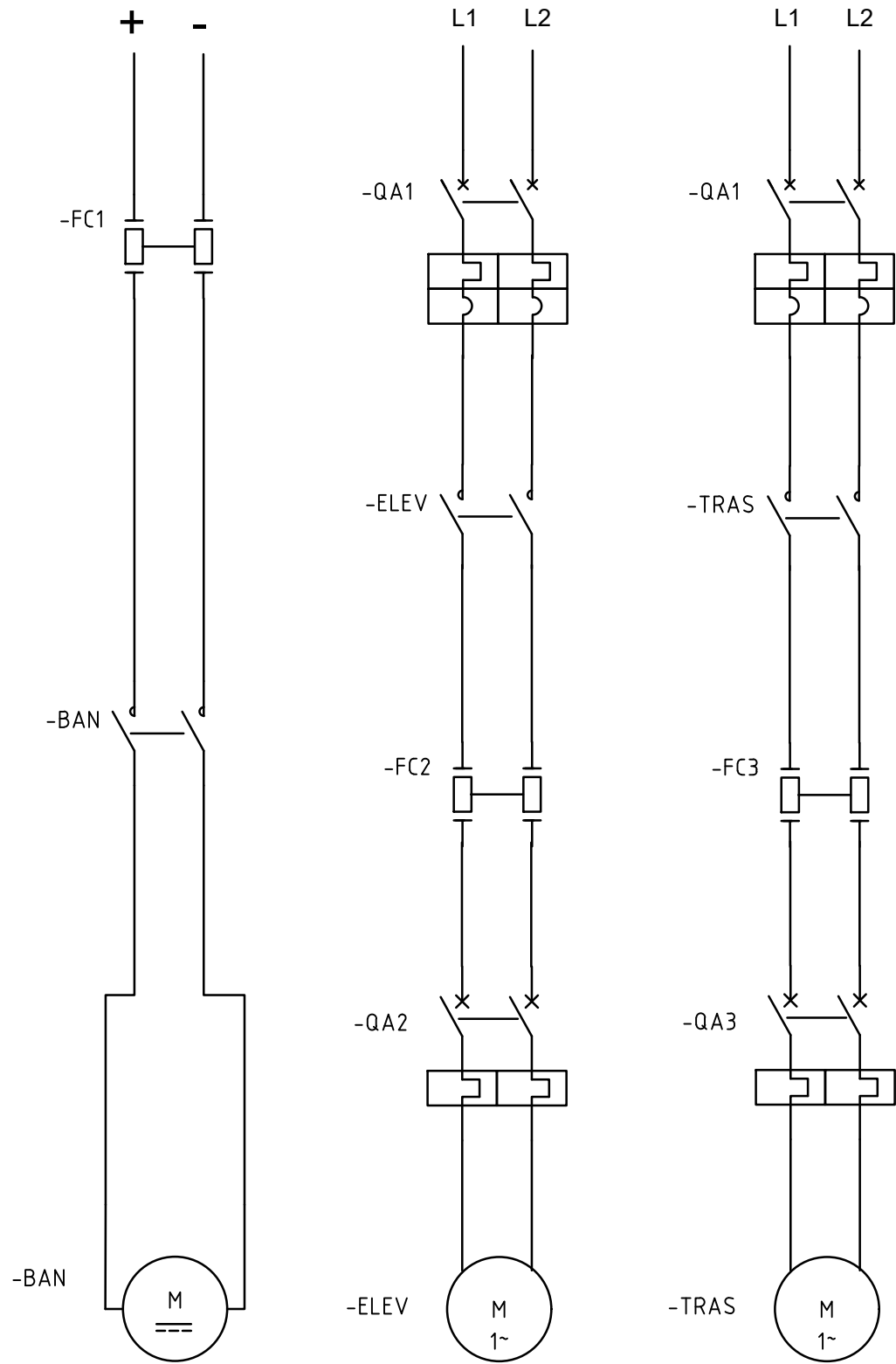
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



		Esquema de Fuerza		IEC	
	DENOMINACIÓN			NORMA	
Fecha		Nombre			UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado: 11/01/26		Wendy Cordero			
Comprobado: 12/01/26		Ing. Mónica Romero			
INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica					
Escala: 1:6.7		Tol. gen.: IEC		Esquema de Fuerza del Sistema de Almacenamiento	
		ESQUEMA DE FUERZA			

Anexo 5: Control - Esquema de Conexión



A6
105x148

A5
148x210

A4
210x297

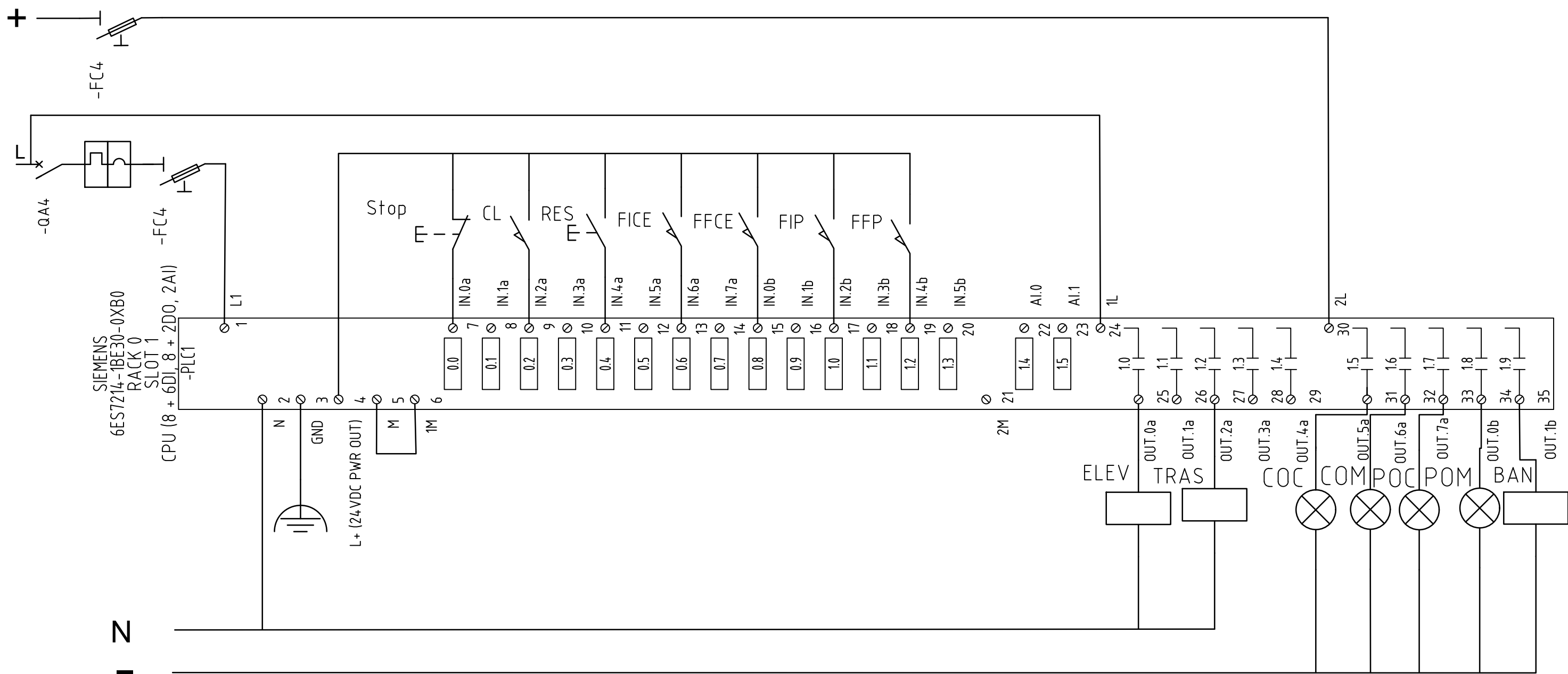
A3
297x420

A2
420x594

A1
594x841

A0
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



		Esquema de Conexión		IEC	
		DENOMINACIÓN		NORMA	
Fecha		Nombre		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA	
Dibujado: 11/01/26		Wendy Cordero			
Comprobado: 12/01/26		Ing. Mónica Romero			
INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería Mecatrónica					
Escala: 1:2.2		Tol. gen.: IEC		Esquema de Conexión del Sistema de Almacenamiento	
		ESQUEMA DE CONEXIÓN			